



**ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ Α.Ε.**

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Αγησιλάου 56-58, Αθήνα - 104 36

**ΕΙΔΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ  
ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ ΑΠΟ ΤΟ ΦΡΑΓΜΑ ΣΤΡΑΤΟΥ**

**Διερεύνηση οικολογικής παροχής**

ΣΥΜΒΑΣΗ ΑΡΙΘΜ. : ΔΕΥ-357/2008



ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:



**ECOS ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Α.Ε.**

Μακεδόνων 10, Αθήνα - 115 21

τηλ.210-64.22.994, φαξ 210-64.49.935, e-mail: [ecos@ecos.gr](mailto:ecos@ecos.gr)

ΑΘΗΝΑ  
ΜΑΪΟΣ 2009

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1.	Εισαγωγή .....	4
1.1	Αντικείμενο Μελέτης .....	4
1.2	Ομάδα Μελέτης .....	5
1.3	Ευχαριστίες .....	5
2.	Ιστορικό – Υφιστάμενες Μελέτες .....	6
3.	Ισχύουσα Οικολογική Παροχή.....	8
3.1	Ιστορικό και στοιχεία καθορισμού της ισχύουσας Οικολογικής παροχής .....	8
3.2	Σχέδιο Διαχείρισης Λεκάνης απορροής π. Αχλεώου – Έλεγχος διατήρησης ισχύουσας οικολογικής παροχής με έργα εκτροπής. ....	9
4.	Λειτουργία ΥΗΣ Στράτου - Ανάγκες σε νερό που καλύπτονται από το φράγμα του Στράτου.....	11
4.1	Βασικά Λειτουργικά στοιχεία του ΥΗΣ Στράτου.....	11
4.2	Αρδευτικές ανάγκες κατάντη του Στράτου I .....	15
5.	Βασικά Περιβαλλοντικά δεδομένα της περιοχής. ....	17
5.1	Βλάστηση .....	17
5.2	Πανίδα .....	18
6.	Υδρολογική Διερεύνηση .....	21
6.1	Σκοπός και μεθοδολογία .....	21
6.2	Δεδομένα .....	21
6.3	Εκτίμηση ημερήσιων παροχών ανάντη φράγματος Κρεμαστών.....	23
6.3.1	Πρωτογενής χρονοσειρά ημερήσιων εισροών .....	23
6.3.2	Σύγκριση με το δείγμα υδρομετρήσεων στο Αυλάκι .....	26
6.3.3	Συμπλήρωση μηδενικών παροχών και κενών και χρονική ολοκλήρωση αρχικού δείγματος.....	29
6.3.4	Διόρθωση ημερήσιων παροχών με βάση τις μεταβλητές του μηνιαίου υδατικού ισοζυγίου του ταμιευτήρα .....	30
6.3.5	Εκτίμηση φυσικοποιημένης χρονοσειράς ημερήσιων παροχών ανάντη φράγματος Κρεμαστών.....	36
6.4	Εκτίμηση ημερήσιων παροχών ανάντη φράγματος Καστρακίου .....	38
6.4.1	Πρωτογενής χρονοσειρά ημερήσιων εισροών ενδιάμεσης υπολεκάνης Κρεμαστών-Καστρακίου .....	38
6.4.2	Εκτίμηση μηνιαίας απορροής υπολεκάνης Κρεμαστών-Καστρακίου .....	40
6.4.3	Κατασκευή χρονοσειράς μέσω μηνιαίων παροχών ανάντη Καστρακίου .....	42

6.4.4	Εκτίμηση φυσικοποιημένης χρονοσειράς ημερήσιων παροχών ανάντη φράγματος Καστρακίου .....	43
<b>6.5</b>	<b>Εκτίμηση φυσικοποιημένων ημερήσιων παροχών στις θέσεις Στράτος και εκβολές .....</b>	<b>45</b>
6.5.1	Πρωτογενής χρονοσειρά ημερήσιων εισροών ενδιάμεσης υπολεκάνης Καστρακίου-Στράτου .....	45
6.5.2	Αναγωγή ημερήσιων παροχών Καστρακίου στις θέσεις Στράτος και εκβολές .....	46
<b>6.6</b>	<b>Στατιστική ανάλυση ημερήσιων παροχών .....</b>	<b>48</b>
<b>7.</b>	<b>Μεθοδολογίες Εκτίμησης Οικολογικής Παροχής .....</b>	<b>50</b>
<b>7.1</b>	<b>Εισαγωγή .....</b>	<b>50</b>
<b>7.2</b>	<b>Μεθοδολογίες που βασίζονται σε υδρολογικούς δείκτες .....</b>	<b>51</b>
7.2.1	Γενικά .....	51
7.2.2	Μέθοδος Tennant (ή Montana) .....	51
7.2.3	Η μέθοδος Texas .....	52
7.2.4	Μέθοδος Ελάχιστης ετήσιας παροχής .....	52
7.2.5	Η μέθοδος της βασικής παροχής διατήρησης (Basic Maintenance Flow).....	52
7.2.6	Ανάλυση βάσει της Καμπύλης διάρκειας Παροχής (Flow Duration Curve).....	53
7.2.7	Μέθοδος RVA (Range of Variability Approach).....	54
<b>7.3</b>	<b>Μεθοδολογίες που βασίζονται σε υδραυλικούς δείκτες .....</b>	<b>56</b>
<b>7.4</b>	<b>Μεθοδολογίες προσομοίωσης ενδαιτημάτων .....</b>	<b>57</b>
<b>7.5</b>	<b>Μεθοδολογίες ολιστικής προσέγγισης.....</b>	<b>58</b>
<b>7.6</b>	<b>Η ελάχιστη οικολογική παροχή στην Ελλάδα και σε άλλες χώρες.....</b>	<b>59</b>
<b>8.</b>	<b>Εφαρμογή των Μεθοδολογιών Εκτίμησης Οικολογικής Παροχής στο Στράτο....</b>	<b>62</b>
<b>8.1</b>	<b>Εισαγωγή .....</b>	<b>62</b>
<b>8.2</b>	<b>Εκτίμηση Ελάχιστης μηνιαίας παροχής πενταετίας .....</b>	<b>63</b>
<b>8.3</b>	<b>Μέθοδος Tennant (ή Montana).....</b>	<b>64</b>
<b>8.4</b>	<b>Μέθοδος Ελάχιστης ετήσιας παροχής .....</b>	<b>65</b>
<b>8.5</b>	<b>Η μέθοδος της βασικής παροχής διατήρησης (Basic Maintenance Flow).....</b>	<b>65</b>
<b>8.6</b>	<b>Ανάλυση βάσει της Καμπύλης διάρκειας Παροχής (Flow Duration Curve)...</b>	<b>69</b>
<b>8.7</b>	<b>Μέθοδος RVA (Range of Variability Approach).....</b>	<b>70</b>
8.7.1	Εύρος των μηνιαίων υδρολογικών συνθηκών .....	70
8.7.2	Εύρος και διάρκεια ετησίων ακραίων υδρολογικών συνθηκών .....	71
8.7.3	Χρονική περίοδος εμφάνισης των ετησίων ακραίων γεγονότων .....	73
8.7.4	Συχνότητα και διάρκεια υψηλών και χαμηλών παροχών.....	74

8.7.5 Αξιολόγηση - Συμπεράσματα.....	75
<b>8.8 Λοιπές θεωρήσεις.....</b>	<b>76</b>
<b>9. Αξιολόγηση – Συμπεράσματα – Προτάσεις.....</b>	<b>78</b>
<b>10. Βιβλιογραφία – Αναφορές .....</b>	<b>83</b>

## 1. Εισαγωγή

### 1.1 Αντικείμενο Μελέτης

Η παρούσα μελέτη εκπονείται με βάση του περιβαλλοντικούς όρους για τη λειτουργία των «Υφιστάμενων Υδροηλεκτρικών Σταθμών (ΥΗΣ) Κρεμαστών, Καστρακίου και Στράτου I και II στον ποταμό Αχελώο του Νομού Αιτωλοακαρνανίας και Ευρυτανίας» (ΚΥΑ ΑΠ.οικ.129264/23.05.2007) και συγκεκριμένα τον Περιβαλλοντικό όρο 23.2 που αναφέρει τα εξής:

*«Να εξασφαλιστεί στο τμήμα της κοίτης μεταξύ της εξόδου της διώρυγας φυγής του ΥΗΣ Στράτου I και των εκβολών Αχελώου ελάχιστη οικολογική παροχή ίση με  $21,3\text{m}^3/\text{sec}$ . Να εκπονηθεί από τον φορέα λειτουργίας του έργου, σε διάστημα ενός έτους από την έκδοση της παρούσας, ειδική τεχνική μελέτη τυχόν απαιτούμενων συμπληρωματικών έργων ή τρόπος λειτουργίας των υδροηλεκτρικών έργων προκειμένου να ομογενοποιηθεί (χρονικά και χωρικά) η ροή κατάντη της εξόδου της διώρυγας φυγής του ΥΗΣ Στράτου I, με σκοπό την ισοκατανομή της οικολογικής παροχής κατάντη του φράγματος. Στην μελέτη επίσης θα πρέπει να συνεκτιμηθούν νεότερα υδρολογικά στοιχεία και λοιπά δεδομένα της περιοχής, με σκοπό την τυχόν αναπροσαρμογή της τιμής της οικολογικής παροχής. Η τεχνική αυτή μελέτη θα εγκριθεί από την ΕΥΠΕ του ΥΠΕΧΩΔΕ. Τα έξοδα της μελέτης θα βαρύνουν τον φορέα λειτουργίας του έργου»*

Ειδικότερα αφορά στο δεύτερο σκέλος του προαναφερθέντος όρου, όπου αναφέρεται ότι θα πρέπει να συνεκτιμηθούν τα νεότερα υδρολογικά στοιχεία και λοιπά δεδομένα της περιοχής με σκοπό την τυχόν αναπροσαρμογή της τιμής της οικολογικής παροχής.

Στο πλαίσιο αυτό η παρούσα διαρθρώνεται σε 3 βασικά μέρη :

- (α) Το πρώτο Εισαγωγικό μέρος που περιλαμβάνει τα κεφάλαια 1 έως 5 όπου παρατίθενται στοιχεία που αφορούν στις προγενέστερες μελέτες βάσει των οποίων καθορίστηκαν οι ισχύοντες περιβαλλοντικοί όροι και δίνονται στοιχεία αφενός για τα βασικά χαρακτηριστικά της περιοχής και της λειτουργίας των έργων σήμερα και αφετέρου για τις προβλέψεις και εκτιμήσεις που σχετίζονται με το έργο του Στράτου και την περιοχή κατάντη, όπως αποτυπώθηκαν στο εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης της Λεκάνης Απορροής του π. Αχελώου.
- (β) Το δεύτερο μέρος που περιλαμβάνει το Κεφάλαιο 6 το οποίο αφορά στην υδρολογική διερεύνηση και την εκτίμηση των φυσικοποιημένων παροχών του Αχελώου με βάση τα νεότερα στοιχεία.
- (γ) Το τρίτο μέρος που περιλαμβάνει τα Κεφάλαια 7 έως 10 όπου παρουσιάζονται διάφορες μέθοδοι εκτίμησης της οικολογικής παροχής διεθνώς, η εφαρμογή αυτών με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα για το Στράτο, καθώς επίσης και η αξιολόγηση και τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση αυτή.

## **1.2 Ομάδα Μελέτης**

Η παρούσα εκπονήθηκε από την ECOS Μελετητική Α.Ε. Η ομάδα μελέτης περιλαμβάνει τους:

- Πάνο Παναγόπουλο, Δρα. Πολιτικό Μηχανικό
- Αικατερίνη Τριανταφύλλου, Δρα. Πολιτικό Μηχανικό
- Αναστάσιο Βαρβέρη, Χημικό - D.E.S.S. Περιβάλλοντος
- Εφη Παναγοπούλου – Φλασκή, Περιβαλλοντολόγο
- Άρη Τέγο, Πολιτικό Μηχανικό, M.Eng.
- Αθηνά Περακάκη, Πολιτικό Μηχανικό

Η υδρολογική διερεύνηση που αποτελεί τμήμα της παρούσας υλοποιήθηκε από τους

- Δημήτρη Κουτσογιάννη, Καθηγητή Ε.Μ.Π, Πολιτικό Μηχανικό
- Νίκο Μάμαση, Λέκτορα Ε.Μ.Π, Αγρ. Τοπ. Μηχανικό
- Ανδρέα Ευστρατιάδη, Δρ. Πολ. Μηχανικό, ΜΔΕ Υδρολόγο

## **1.3 Ευχαριστίες**

Εκφράζουμε τις θερμές μας ευχαριστίες μας προς τους:

- Γ. Λέρη, πρώην Δ/νη Εκμετάλλευσης ΥΗ Σταθμών
- Ν. Μητσιγιώργη, Πολιτικό Μηχανικό,.....
- Κ. Μαγγίνα, Πολιτικό Μηχανικό, ....
- Κ. Μαρκόπουλο, Η/Μ μηχανικό,. ....
- Μπεθάνη, Διευθυντή ΥΗΣ Στράτου

για τη συνεργασία τους και τη συνεχή και έγκαιρη πληροφόρηση με στοιχεία σχετικά με τα υπό εξέταση στην παρούσα μελέτη έργα.

## 2. Ιστορικό – Υφιστάμενες Μελέτες

Για την περιοχή του Αχελώου έχει εκπονηθεί πληθώρα μελετών, οι οποίες άρχισαν από τις πρώτες διερευνήσεις για την εκτροπή των υδάτων του Άνω Αχελώου προς τη Θεσσαλία (από την δεκαετία του 1960), αλλά και με την εξέταση των δυνατοτήτων ενεργειακής αξιοποίησης των υδάτων του Αχελώου.

Τις τελευταίες 2 δεκαετίες με την απόφαση να εξεταστεί ενδελεχώς η εκτροπή του Αχελώου υλοποιήθηκε πλήθος μελετών αφενός για την εξέταση και αποτύπωση της κατάστασης του περιβάλλοντος στο σύστημα του Αχελώου και αφετέρου για τη διερεύνηση των επιπτώσεων σε αυτό από την εκτροπή του. Οι κυριότερες μελέτες που εκπονήθηκαν για το σκοπό αυτό είναι οι εξής:

- ⇒ Μελέτη επιπτώσεων και επανορθωτικών μέτρων για την περιοχή της άμεσης επιρροής των υδροηλεκτρικών έργων Μεσοχώρας, Γλύστρας και Συκιάς στον Άνω Αχελώο. ΔΕΗ 1986
- ⇒ Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων του έργου εκτροπής του ποταμού Αχελώου ΥΠΕΧΩΔΕ 1987
- ⇒ Μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του Δέλτα του Αχελώου από την εκτροπή του στη Θεσσαλία. Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.- ΥΠ.Γ.Ε. – ΥΠ.ΕΘ.Ο. – Υ.Β.Ε.Τ. 1989.
- ⇒ Derivation D' Acheloos. Influences sur les eaux souterraines du delta. Themes et principes évoques pendant la mission du 9 juillet, 6p. MARINOS P., 1992.
- ⇒ The Acheloos diversion scheme: Hydrological aspect H.O.S., G.S.P.N., WWF Greece, Report 1-20p. HOLLIS G.E. 1992.
- ⇒ Αξιοποίηση ποταμού Αχελώου κατόπιν του ΥΠΕ Στράτου, Γοργίας Εμ. Ψυλλάκης, ΕΜΠ, τομ. ΥΠΥΘΕ, Αθήνα 1992.
- ⇒ Οικολογική χωροταξική μελέτη των χαρακτηριστικών οικοσυστημάτων λιμνών Αιτωλοακαρνανίας, ΥΠΕΧΩΔΕ- Πανεπιστήμιο Πατρών – Τμήμα Γεωλογίας 1993.
- ⇒ Μελέτη υδρογεωλογικών συνθηκών στο Δέλτα του Αχελώου με ιδιαίτερη έμφαση στη σχέση του ποταμού με τα υπόγεια νερά και τους υδροβιότοπους (ΙΓΜΕ και καθηγητής Π. Μαρίνος, Αθήνα 1993).
- ⇒ Μελέτη επί των Γεωμορφολογικών – Στρωματογραφικών και Εξελικτικών Στοιχείων του Φυσικού και Ανθρωπογενούς Δέλτα του Αχελώου (Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, καθηγητής Α. Ψιλοβήκος, από 1993)
- ⇒ Μελέτη επί της αξιολόγησης των υδρολογικών στοιχείων και διαχείρισης των υδατικών πόρων του φυσικού και ανθρωπογενούς Δέλτα του Αχελώου (Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, καθηγητής Χ. Τζιμόπουλος, ΑΠΘ 1993)
- ⇒ Ερευνητικό Πρόγραμμα εκτεταμένων γεωτρήσεων στο Δέλτα του Αχελώου και στους υδροβιότοπους του Μεσολογίου, από το ΙΓΜΕ.
- ⇒ Review of Acheloos diversion project appraisal (Αξιολόγηση του έργου Εκτροπής του Αχελώου), Coopers & Lybrand, Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 1993.



- ⇒ Περιβαλλοντικά προβλήματα εισαγόμενα από τα σχέδια εκτροπής ενός μέρους της παροχής των ποταμών Αχελώου και Ευήνου (Ελλάδα) Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, XI Γενική Διεύθυνση, 1993.
- ⇒ Εκτροπή του Αχελώου Στοιχεία αντικειμενικής εκτίμησης Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία – Ελληνική Εταιρεία για την προστασία του περιβάλλοντος και της πολιτιστικής κληρονομιάς Παγκόσμιο ταμείο για τη Φύση – WWF Ελλάς Ελληνική Εταιρεία Προστασίας της φύσης . Αθήνα, Απρίλιος 1993.
- ⇒ Αξιολόγηση των μελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων για τα έργα εκτροπής του ποταμού Αχελώου στη θάλασσα., Έκθεση προς το Συμβούλιο της Επικρατείας. Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία – Παγκόσμιο Ταμείο για τη Φύση – WWF, Ελληνική Εταιρεία για την Προστασία του Περιβάλλοντος και της πολιτιστικής κληρονομιάς Αθήνα, Φεβρουάριος 1994.
- ⇒ Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις Έργου Εκτροπής Αχελώου, Εκτίμηση των επιπτώσεων στα υπόγεια νερά της περιοχής του Δέλτα του Ποταμού, Γιάννης Α. Μυλόπουλος, Επικ. Καθηγητής τομέα Υδραυλικής & Τεχνική Περιβάλλοντος τμ. Πολιτικών Μηχανικών – Πολυτεχνική Σχολή Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, Δεκέμβριος 1994.
- ⇒ Συνολική Εκτίμηση Αξιολόγηση και Αντιμετώπιση των Επιπτώσεων στο Φυσικό Περιβάλλον από την Εκτροπή του Αχελώου στη Θεσσαλία, Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, ΥΠΕΧΩΔΕ/ Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων / Ειδική Υπηρεσία Δημοσίων Έργων Αχελώου, Αθήνα, 1995.
- ⇒ Συμπληρωματική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων των έργων μερικής Εκτροπής του Αχελώου ποταμού προς Θεσσαλία, ΥΠΕΧΩΔΕ/ Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων/ Ειδική Υπηρεσία Δημοσίων Έργων Αχελώου, Αθήνα, 2002.

Από τις παραπάνω μελέτες και την αξιολόγηση των στοιχείων τους προέκυψε πρακτικά το πλαίσιο των σημερινών συνθηκών και δεσμεύσεων όσον αφορά στην οικολογική παροχή κατάντη της θέσης του Στράτου (βλέπε αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3).

Στη συνέχεια εκπονήθηκαν 2 άλλες βασικές μελέτες:

- (α) Η Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων για τους Υφιστάμενους ΥΗΣ στο ποταμό Αχελώο, ΔΕΗ 2005, η οποία πρακτικά αξιοποίησε όλα τα στοιχεία των παραπάνω μελετών. Βάσει της Μελέτης αυτής εκδόθηκαν οι περιβαλλοντικοί όροι αναφέρονται στο κεφάλαιο 1 και αποτελούν αντικείμενο της παρούσας.
- (β) Η Μελέτη Διαχείρισης των Υδάτων Λεκάνης Απορροής του Αχελώου, ΥΠΕΧΩΔΕ 2006 βάσει της οποίας εκδόθηκε ο Ν. 3481/2.08.2006 όπου στο άρθρο 12 εγκρίνεται το Σχέδιο Διαχείρισης της Λεκάνης Απορροής του Αχελώου, καθώς επίσης και τα έργα Εκτροπής του Αχελώου, η οικολογική παροχή κατάντη του Στράτου θεωρείται δεδομένη αφού είχε ήδη θεσμοθετηθεί με τους προηγούμενους Περιβαλλοντικούς όρους των έργων εκτροπής.

Τα στοιχεία των μελετών αυτών ελήφθησαν υπόψη κατά την εκπόνηση της παρούσας. Επιπλέον η επιστημονική βιβλιογραφία που αξιοποιήθηκε στα επιμέρους θέματα που αντιμετωπίζονται στην παρούσα, παρατίθεται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 10.



### 3. Ισχύουσα Οικολογική Παροχή

#### 3.1 Ιστορικό και στοιχεία καθορισμού της ισχύουσας Οικολογικής παροχής

Η ισχύουσα οικολογική παροχή υπολογίστηκε και προτάθηκε στην Μελέτη για την Συνολική Εκτίμηση Αξιολόγηση και Αντιμετώπιση των Επιπτώσεων στο Φυσικό Περιβάλλον από την Εκτροπή του Αχελώου στη Θεσσαλία (1995), καθώς επίσης και στη Συμπληρωματική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων των έργων μερικής Εκτροπής ποταμού Αχελώου προς Θεσσαλία (2002).

Στις μελέτες αυτές αξιοποιήθηκαν τα διαθέσιμα δεδομένα από μετρήσεις στη θέση Αυλάκι, τα υδατικά ισοζύγια των ταμιευτήρων Κρεμαστών και Καστρακίου, καθώς επίσης και παλιότερες μετρήσεις στα Κρεμαστά πριν από την κατασκευή του φράγματος. Από τα δεδομένα αυτά καταρτίστηκαν δείγματα παροχής για όλες τις υπολεκάνες του Αχελώου τα οποία καλύπτουν τα υδρολογικά έτη από το 1960 – 1994. Στις μελέτες αυτές φυσικοποιήθηκαν οι παροχές στις θέσεις των υφιστάμενων φραγμάτων και έγιναν οι κατάλληλες αναγωγές για να υπολογισθούν οι φυσικοποιημένες παροχές στη Θέση Στράτος και στις Εκβολές του Αχελώου.

Από την εργασία αυτή προέκυψε ότι

- ⇒ οι μέσες μηνιαίες υπερειρήσιες τιμές των φυσικοποιημένων παροχών στη θέση Στράτος και στις Εκβολές του Αχελώου κυμαίνονται από 28,63 m<sup>3</sup>/sec – 251,9 m<sup>3</sup>/sec και 29,5 m<sup>3</sup>/sec -236.2 m<sup>3</sup>/sec αντίστοιχα
- ⇒ οι μέσες ετήσιες παροχές στη θέση Στράτος και στις Εκβολές είναι 132,5 m<sup>3</sup>/sec και 138,5 m<sup>3</sup>/sec αντίστοιχα
- ⇒ ο μέσος ετήσιος όγκος υδάτων στις Εκβολές είναι ~ 4.367 εκατ. m<sup>3</sup>/έτος εκ των οποίων τα ~189 εκατ m<sup>3</sup>/έτος προέρχονται από την ενδιάμεση λεκάνη μεταξύ Στράτου και Εκβολών.

Η προτεινόμενη οικολογική παροχή που προτάθηκε τελικά υπολογίστηκε **«ως η μέση μηνιαία ελάχιστη φυσικοποιημένη παροχή πενταετίας η οποία μετρούμενη στις εκβολές ανέρχεται σε 21,3 m<sup>3</sup>/sec που αναλογεί σε μια ποσότητα περίπου 671 εκατ. m<sup>3</sup> ετησίως»**. Στην μελέτη αυτή αναφέρεται επίσης ότι **«....η συνολική ποσότητα θα καλυφθεί κατά 500 εκατ. m<sup>3</sup> από τις εκροές του ΥΗΣ Στράτου I ενώ η ενδιάμεση λεκάνη απορροής Στράτος – Εκβολές συνεισφέρει τα υπόλοιπα 171 εκατ. m<sup>3</sup>...»**.

Η Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων για τους Υφιστάμενους ΥΗΣ στον ποταμό Αχελώο βάσει της οποίας εκδόθηκαν οι ισχύοντες Περιβαλλοντικοί όροι συμπεριλαμβανομένου και του όρου που αναφέρεται στο Κεφάλαιο 1, κατέληξε στα ίδια βασικά συμπεράσματα όσον αφορά στη συνολική παροχή. Εντόπισε δε, το θέμα της μειωμένης παροχής στην κοίτη του Αχελώου μεταξύ του αρδευτικού φράγματος που τροφοδοτείται από το Στράτο II και της διώρυγας φυγής, όπου πρότεινε περιβαλλοντική παροχή ίση με 7 m<sup>3</sup>/sec, η οποία αντιστοιχεί στο 30% της μέσης θερινής απορροής. Η πρόταση αυτή αποτυπώθηκε και στους Περιβαλλοντικούς όρους των έργων (άρθρο 23.1 της ΚΥΑ ΑΠ.οικ.129264/23.05.2007).

### 3.2 Σχέδιο Διαχείρισης Λεκάνης απορροής π. Αχελώου – Έλεγχος διατήρησης ισχύουσας οικολογικής παροχής με έργα εκτροπής.

Στη Μελέτη Διαχείρισης των Υδάτων Λεκάνης Απορροής του Αχελώου βάσει της οποίας εκδόθηκε ο Ν. 3481/2.08.2006 όπου στο άρθρο 12 εγκρίνεται το Σχέδιο Διαχείρισης της Λεκάνης Απορροής του Αχελώου, καθώς επίσης και τα έργα Εκτροπής του Αχελώου, η οικολογική παροχή κατάντη του Στράτου θεωρείται δεδομένη, αφού είχε ήδη θεσμοθετηθεί με τους προηγούμενους Περιβαλλοντικούς Ορους των έργων εκτροπής.

Στη Μελέτη αυτή εξετάζονται βασικά σενάρια υλοποίησης και εξέλιξης έργων διαχείρισης νερών συμπεριλαμβανομένων και των έργων εκτροπής και δίνονται αποτελέσματα που αφορούν την κάλυψη των αναγκών σε νερό και της οικολογικής παροχής.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στη μελέτη αυτή επανεξετάζονται οι φυσικοποιημένες παροχές για την περίοδο 1966-2001 οι οποίες προκύπτουν διαφοροποιημένες σε σχέση με αυτές βάσει των οποίων βασίστηκε η θεώρηση της ισχύουσας οικολογικής παροχής. Η διαφοροποίηση αυτή προκύπτει κυρίως από τη διαφοροποίηση στους συντελεστές απορροής που προκύπτουν στις προαναφερθείσες προσεγγίσεις. Έτσι, στην πλέον πρόσφατη μελέτη η μέση υπερετήσια απορροή στη θέση Στράτος υπολογίζεται σε  $121 \text{ m}^3/\text{sec}$  (μέσος ετήσιος όγκος απορροών  $3,82 \times 10^9 \text{ m}^3$ ) και στις εκβολές σε  $131,6 \text{ m}^3/\text{sec}$  (μέσος ετήσιος όγκος απορροών  $4,15 \times 10^9 \text{ m}^3$ ).

Στον Πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες φυσικοποιημένες παροχές στη θέση Στράτος και Εκβολές του π. Αχελώου σε  $\text{m}^3/\text{sec}$ .

Πίνακας 3.1: Μέσες μηνιαίες φυσικοποιημένες παροχές στη θέση Στράτος και Εκβολές του π. Αχελώου σε  $\text{m}^3/\text{sec}$

Μήνας	Στράτος		Εκβολές	
	Μέση τιμή ( $\text{m}^3/\text{sec}$ )	Τυπική Απόκλιση	Μέση τιμή ( $\text{m}^3/\text{sec}$ )	Τυπική Απόκλιση
ΟΚΤ	50,8	36,1	55,3	39,2
ΝΟΕ	139,5	73,3	151,8	79,7
ΔΕΚ	243,6	134,0	264,9	145,7
ΙΑΝ	195,5	118,2	212,6	128,6
ΦΕΒ	215,0	104,5	233,8	113,7
ΜΑΡ	185,8	75,4	202,0	82,0
ΑΠΡ	185,1	62,0	201,3	67,4
ΜΑΙΟΣ	115,8	44,0	125,9	47,8
ΙΟΥΝ	51,3	15,3	55,8	16,6
ΙΟΥΛ	29,4	8,0	31,9	8,7
ΑΥΓ	21,5	5,3	23,4	5,8
ΣΕΠ	24,3	9,8	26,4	10,7
ΕΤΟΣ	121,0	29,9	131,6	32,5

Επισημαίνεται ότι στην ανάλυση βάσει της οποίας προέκυψαν τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα δεν ελήφθησαν υπόψη η βροχόπτωση επί του καθρέπτη του ταμιευτήρα Κρεμαστών και η εξάτμιση από αυτόν, καθώς επίσης και οι απορροές της λεκάνης του Ταυρωπού. Για το λόγο αυτό οι τιμές εμφανίζονται διαφοροποιημένες (μικρότερες) σε σχέση με αυτές που προκύπτουν στο Κεφάλαιο 6 της παρούσας.

Από την εξέταση των διαφόρων σεναρίων με χρονικό βήμα ανάλυσης το μήνα που υλοποιήθηκαν στη Μελέτη Διαχείρισης της Λεκάνης Απορροής του Αχελώου προκύπτουν τα εξής βασικά συμπεράσματα (όλες οι ποσότητες που αναφέρονται στα παρακάτω σημεία αφορούν εκτιμήσεις που έγιναν στο πλαίσιο της μελέτης αυτής):

- ⇒ Στο δυσμενέστερο σενάριο που αφορά:
  - εκτροπή της συνολικής προβλεπόμενης ποσότητας προς Θεσσαλία (δηλαδή 600 εκατ  $m^3$  ετησίως που αντιστοιχεί στο ~ 16% της συνολικής ετήσιας απορροής στη θέση Στράτος όπως υπολογίστηκε στην μελέτη αυτή),
  - καμία αναπροσαρμογή της λειτουργίας των υφιστάμενων ταμιευτήρων της ΔΕΗ στον Αχελώο ,
  - πλήρη κάλυψη των αρδευτικών αναγκών του μέσου και του κάτω ρου του Αχελώου η οικολογική παροχή 21,3  $m^3/sec$  δεν είναι δυνατόν να επιτευχθεί

- ⇒ Στο ίδιο σενάριο με κατάλληλη αναπροσαρμογή της λειτουργίας των ταμιευτήρων του μέσω και κάτω ρου του Αχελώου, ικανοποιείται η οικολογική παροχή, αλλά επιβαρύνεται η λειτουργία των ΥΗΣ αυτών με απώλεια της ενεργειακής παραγωγής της τάξεως των 228 GWh ήτοι ~ 13% της σημερινή παραγωγής.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η συνολική παραγόμενη από το σύστημα ενέργεια προφανώς θα είναι μεγαλύτερη σε σχέση με σήμερα αφού θα ενταχθούν οι ΥΗΣ Μεσοχώρας Συκιάς και Πευκόφυτου. Όμως η ενέργεια αυτή είναι μικρότερης οικονομικής αξίας αφού οι ΥΗΣ αυτοί εξυπηρετούν πρωτίστως την εκτροπή και έτσι η παραγόμενη από αυτούς ενέργεια δεν ανταποκρίνεται σε συνθήκες κάλυψης αιχμής φορτίου. Το μέγεθος αυτής της οικονομικής απώλειας δεν έχει προσδιορισθεί.

- ⇒ Στο προαναφερθέν σενάριο, εφόσον γίνουν παρεμβάσεις βελτίωσης των υποδομών μεταφοράς και διανομής του αρδευτικού νερού στη λεκάνη του κάτω ρου του Αχελώου και μειωθούν οι συνολικές απώλειες μεταφοράς και διανομής σε 12%, οι προαναφερθείσες οικονομικές απώλειες από τη λειτουργία των ΥΗΣ και την κάλυψη όλων των διαχειριστικών στόχων συμπεριλαμβανομένης της οικολογικής παροχής ελαττώνονται.

[Επισημαίνεται ότι όπως συμπεραίνεται από τα στοιχεία που δίνονται στη Μελέτη Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων του π. Αχελώου στην περίπτωση αυτή θα μπορούσαν να μειωθούν σημαντικά οι ποσότητες που δίνονται για άρδευση από το Στράτο II και να διατεθούν για την εξασφάλιση των 7  $m^3/sec$  που απαιτούνται στους εγκεκριμένους Περιβαλλοντικούς όρους]

- ⇒ Στο σενάριο όπου εξετάζεται η περίπτωση ολοκλήρωσης και λειτουργίας των προγραμματιζόμενων υποδομών ταμίευσης νερού στη Θεσσαλία και η μέση συνολική ποσότητα που εκτρέπεται προς αυτή είναι 393 εκατ.  $m^3$  είναι δυνατόν να καλυφθεί των σύνολο των απαιτήσεων (ικανοποίηση αρδεύσεων και οικολογική παροχή) χωρίς οικονομική απώλεια από τη λειτουργία των ΥΗΣ.

## 4. Λειτουργία ΥΗΣ Στράτου - Ανάγκες σε νερό που καλύπτονται από το φράγμα του Στράτου

### 4.1 Βασικά Λειτουργικά στοιχεία του ΥΗΣ Στράτου

Ο ΥΗΣ Στράτου είναι έργο διπλής σκοπιμότητας αφού εξυπηρετεί την παραγωγή ενέργειας και την παροχή νερού για άρδευση της πεδιάδας του κάτω Αχελώου, όπου έχουν κατασκευαστεί σημαντικά εγγειοβελτιωτικά έργα. Αποτελείται από τον ΥΗΣ Στράτου I και τον ΥΗΣ Στράτου II

Ο ΥΗΣ Στράτου I έχει εγκατεστημένη ισχύ 156 MW και καλύπτει κυρίως ενεργειακές ανάγκες αλλά και τις αρδευτικές ανάγκες των περιοχών κατάντη, η υδροληψία των οποίων γίνεται απευθείας από την κοίτη του ποταμού (βλέπε αναλυτικά στην παράγραφο 4.2 που ακολουθεί).

Ο ΥΗΣ Στράτου II είναι μικρό υδροηλεκτρικό (3,1 MW) που κατασκευάστηκε για την ενεργειακή αξιοποίηση των υδάτων που διατίθενται για άρδευση. Σημειώνεται ότι υπάρχει συμφωνία μεταξύ της ΔΕΗ και του ΥΠΑΑΤ για την απόδοση από το Στράτο II έως και 40 m<sup>3</sup>/sec με σκοπό την άρδευση της πεδιάδας του κάτω Αχελώου. Από αυτά έως τα 5 m<sup>3</sup>/sec τροφοδοτούν τη δυτικά πεδιάδα (Οζερού Φυτειών κλπ) και έως 35 m<sup>3</sup>/sec τα δίκτυα της ανατολικής πεδιάδας ενισχύοντας με την περίσσεια τους και την Τριχωνίδα. Από το Στράτο II με δύο βασικές υδροληψίες υδροδοτούνται (βλέπε Σχήμα στην επόμενη σελίδα):

- Από τη δεξιά υδροληψία μέσω της διώρυγας ΔI δεξιά ~ 40.000 στρέμματα επιφανειακής άρδευσης (κτηματικές περιοχές Στράτου, Λεπένους, Οχθίων, Ρίγανης, Γουργιώτισσας, Σκυρτών και Σφήνας) και 11.000 στρεμ τεχνητής βροχής στην περιοχή των Φυτειών
- Από την Αριστερή υδροληψία μέσω της διώρυγας ΔVII αρδεύονται περίπου 130.000 στρεμ. των κτηματικών περιοχών Στράτου II, Νεαπόλεως, Καλυβίων, Αγρινίου, Παναιτώλιου και Καινούργιου.

Σύμφωνα με τα στοιχεία της ΔΕΗ οι μηνιαίες ποσότητες εκρών κατάντη του Στράτου I και του Στράτου II παρατίθενται στους πίνακες που ακολουθούν στις επόμενες σελίδες.

ΣΧΗΜΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΣΤΟ ΚΑΤΩ ΡΟΥ ΤΟΥ ΑΧΕΛΩΟΥ

Πίνακας 4.1: Εκροή για παραγωγή από Στράτος Ι (σε 10<sup>6</sup>. m<sup>3</sup>)\*

ΕΤΟΣ	ΜΗΝΕΣ												ΣΥΝΟΛΑ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1990	485,5	313,3	118,5	127,1	81,9	79,0	174,1	71,8	80,2	100,4	88,4	279,9	2000,1
1991	277,4	256,4	55,9	44,3	110,8	211,9	247,3	161,6	249,6	248,0	267,0	327,4	2457,5
1992	248,0	387,5	164,9	130,2	81,5	98,9	92,8	135,4	254,9	150,5	182,0	249,5	2176,0
1993	205,9	259,1	135,8	111,8	103,2	112,3	137,1	75,1	83,5	190,6	338,6	227,9	1981,1
1994	87,2	81,6	19,6	33,1	86,6	94,0	102,4	124,5	204,7	192,5	400,7	495,5	1922,2
1995	782,2	257,8	361,2	267,5	141,5	344,6	340,9	94,7	150,1	226,0	330,8	249,5	3546,8
1996	327,0	532,4	570,7	268,2	192,3	83,7	182,9	170,6	243,8	327,7	541,8	1087,9	4529,0
1997	916,0	402,2	148,2	240,0	198,6	140,7	122,4	72,6	135,6	260,8	251,8	562,0	3450,9
1998	411,7	625,5	313,1	59,0	29,0	80,9	133,7	100,6	65,0	178,9	455,4	736,8	3189,6
1999	371,2	432,1	506,4	433,9	291,3	144,9	54,0	86,0	145,3	275,3	491,2	543,0	3774,6
2000	671,8	333,1	306,7	96,4	145,4	75,1	249,5	145,6	92,3	185,0	266,0	428,0	2994,8
2001	213,7	145,6	309,7	104,7	143,6	74,0	248,9	144,7	93,1	177,6	262,0	427,9	2345,4
2002	318,9	152,7	137,7	176,5	72,9	86,4	163,5	69,3	187,3	186,6	226,9	315,6	2094,4
2003	490,3	676,0	386,9	193,6	164,6	133,9	273,0	187,2	177,3	323,4	357,9	342,8	3706,7
2004	232,7	362,8	433,7	236,1	308,9	189,2	240,1	130,0	174,3	193,1	415,0	306,4	3222,3
2005	262,1	435,1	766,9	394,7	275,2	149,2	111,6	176,1	136,6	267,7	418,4	356,0	3749,6
2006	804,3	552,8	829,4	484,9	432,3	224,6	211,9	278,7	228,1	318,8	394,4	441,9	5201,9
2007	339,4	213,3	79,6	85,9	194,4	199,2	236,6	148,8	60,1	41,3	129,0	121,1	1848,7
2008	157,2	218,1	79,2	85,3	100,7	147,3	226,8	77,8	128,2	129,1	116,5	138,1	1604,3
<b>ΜΟ</b>	<b>400,1</b>	<b>349,3</b>	<b>301,3</b>	<b>188,1</b>	<b>166,0</b>	<b>140,5</b>	<b>186,8</b>	<b>129,0</b>	<b>152,1</b>	<b>209,1</b>	<b>312,3</b>	<b>402,0</b>	<b>2936,6</b>

ΠΗΓΗ: ΔΕΗ 2009

\*Συμπεριλαμβάνονται και οι ποσότητες που διατίθενται για άρδευση

Πίνακας 4.2: Εκροή από Στράτος **II** (σε 10<sup>6</sup>. m<sup>3</sup>)

Ετος	Μήνες												ΣΥΝΟΛΑ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>1990</b>	0,00	0,46	5,79	19,50	31,17	70,78	84,65	65,33	27,35	16,65	0,23	0,00	321,89
<b>1991</b>	0,00	0,00	0,00	4,61	14,73	57,95	75,80	72,93	46,43	18,03	0,00	0,00	290,46
<b>1992</b>	0,00	0,00	0,00	3,88	24,20	49,48	79,68	82,75	50,18	6,68	0,85	0,00	297,68
<b>1993</b>	0,00	0,00	0,00	3,98	22,83	64,28	85,28	83,30	45,85	17,03	1,78	0,18	324,48
<b>1994</b>	0,00	0,00	0,00	6,83	24,65	70,75	83,28	77,70	44,65	20,33	3,68	0,70	332,55
<b>1995</b>	0,00	0,00	0,00	3,95	28,76	65,73	76,63	65,73	20,08	5,75	0,28	0,00	266,89
<b>1996</b>	0,00	0,00	0,00	2,40	30,70	58,88	81,23	87,51	24,70	2,20	1,90	16,99	306,49
<b>1997</b>	2,16	0,15	0,00	2,00	28,45	59,30	83,83	69,95	41,50	11,20	0,00	0,00	298,54
<b>1998</b>	0,00	0,00	0,00	16,46	44,40	61,35	82,50	75,10	28,40	0,83	0,00	0,00	309,04
<b>1999</b>	0,00	0,00	0,00	3,65	39,13	68,95	73,65	81,60	28,15	19,95	1,85	0,00	316,93
<b>2000</b>	0,00	0,00	0,00	14,95	48,73	74,39	73,20	72,45	42,10	5,58	0,70	0,18	332,27
<b>2001</b>	0,00	0,00	0,00	11,03	46,14	71,54	71,39	71,66	41,60	6,34	0,34	0,17	320,23
<b>2002</b>	0,00	0,00	0,00	1,20	21,03	60,02	63,61	48,58	3,73	2,12	0,00	0,00	200,30
<b>2003</b>	0,00	0,00	0,00	0,73	41,92	61,37	79,59	63,37	27,77	7,10	0,00	0,00	281,84
<b>2004</b>	0,00	0,00	0,00	0,66	24,03	52,14	78,35	78,01	49,70	7,44	0,51	0,00	290,85
<b>2005</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	38,45	54,95	66,61	76,01	47,51	4,12	0,00	8,76	296,41
<b>2006</b>	50,14	12,71	5,17	0,00	21,81	64,44	78,91	74,54	42,90	3,29	0,34	0,00	354,26
<b>2007</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	17,98	43,07	76,42	74,18	36,72	5,93	0,00	0,00	254,30
<b>2008</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	31,33	67,83	78,08	71,37	29,08	2,37	0,17	0,00	280,23
<b>ΜΟ</b>	<b>2,75</b>	<b>0,70</b>	<b>0,58</b>	<b>5,04</b>	<b>30,55</b>	<b>61,96</b>	<b>77,51</b>	<b>73,27</b>	<b>35,70</b>	<b>8,57</b>	<b>0,66</b>	<b>1,42</b>	<b>298,72</b>

ΠΗΓΗ: ΔΕΗ 2009



Ο Στράτος I λειτουργεί σε κανονικές συνθήκες μερικές ώρες (4-5 περίπου) ημερησίως για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών αιχμής (τις πρωινές και βραδινές ώρες) με μέση διελθούσα παροχή της τάξεως των  $\sim 300 \text{ m}^3/\text{sec}$ , και μέγιστη παροχή της τάξεως των  $500 \text{ m}^3/\text{sec}$  (για τις ώρες αιχμής). Προφανώς όταν οι συνθήκες το απαιτούν (λόγω σημαντικών ποσοτήτων νερών ή/και μεγάλων αναγκών ενεργειακών απαιτήσεων) ο σταθμός λειτουργεί περισσότερες ώρες. Οι παροχές κατά την αρδευτική περίοδο παρατίθενται αναλυτικά στην παράγραφο 4.2 που ακολουθεί.

Σήμερα, για την κάλυψη των περιβαλλοντικών όρων ο ΥΗΣ Στράτου I λειτουργεί ώστε σε ημερήσια βάση να καλύπτει το συνολικό ημερήσιο όγκο της απαιτούμενης οικολογικής παροχής (ήτοι  $2.160.000 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$  για τα  $21,3 \text{ m}^3/\text{sec}$ ).

Από τα στοιχεία της ημερήσιας λειτουργίας του ΥΗΣ Στράτου II για τα έτη 2006 – 2008 φαίνεται ότι λειτουργεί του μήνες αιχμής (Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο) συνεχώς έως και 24 ώρες ενώ τους υπόλοιπους μήνες οι ώρες λειτουργίας τους είναι λιγότερες της τάξεως των 15 ωρών ημερησίως. Στις περιόδους αιχμής ο ημερήσιος όγκος νερού που διατίθεται για άρδευση είναι  $2,6 \text{ εκατ } \text{m}^3$ . Ο συνολικός ετήσιος όγκος που διατίθεται από το Στράτο II για άρδευση είναι της τάξεως των  $290 \text{ εκ. } \text{m}^3$ .

#### **4.2 Αρδευτικές ανάγκες κατάντη του Στράτου I**

Η παρούσα παράγραφος αναφέρεται στις αρδευτικές ανάγκες που καλύπτονται από το Στράτο I. Από τις μελέτες που έχουν υλοποιηθεί στο παρελθόν αξιοποιούνται οι πλέον πρόσφατες, στοιχεία των οποίων παρατίθενται παρακάτω

##### (α) Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων για τους Υφιστάμενους ΥΗΣ στο ποταμό Αχελώο, ΔΕΗ 2005

Από το Στράτο I η τροφοδοσία των δικτύων με νερό γίνεται μέσω της κοίτης του Αχελώου από την οποία τα δίκτυα τροφοδοτούνται με αντλιοστάσια. Τα βασικά δίκτυα τα οποία εξυπηρετούνται με τον τρόπο αυτό αφορούν:

- Τα δίκτυα που εξυπηρετεί το Αντλιοστάσιο της Παλαιομάνινα συνολικής έκτασης  $\sim 7000$  στρ. στις κτηματικές περιοχές Παλαιομάνινας, Στρογγυλοβουνίου, Αγράμπελου και Προδρόμου. Οι ανάγκες σε νερό κατά την αρδευτική περίοδο είναι  $1760 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $0,49 \text{ m}^3/\text{sec}$ ). Επισημαίνεται ότι στην περιοχή λειτουργεί και το δίκτυο Καλυβίων το οποίο όμως υδροδοτείται από 7 γεωτρήσεις συνολικής δυναμικότητας  $970 \text{ m}^3/\text{h}$ .
- Τα δίκτυα που εξυπηρετεί το Αντλιοστάσιο Α5 του Αχελώου που αφορούν  $\sim 12.000$  στρεμ. Των κτηματικών περιοχών Πενταλόφου – Λεσινίου. Η παροχетеύσιμη ποσότητα από τον Αχελώο είναι  $5100 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $1,42 \text{ m}^3/\text{sec}$ )
- Τα δίκτυα που εξυπηρετεί το Αντλιοστάσιο Α1 του Αχελώου που αφορούν σε  $\sim 11000$  στρέμ της Κτηματικής περιοχής Γιούρας. Η παροχетеύσιμη ποσότητα από τον Αχελώο είναι  $4320 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $1,2 \text{ m}^3/\text{sec}$ ).

Η συνολική ετήσια απαιτούμενη ποσότητα νερών για την κάλυψη των ετησίων αναγκών των παραπάνω εκτιμάται σε  $21,2 \text{ εκατ } \text{m}^3$  ήτοι μέση κατανάλωση ανά στρέμμα της τάξεως των  $706 \text{ m}^3/\text{στρεμ}$ .

Επίσης απευθείας από τον Αχελώο τροφοδοτείται και μεγάλο τμήμα (~37.000 στρέμματα) του αρδευτικού δικτύου Λεσινίου. Στη μελέτη δεν δίνεται εκτίμηση των ποσοτήτων που αντλούνται. Έμμεσα και θεωρώντας την προαναφερθείσα μέση κατανάλωση που προέκυψε από τα αναφερόμενα στην ΜΠΕ στοιχεία προκύπτει ετήσια ποσότητα άντλησης της τάξεως των 26 εκατ. m<sup>3</sup>

(β) Μελέτη Διαχείρισης των υδάτων της Λεκάνης Απορροής του π. Αχελώου, ΕΥΔΕ ΟΣΥΕ ΥΠΕΧΩΔΕ 2006

Στην μελέτη αυτή αναφέρεται ότι από τον Αχελώο αντλούν απευθείας 3 αντλιοστάσια- του ΤΟΕΒ Παλαιομάνινας, το Α1 του ΤΟΕΒ Κατοχής και Α1 του ΤΟΕΒ Νεοχωρίου, για την εξυπηρέτηση των αντίστοιχων Αρδευτικών δικτύων.

Στοιχεία αναλυτικά για τις αντλούμενες ποσότητες δεν παρατίθενται. Όσον αφορά τις εκτάσεις δίνονται οι εκτάσεις που αρδεύτηκαν από ποτάμια και πηγές το 2004 που είναι για το Δίκτυο Παλαιομάνινας ~4000 για το Δίκτυο Κατοχής ~10000 για το δίκτυο Νεοχωρίου ~7400. Επίσης από την εκτίμηση των μέσων καθαρών αναγκών αρδευτικού νερού στη λεκάνη του Αχελώου εκτιμήθηκε η μέση ειδική κατανάλωση ανά στρέμμα στα 651,41 m<sup>3</sup>/στρ. (συμπεριλαμβανομένων των απωλειών).

Δεδομένου ότι τα παραπάνω στοιχεία εμφανίζουν διαφοροποιήσεις, στο πλαίσιο της παρούσας επιχειρήθηκε η επικαιροποίησή τους με επαφές με τους αρμοδίους ΤΟΕΒ. Από τα στοιχεία που ελήφθησαν από αυτούς φαίνεται ότι απευθείας από την κοίτη του Αχελώου μέσω της λειτουργίας του Στράτου Ι εξυπηρετούνται:

- ⇒ Το αντλιοστάσιο Παλαιομάνινας το οποίο αντλεί από 800 m<sup>3</sup>/h - 1200 m<sup>3</sup>/h (0,22 m<sup>3</sup>/sec - 0,33 m<sup>3</sup>/sec) για την εξυπηρέτηση των αναγκών 3000 στρεμ.
- ⇒ Το αντλιοστάσιο κατοχής το οποίο αντλεί 3400 m<sup>3</sup>/h - 5100 m<sup>3</sup>/h (0,94 m<sup>3</sup>/sec - 1,42 m<sup>3</sup>/sec) για την εξυπηρέτηση των αναγκών ~12000 στρεμ.
- ⇒ Το αντλιοστάσιο που εξυπηρετεί την περιοχή Γουριάς ~10.500 στρεμ., το οποίο αντλεί 2800 m<sup>3</sup>/h - 4320 m<sup>3</sup>/h (0,8 m<sup>3</sup>/sec - 1,20 m<sup>3</sup>/sec).

Η άντληση των παραπάνω υδάτων γίνεται για 150 ημέρες περίπου ετησίως και τα αντλιοστάσια λειτουργούν για 90 ημέρες στο μέγιστο και 60 ημέρες στο ελάχιστο. Ετσι, προκύπτει ότι η απαιτούμενη ποσότητα για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών είναι της τάξεως των 26 εκατ m<sup>3</sup> ετησίως.

Σύμφωνα με τα ημερήσια δελτία λειτουργίας του Στράτου Ι κατά τα έτη 2006 - 2008 οι ποσότητες που διατίθενται για άρδευση ετησίως είναι πάνω από 200 εκατ. m<sup>3</sup>, ποσότητες κατά πολύ μεγαλύτερες από τις πραγματικές ανάγκες που προαναφέρθηκαν. Η διαφορά αυτή εκτιμάται ότι προκύπτει από το γεγονός ότι για να επιτευχθεί η στάθμη λειτουργίας των αντλιοστασίων απαιτείται η διάθεση μεγαλύτερων ποσοτήτων από τις αντλούμενες, η περίσσεια των οποίων τελικά καταλήγει στις εκβολές.

Επιπλέον από τα στοιχεία αυτά φαίνεται ότι από το τέλος του 2007 διατίθενται από το Στράτο Ι ποσότητες επιπλέον αυτών που απαιτούνται για την παραγωγή ενέργειας κατά την περίοδο όπου δεν απαιτείται άρδευση (Οκτώβριο – Απρίλιο). Οι ποσότητες αυτές είναι κατά μέσο όρο της τάξης των 1.800.000 m<sup>3</sup> ημερησίως και εκτιμάται ότι αφορούν στην προσπάθεια της ΔΕΗ να διαθέσει τις απαιτούμενες για την οικολογική παροχή ημερήσιες ποσότητες νερών μετά την έκδοση των Περιβαλλοντικών Όρων των ΥΗΣ Αχελώου που εκδόθηκαν το Μάιο 2007.

## 5. Βασικά Περιβαλλοντικά δεδομένα της περιοχής.

Αναφέρεται συνοπτικά στα βασικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος του Αχελώου κατάντη των έργων του Στράτου όπως αυτά εντοπίστηκαν σε προγενέστερες μελέτες και κυρίως στις βασικές περιβαλλοντικές μελέτες των έργων εκτροπής του Αχελώου και στην ΜΠΕ για τους Υφιστάμενους ΥΗΣ, οι οποίες ανέλυσαν το αντικείμενο ενδελεχώς.

### 5.1 Βλάστηση

Αναφέρονται οι Αζωνικές διαπλάσεις που αναπτύσσονται στις όχθες του ποταμού αλλά και στις αποστραγγιστικές τάφρους.

Το συνηθέστερο είδος της περιοχής είναι ο ανατολικός πλάτανος, που συναντάται από τα πεδινά έως και τα ορεινά μέχρι των 1000m. Άλλα χαρακτηριστικά είδη που συναντούνται είναι το *Ulmus campestris* (πτέλια), που τείνει να εξαφανιστεί εντελώς λόγω ασθένειας, η *Junglas regia* (καρυδιά), *Salix sp.*(ιτιά), *Alnus glutinosa* (σκλήθρο), *Fraxinus oxxyrhilla* (φράξος), *Populus alba* (λευκή), *Populus nigra var rubescens* Parl (μαύρη λεύκη).

Χαρακτηριστικό του συστήματος είναι ότι οι παραποτάμιες ζώνες βλάστησης είναι εξαιρετικά στενές λόγω των ανθρώπινων επεμβάσεων για δημιουργία καλλιεργήσιμης γης οι οποίες πρακτικά περιορίζονται τελικά στην κύρια και στην πλημμυρική κοίτη του Αχελώου.



Ενδεικτική εικόνα που παρουσιάζει σήμερα η παρόχθια βλάστηση του Αχελώου όπου διακρίνονται χαρακτηριστικά οι πιέσεις που έχει δεχθεί

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι κατάντη του φράγματος του Στράτου η παραποτάμια βλάστηση, υπό φυσικές συνθήκες αναπτύσσεται έντονα και μπορεί να σχηματίζει ακόμη και δάση με δέντρα ύψους άνω των 15 μέτρων. Τέτοια δάση κάλυπταν παλαιότερα σημαντικές εκτάσεις στην παραποτάμια ζώνη του Αχελώου και ήταν μόνιμα κατακλυσμένες με νερά. Τα δάση αυτά αποψιλώθηκαν για την απόκτηση καλλιεργήσιμης γης. Σήμερα αυτή η παραποτάμια θαμνοδενδρώδης βλάστηση έχει περιοριστεί πάρα πολύ και απαντάται:

⇒ Εκατέρωθεν της κοίτης του Αχελώου με σχηματισμών λεπτών ζωνών το πάχος των οποίων κυμαίνεται συνήθως από λίγα μέχρι λίγες δεκάδες μέτρα.

- ⇒ Σε νησίδες που υπάρχουν εντός της κοίτης του Αχελώου όπου και έχει έντονη ανάπτυξη.
- ⇒ Ένα υπόλοιπο ενιαίου δάσους έκτασης 600 στρεμμάτων και ευρισκόμενου στην περιοχή Λεσινίου, γνωστή ως δάσος του Φράξου. Μέσα στο δάσος αυτό υπάρχουν 3 αυτοφυή είδη φράξου: *Fraxinus ornus*, *F. Excelsior*, και *Oxycarpa*.



Ενδεικτική εικόνα της βλάστησης σε νησίδες του Αχελώου

### 5.2 Πανίδα

Στο τμήμα του ποταμού, κατόπιν του Στράτου (με εξαίρεση τα πρώτα 7,5 km) απαντώνται αρκετά είδη ιχθυοπανίδας όπως τα απειλούμενα με εξαφάνιση όπως ο οξύρυγχος (*Acipenser sturio*), το στροσίδι (*Barbus albanicus*), ο χαμοσούρτης (*Barbus peloponnesius*), η τριχοβελωνίτσα (*Cobitis trichonica*), τα ενδημικά της Ελλάδας η δρομίτσα (*Rutilus ylikiensis*), η τσερούκλα (*Scardinius acarnanicus*) και η γουρνάρα (*Tropidophoxinellus hellenicus*) και ωκεανοδρομικά είδη όπως το χέλι (*Anguilla anguilla*). Σημαντική είναι η παρουσία του μοναδικού στον ευρωπαϊκό χώρο γλανιδιού (*Silurus aristotelis*).

Γενικά στον Κάτω Αχελώο απαντώνται όλα τα είδη του ποτάμιου συστήματος εκτός από την άγρια πέστροφα (*Salmo trutta*). Δηλαδή από τα 42 είδη του συστήματος στον Κάτω Αχελώο παρατηρούνται τα 41 είδη. Το τμήμα αυτό του ποταμού είναι σημαντικό και ως βιότοπος της βίδρας (*Lutra lutra*) η οποία παρά τις ποικίλες δραστηριότητες της περιοχής βρίσκει καταφύγιο στην υδρόφιλη βλάστηση κατά μήκος των όχθων. Είναι επίσης γνωστή ως ευρασιαστική βίδρα (ποτάμια), κοινή βίδρα, ή βίδρα του Παλαιού Κόσμου, αλλά και ως *ενυδρίδα*.

Στα αποστραγγιστικά και αρδευτικά κανάλια φωλιάζουν μικρά παρυδάτια πτηνά, αμφίβια και ερπετά. Σε κάποιες βαθύτερες τάφρους απαντώνται και είδη ιχθυοπανίδας.

Η μεγάλη βιολογική ποικιλότητα των οικοσυστημάτων των εκβολών Αχελώου τους προσδίδει μεγάλη οικολογική αξία. Οι ιδιαίτερες επικρατούσες οικολογικές συνθήκες, η μεγάλη ποικιλία



των βιοτόπων που δημιουργούνται από την κατανομή των υφάλμυρων και γλυκών νερών και η γεωγραφική θέση του οικοσυστήματος εκβολών Αχελώου συμβάλλουν στην εμφάνιση ενός πολύ σημαντικού αριθμού ειδών πανίδας.

Τα πουλιά αποτελούν την πολυπληθέστερη σε είδη ομάδα σπονδυλωτών στην περιοχή, και σύμφωνα με την Ειδική Περιβαλλοντική Μελέτη που έχει εκπονηθεί για την περιοχή ανέρχονται σε 259 είδη. Ο πληθυσμός πολλών από αυτά τα είδη είναι σημαντικός, ενώ για κάποια άλλα η περιοχή καθίσταται ως η σημαντικότερη σε διεθνές επίπεδο. Αποτελεί σημαντικό χώρο διαχείμασης μεγάλων πληθυσμών πτηνών. Πληθυσμοί ειδών, όπως *Fulica atra* (φαλαρίδα), *Larus genei* (Λεπτόραμφος Γλάρος), *Egretta alba* (Αργυροτσικνιάς), *Phalacrocorax carbo* (Κορμοράνος), *Aythya ferina* (Γκισάρι) *Anas Penelope* (Σφυριχτάρι), σύμφωνα με το άρθρο 2.1 και το κριτήριο 2 της διεθνούς σύμβασης Ramsar, υπερβαίνουν το 1% του πληθυσμού της, εντάσσοντας την περιοχή στις διεθνώς σημαντικές από ορνιθολογική άποψη περιοχές. Οι πληθυσμοί διαχειμαζόντων πτηνών, όπως πάπιες, φαλαρίδες (οι οποίοι ξεπερνούν το κριτήριο 1 της σύμβασης Ramsar), κορμοράνοι και αρώδιοι εμφανίζονται μεγάλοι.

Η γεωγραφική θέση του οικοσυστήματος εκβολών αποκτά μεγάλη σημασία, ως σταθμού μετανάστευσης, αποτελώντας το σταυροδρόμι δυο μεταναστευτικών οδών των πτηνών. Η μία μεταναστευτική οδός ακολουθεί τις ακτές του Ιονίου και η άλλη τις ακτές του Κορινθιακού κόλπου. Είναι χώρος φωλιάσματος σπάνιων υδρόβιων και παρυδάτιων πτηνών όπως: *Glareola pratincola* (νεροχελίδονο), *Adrea purpurea* (πορφυροτσικνιάς), *Himantopus himantopus* (καλαμοκάνας), *Gelochelidon nilotica* (γελογλάρωνο), *Haematorpus ostralegus* (στρειδοφάγος) κ.λ.π. Αποτελεί ζωτικό χώρο για πολλά είδη αρπαχτικών πουλιών όπως: *Milvus migrans* (τσίφτης), *Aquila heliaca* (βασιλαετός), *Aquila clanga* (σικταετός) κ.λ.π. Είδη που απειλούνται άμεσα από εξαφάνιση και εμφανίζονται στον υγροβιότοπο είναι ο *Pelecanus crispus* (αργυροπελεκάνος), *Platalea leucorodia* (χουλιαρομούτα), *Phoenicopterus ruber* (φοινικόπτερο), *Numenius tenuirostris* (λεπτομούτα). Τα είδη αυτά προσδίδουν υψηλή ορνιθολογική αξία στην περιοχή και είναι απαραίτητο να εξασφαλιστεί απόλυτη προστασία στους χώρους φωλιάσματος, διατροφής, διαχείμασης και μετανάστευσης.

Από τα ερπετά και τα αμφίβια τουλάχιστον 20 είδη είναι προστατευόμενα σε εθνικό και διεθνές επίπεδο. Επίσης η περιοχή διαθέτει αξιόλογο πλούτο, τόσο στην θαλάσσια ιχθυοπανίδα όσο και σε εκείνη του γλυκού νερού. Από τα είδη του γλυκού νερού, απειλούμενα με εξαφάνιση είναι τα *Acipenser sturio*, *Barbus albanicus*, *Barbus Pellorponnesius*, *Cobitis trichonica*. Τα ασπόνδυλα επίσης, περιλαμβάνουν μια μεγάλη ποικιλία λόγω της αφθονίας των ενδονημάτων.

Από το διάστημα 1960-1974 οπότε πραγματοποιήθηκαν μεγάλα έργα αποξηράνσεων και αλυκοποιήσεων στην περιοχή παρατηρήθηκαν προβλήματα στην ορνιθοπανίδα, ιδιαίτερα λόγω της στέρξης της από περιοχές διατροφής και φωλιάσματος. Προβλήματα παρατηρήθηκαν επίσης από την εντατική χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων και από το ανεξέλεγκτο κυνήγι.

Τέλος σημειώνεται ότι το Δέλτα του Αχελώου εντάσσεται στο δίκτυο Natura 2000 και αποτελεί τμήμα της περιοχής ΖΕΠ (Ζώνη Ειδικής Προστασίας) ΔΕΛΤΑ ΑΧΕΛΩΟΥ ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ-ΑΙΤΩΛΙΚΟΥ ΚΑΙ ΕΚΒΟΛΕΣ ΕΥΗΝΟΥ, ΝΗΣΟΙ ΕΧΙΝΑΔΕΣ, ΝΗΣΟΣ ΠΕΤΑΛΑΣ, ΔΥΤΙΚΟΣ ΑΡΑΚΥΝΘΟΣ & ΣΤΕΝΑ ΚΛΕΙΣΟΥΡΑΣ (GR2310015) και θεωρείται

από τους πιο σπουδαίους βιότοπους όλης της Μεσογείου λόγω των σημαντικών ειδών ορνιθοπανίδας που φιλοξενεί.

## 6. Υδρολογική Διερεύνηση

### 6.1 Σκοπός και μεθοδολογία

Στόχος της υδρολογικής διερεύνησης ήταν η παραγωγή χρονοσειρών μέσω ημερήσιων παροχών σε χαρακτηριστικές θέσεις του Αχελώου, από την ανάλυση των οποίων προκύπτουν οι εκτιμήσεις της ελάχιστης διατηρητέας παροχής. Τονίζεται ότι, σύμφωνα με τη διεθνή πρακτική και για τις συνήθεις υδρολογικές προσεγγίσεις που υιοθετούνται, απαιτούνται συνεχή δείγματα ημερήσιων παροχών που να καλύπτουν ένα εύλογο χρονικό διάστημα (π.χ. 20 έτη), ώστε να είναι αξιόπιστη η εκτίμηση της ελάχιστης περιβαλλοντικής παροχής ενός ποταμού (π.χ., Richter et al., 1996· Hughes and Smakhtin, 1996· Acreman et al., 2008).

Για την παραγωγή των χρονοσειρών χρησιμοποιήθηκαν ιστορικά υδρολογικά δεδομένα σε ημερήσια και μηνιαία κλίμακα, τα οποία περιγράφονται στο υποκεφάλαιο 6.2. Οι σχετικοί υπολογισμοί έγιναν μεταβαίνοντας από τα ανάντη προς τα κατόντη, και αφορούν σε τέσσερις χαρακτηριστικές θέσεις. Συγκεκριμένα, εκτιμήθηκαν οι φυσικοποιημένες χρονοσειρές μέσω ημερήσιων παροχών στις θέσεις των φραγμάτων Κρεμαστών, Καστρακίου και Στράτου, καθώς και η φυσικοποιημένη χρονοσειρά στις εκβολές του Αχελώου. Με τον όρο φυσικοποιημένη νοείται η παροχή που θα διερχόταν από τη συγκεκριμένη θέση, εφόσον δεν παρεμβάλλονταν τα τεχνικά έργα ανάντη (φράγματα), μέσω των οποίων πραγματοποιείται χρονική ρύθμιση των απορροών. Στη συγκεκριμένη μελέτη, και για πρώτη φορά, ελήφθη υπόψη και η απορροή του φράγματος Ταυρωπού (Πλαστήρα), η υπολεκάνη του οποίου εντάσσεται, υδρολογικά, στο σύστημα του Αχελώου. Οι χρονοσειρές καλύπτουν την περίοδο 1/10/1966-31/12/2008, δηλαδή 42 περίπου έτη, χωρίς κενά. Ακόμη, με στατιστική ανάλυση των εν λόγω δειγμάτων, κατασκευάστηκαν οι καμπύλες διάρκειας των παροχών στις αντίστοιχες θέσεις, βάσει των οποίων εκτιμήθηκαν οι τιμές παροχής που αντιστοιχούν σε διάφορες πιθανότητες υπέρβασης.

### 6.2 Δεδομένα

Η πλέον αξιόπιστη μέθοδος παραγωγής χρονοσειρών μέσης ημερήσιας παροχής προϋποθέτει τη λειτουργία μετρητικού σταθμού εξοπλισμένου με σταθμήμετρο ή, ακόμα καλύτερα, με συνεχές καταγραφικό όργανο (σταθμηγράφο), και στον οποίο πραγματοποιούνται συστηματικές μετρήσεις στάθμης και παροχής, ώστε να ελέγχεται και να αναθεωρείται, ανά τακτά διαστήματα, η καμπύλη που χρησιμοποιείται για την αναγωγή των σταθμημετρικών δεδομένων σε δείγματα παροχής. Ο μοναδικός υδρομετρικός σταθμός κατά μήκος του Αχελώου που ικανοποιεί τις παραπάνω προϋποθέσεις βρίσκεται στη θέση Αυλάκι, ήτοι στην έξοδο του άνω ρου του ποταμού. Η υπολεκάνη ανάντη του Αυλακίου έχει έκταση 1358 km<sup>2</sup>, ελέγχει δηλαδή περίπου το 28% της λεκάνης του Αχελώου, ενώ συνεισφέρει σε ποσοστό 37% της μέσης ετήσιας απορροής του ποταμού (Κουτσογιάννης κ.ά., 2001). Ο σταθμός λειτουργεί απρόσκοπτα από το 1965 και είναι από τους πλέον αξιόπιστους και καλύτερα συντηρούμενους του ελληνικού χώρου. Πρόσφατα, η Διεύθυνση Υδροηλεκτρικής Παραγωγής της ΔΕΗ (ΔΕΗ/ΔΥΠ) προέβη σε πλήρη επανεπεξεργασία του συνόλου των πρωτογενών υδρομετρικών δεδομένων του σταθμού, με σκοπό την αναθεώρηση και επικαιροποίηση της χρονοσειράς ημερήσιων παροχών, με επανεξέταση όλων των



καμπυλών στάθμης-παροχής (24 διαφορετικές καμπύλες, πάνω από 1100 υδρομετρήσεις). Η χρονοσειρά που προέκυψε αποτελεί την κατά τεκμήριο πλέον αξιόπιστη υδρομετρική πληροφορία στη λεκάνη του Αχελώου (ΓΓΔΕ/ΥΠΕΧΩΔΕ, 2006).

Στα πλαίσια της παρούσας υδρολογικής διερεύνησης, κρίθηκε αναγκαία η αξιοποίηση του παραπάνω δείγματος, βάσει της οποίας μπορεί αφενός να εκτιμηθεί με ακρίβεια ένα σημαντικό μέρος της απορροής του ποταμού (ιδιαίτερα των θερινών παροχών, που κατά κύριο λόγο προέρχονται από την εκφόρτιση πηγών στο ανάντη τμήμα της λεκάνης), και αφετέρου να ελεγχθεί η αξιοπιστία των εκτιμήσεων των χρονοσειρών που παρήχθησαν για τις άλλες θέσεις ενδιαφέροντος. Δυστυχώς, και για λόγους που η παράθεσή τους ξεφεύγει από τους στόχους αυτής της μελέτης, τα δεδομένα αυτά δεν ήταν διαθέσιμα στην ομάδα μελέτης. Η υδρολογική πληροφορία που διατέθηκε στην ομάδα μελέτης από τη ΔΕΗ/ΔΥΠ ήταν η χρονοσειρά των ημερήσιων εισροών στον ταμιευτήρα Κρεμαστών, για την περίοδο 1966-2008 (με κενά). Η χρονοσειρά αυτή εκτιμήθηκε λαμβάνοντας υπόψη μόνο τη μεταβολή του αποθέματος, τις εκροές από τους στροβίλους και τις υπερχειλίσσεις. Αντίθετα, αγνοήθηκαν οι λοιπές συνιστώσες του υδατικού ισοζυγίου του ταμιευτήρα (εξάτμιση, βροχόπτωση, διαφυγές), οι οποίες ωστόσο είναι ιδιαίτερα σημαντικές κατά τη θερινή περίοδο, όταν και η απορροή της λεκάνης είναι σχετικά μικρή. Ακόμη, διατέθηκαν σε ημερήσια, επίσης, κλίμακα δεδομένα υδατικού ισοζυγίου των ταμιευτήρων Καστρακίου και Στράτου, για όλη την περίοδο λειτουργίας τους (χωρίς πάλι να λαμβάνονται υπόψη οι μεταβλητές επιφανειακής βροχόπτωσης και εξάτμισης). Με βάση τα δείγματα αυτά, η ΔΕΗ/ΔΥΠ υπολόγισε τη μέση ημερήσια παροχή των ενδιάμεσων υπολεκανών Κρεμαστών-Καστρακίου και Καστρακίου-Στράτου. Ωστόσο, εξαιτίας σφαλμάτων στη μέτρηση των εκροών και του αποθέματος, στην υπολεκάνη Κρεμαστών-Καστρακίου προκύπτουν αρνητικές τιμές παροχής στο 8% των περιπτώσεων, ενώ στην υπολεκάνη Καστρακίου-Στράτου το ποσοστό αυτό φτάνει το 70%.

Πίνακας 6.1: Δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια της υδρολογικής διερεύνησης.

Δεδομένα	Περίοδος	Πηγή αναζήτησης
Ημερήσιες εισροές στον ταμιευτήρα Κρεμαστών	1/1966-12/2008	ΔΕΗ/ΔΥΠ (2009)
Δεδομένα ημερήσιου υδατικού ισοζυγίου ταμιευτήρα Καστρακίου	6/1967-12/2008	ΔΕΗ/ΔΥΠ (2009)
Δεδομένα ημερήσιου υδατικού ισοζυγίου ταμιευτήρα Στράτου	7/1989-12/2008	ΔΕΗ/ΔΥΠ (2009)
Μετρήσεις παροχής στη θέση Αυλάκι	10/1965-8/1994	Τσακαλίας και Κουτσογιάννης (1995)
Μηνιαία ύψη βροχόπτωσης, απορροής και εξάτμισης ταμιευτήρα Κρεμαστών	10/1966-9/1994	Μαμάσης και Ναλμπάντης (1995)
Μηνιαία ύψη βροχόπτωσης, απορροής και εξάτμισης ταμιευτήρα Καστρακίου	10/1970-9/1994	Μαμάσης και Ναλμπάντης (1995)
Μηνιαία απορροή ταμιευτήρα Πλαστήρα	10/1060-9/2000	Ευστρατιάδης κ.ά. (2002)
Φυσικοποιημένες μέσες μηνιαίες παροχές σε διάφορες θέσεις του Αχελώου	10/1950-9/1999	Κουτσογιάννης κ.ά. (1995, 2001), Κουτσογιάννης (1996)

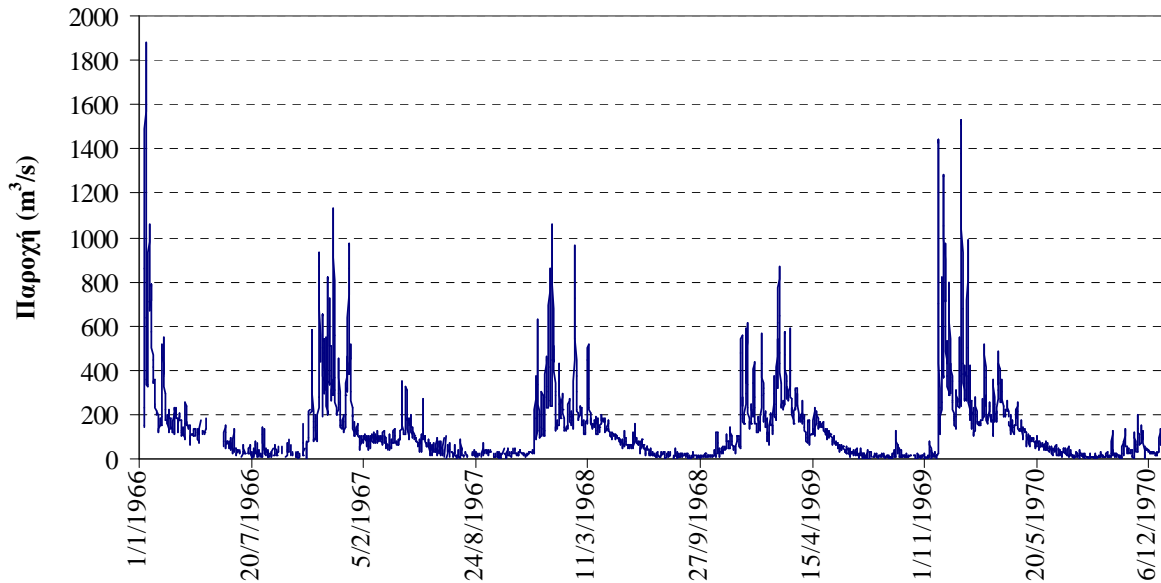
Η ύπαρξη αρνητικών παροχών, οι οποίες συνήθως εμφανίζονται στους θερινούς μήνες, δημιούργησε προφανή προβλήματα στην εκπόνηση της μελέτης. Μάλιστα, η αβεβαιότητα είναι εντονότερη στην εκτίμηση της δόξιας των χαμηλών παροχών, που κυρίως ενδιαφέρουν στην εκτίμηση της ελάχιστης περιβαλλοντικής παροχής. Αναγκαστικά, απαιτήθηκαν αρκετές παραδοχές ώστε να προκύψει ένα ρεαλιστικό δείγμα ημερήσιων παροχών, ενώ επιχειρήθηκε μια χονδρική, έστω, αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της μελέτης, με βάση ένα σχετικά μεγάλο δείγμα υδρομετρήσεων στη θέση Αυλάκι, που δημοσιεύεται σε ερευνητική έκθεση του ΕΜΠ (Τσακαλίας και Κουτσογιάννης, 1995).

Τα υπόλοιπα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια της παρούσας διερεύνησης αφορούν σε μηνιαία δεδομένα υδατικού ισοζυγίου των ταμιευτήρων Κρεμαστών και Καστρακίου (Μαμάσης και Ναλμπάντης, 1995), σε δεδομένα μηνιαίων εισροών στο ταμιευτήρα Πλαστήρα (Ευστρατιάδης κ.ά., 2002), ενώ αξιοποιήθηκαν δεδομένα παλαιότερων υδρολογικών αναλύσεων στη λεκάνη του Αχελώου (Κουτσογιάννης κ.ά., 1995· Κουτσογιάννης, 1996· Κουτσογιάννης κ.ά., 2001). Αναλυτικός κατάλογος των δεδομένων δίνεται στον Πίνακα 6.1.

### **6.3 Εκτίμηση ημερήσιων παροχών ανάντη φράγματος Κρεμαστών**

#### **6.3.1 Πρωτογενής χρονοσειρά ημερήσιων εισροών**

Η πρωτογενής υδρολογική πληροφορία στην οποία βασίζεται η παρούσα διερεύνηση αφορά στη χρονοσειρά μέσων ημερήσιων παροχών εισροής που παρείχε η ΔΕΗ/ΔΥΠ στην ομάδα μελέτης και καλύπτει την περίοδο 1966-2008, με μικρές ελλείψεις, συγκεντρωμένες κυρίως τα πρώτα έτη. Στο διάγραμμα του Σχήματος 6.1 απεικονίζεται τμήμα της χρονοσειράς, το οποίο καλύπτει την πενταετία 1966-1970. Παρατηρείται ότι κατά τη θερινή περίοδο (που είναι αυτή στην οποία επικεντρώνεται το ενδιαφέρον της παρούσας διερεύνησης) προκύπτουν ανεπίτρεπτα χαμηλές παροχές, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις δίνονται τιμές ακόμα και  $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ . Προφανώς, πρόκειται για ένα αυθαίρετο ελάχιστο όριο που θέτει η ΔΕΗ/ΔΥΠ προκειμένου να μην εμφανίζονται αρνητικές παροχές στο δείγμα. Επισημαίνεται ότι με βάση υδρομετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν προ της κατασκευής του φράγματος (1937-1965), οι ελάχιστες καταγεγραμμένες μέσες μηνιαίες τιμές παροχής είναι  $20.1 \text{ m}^3/\text{s}$  (Αύγουστος 1958) και  $18.5 \text{ m}^3/\text{s}$  (Σεπτέμβριος 1961). Για το λόγο αυτό, προηγούμενες υδρολογικές μελέτες που έχουν βασιστεί σε δεδομένα μηνιαίου ισοζυγίου του ταμιευτήρα έχουν υιοθετήσει κατώτατα όρια μέσης μηνιαίας παροχής, π.χ.  $20.0 \text{ m}^3/\text{s}$  (Ρώτη και Ανυφαντή, 1992) και  $12.0 \text{ m}^3/\text{s}$  (Κουτσογιάννης κ.ά., 1995).



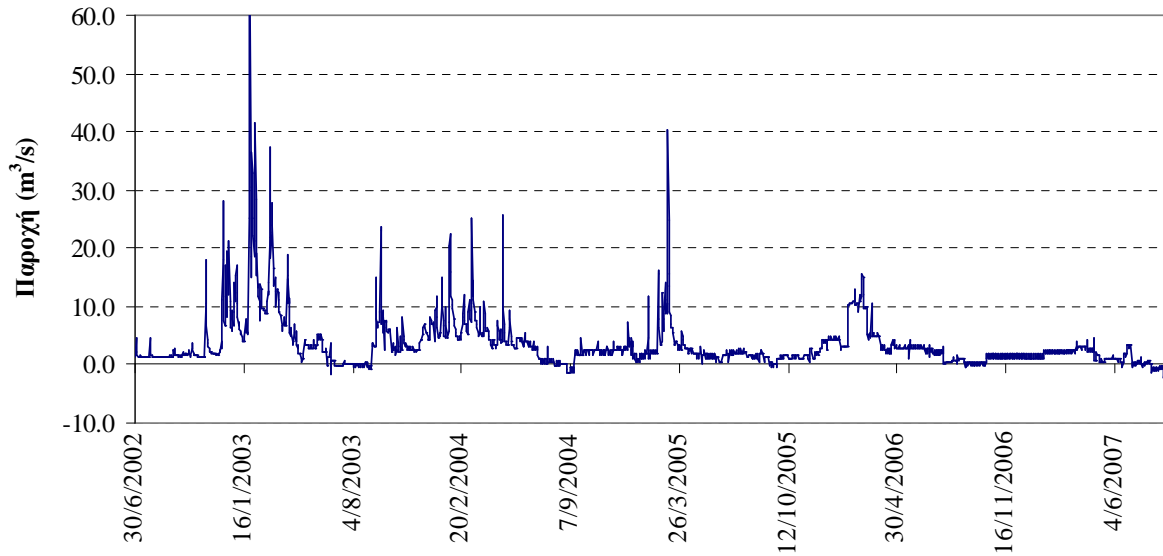
Σχήμα 6.1: Τμήμα της πρωτογενούς (κατά ΔΕΗ/ΔΥΠ) χρονοσειράς μέσω ημερήσιων παροχών ανάντη του φράγματος Κρεμαστών (1966-1970), στο οποίο διακρίνεται η εμφάνιση απaráδεκτα χαμηλών τιμών εισροών τη θερινή περίοδο.

Η χρονοσειρά των ημερήσιων εισροών της ΔΕΗ/ΔΥΠ έχει προκύψει με εφαρμογή της ακόλουθης απλοποιημένης εξίσωσης υδατικού ισοζυγίου του ταμιευτήρα:

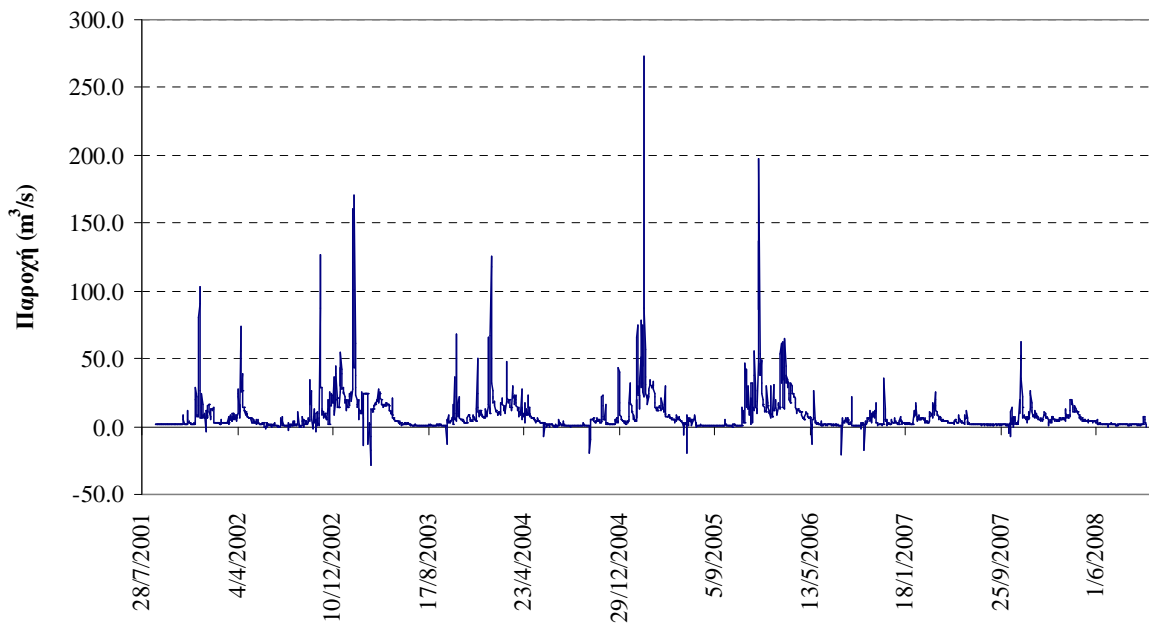
$$I_t = \Delta S_t + R_t + Y_t \quad (6.1)$$

όπου  $\Delta S_t = S_t - S_{t-1}$  η μεταβολή του αποθέματος του ταμιευτήρα,  $R_t$  η εκροή από τους στροβίλους, και  $Y_t$  οι απώλειες λόγω υπερχειλίσης, στη διάρκεια κάθε ημέρας  $t$ . Γενικά, μια τέτοια προσέγγιση θεωρείται ικανοποιητική μόνο όταν η ημερήσια μεταβολή της στάθμης είναι σημαντική, και με την προϋπόθεση ότι λαμβάνονται υπόψη και με αρκετή μάλιστα ακρίβεια το σύνολο των μεταβλητών του υδατικού ισοζυγίου. Διαφορετικά, είναι εξαιρετικά πιθανή η εμφάνιση ακόμα και αρνητικών τιμών εισροών, ιδιαίτερα κατά τη θερινή περίοδο.

Στα διαγράμματα των Σχημάτων και 6.2 απεικονίζονται οι χρονοσειρές ημερήσιων εισροών στους ταμιευτήρες του Σμοκόβου και του Ευήνου, αντίστοιχα, οι οποίες έχουν εκτιμηθεί με τη συγκεκριμένη μεθοδολογία (Κουκουβίνος κ.ά., 2005· Ευστρατιάδης κ.ά., 2009). Οι αρνητικές τιμές των εισροών που εμφανίζονται τους θερινούς μήνες οφείλονται στην εγγενή αδυναμία της μεθόδου, παρόλο που και στις δύο περιπτώσεις έχουν ληφθεί υπόψη οι απώλειες εξάτμισης καθώς και οι απολήψεις για διάφορες χρήσεις νερού.



Σχήμα 6.2: Χρονοσειρά μέσω ημερήσιων παροχών ανάντη του φράγματος Σμοκόβου, που προκύπτει με βάση το ισοζύγιο εισροών-εκροών του ταμιευτήρα (Πηγή: Κουκουβίνος κ.ά., 2005).



Σχήμα 6.3: Χρονοσειρά μέσω ημερήσιων παροχών ανάντη του φράγματος Ευήνου, που προκύπτει με βάση το ισοζύγιο εισροών-εκροών του ταμιευτήρα (Πηγή: Ευστρατιάδης κ.ά., 2009).

Στα πρωτογενή δεδομένα της ΔΕΗ/ΔΥΠ έχουν αγνοηθεί οι απώλειες λόγω εξάτμισης, καθώς και οι επιβεβαιωμένες απώλειες λόγω των υπόγειων διαφυγών, που με βάση εκτιμήσεις

διαφόρων μελετών ανέρχονται σε  $6.0 \text{ m}^3/\text{s}$  και θεωρούνται κατά προσέγγιση σταθερές<sup>1</sup> (Μιμίκου κ.ά., 1980· Ρώτη και Ανυφαντή, 1992· Κουτσογιάννης κ.ά., 1995· ΓΓΔΕ /ΥΠΕΧΩΔΕ, 2006). Ωστόσο, ενώ το σφάλμα που προκύπτει είναι σχετικά μικρό έως αμελητέο κατά τις περιόδους υψηλής υδροφορίας, δεν συμβαίνει το ίδιο όταν η απορροή της λεκάνης είναι χαμηλή. Για παράδειγμα, το μήνα Αύγουστο, όταν το μέσο ημερήσιο ύψος εξάτμισης ανέρχεται έως και σε  $10 \text{ mm}$ , σε συνδυασμό με τη μεγάλη επιφάνεια που καταλαμβάνει ο ταμιευτήρας ( $40\text{-}75 \text{ km}^2$ ), προκύπτει ρυθμός απωλειών έως και  $7.0 \text{ m}^3/\text{s}$ . Αν ληφθούν υπόψη και οι διαφυγές, τότε υπάρχει ένα έλλειμμα έως και  $13.0 \text{ m}^3/\text{s}$ , το οποίο πρέπει να προστεθεί στις εκτιμήσεις ημερήσιων παροχών που δίνει η ΔΕΗ/ΔΥΠ. Η σχετική διορθωτική διαδικασία περιγράφεται στο εδάφιο 6.3.4.

### **6.3.2 Σύγκριση με το δείγμα υδρομετρήσεων στο Αυλάκι**

Για την αποτίμηση της αξιοπιστίας του δείγματος μέσω ημερήσιων παροχών στα Κρεμαστά, που ελήφθη από τη ΔΕΗ/ΔΥΠ, συγκρίνουμε τις τιμές παροχής που έχουν καταγραφεί την ίδια ημέρα στον υδρομετρικό σταθμό Αυλακίου ( $852$  τιμές). Προφανώς, οι μετρούμενες παροχές οφείλουν να είναι σημαντικά μικρότερες σε σχέση με τα Κρεμαστά, καθώς η λεκάνη απορροής ανάντη του σταθμού Αυλακίου έχει έκταση  $1358 \text{ km}^2$ , ενώ η λεκάνη ανάντη του φράγματος Κρεμαστών έχει σχεδόν τριπλάσια έκταση, συγκεκριμένα  $3570 \text{ km}^2$ . Στην τελευταία δεν έχει προσμετρηθεί η υπολεκάνη ανάντη του φράγματος Ταυρωπού (Πλαστήρα), έκτασης  $167 \text{ km}^2$ , το υδατικό δυναμικό της οποίας εκτρέπεται καθολικά προς τη Θεσσαλία.

Τα δύο δείγματα συγκρίνονται στο Σχήμα 6.4 και παρουσιάζουν σχετικά ικανοποιητική (για την ημερήσια κλίμακα) γραμμική συσχέτιση, με το συντελεστή προσδιορισμού να κυμαίνεται στα επίπεδα του  $70.6\%$ . Ωστόσο, παρατηρείται ότι σε αρκετές περιπτώσεις, συγκεκριμένα στο  $11.9\%$  του δείγματος (σε  $101$  από τις  $852$  περιπτώσεις), η παροχή που δίνεται για τα Κρεμαστά υπολείπεται αυτής του Αυλακίου, κάτι που δεν προφανώς έχει φυσική ερμηνεία. Αυτό αφορά κυρίως στις χαμηλές παροχές, που όπως αναφέρθηκε αποτελούν και την κρίσιμη συνιστώσα της μελέτης. Μάλιστα, αν ληφθεί υπόψη η πλήρης χρονοσειρά των ημερήσιων παροχών στα Κρεμαστά (εξαιρουμένων των  $68$  μηδενικών τιμών), τότε για το  $3.1\%$  του δείγματος (σε  $479$  από τις  $15\ 567$  περιπτώσεις), η παροχή που εκτιμά η ΔΕΗ/ΔΥΠ είναι χαμηλότερη ακόμα και από την ελάχιστη που έχει ποτέ καταγραφεί στο Αυλάκι, ήτοι  $3.9 \text{ m}^3/\text{s}$  (στις  $15/10/1985$ ).

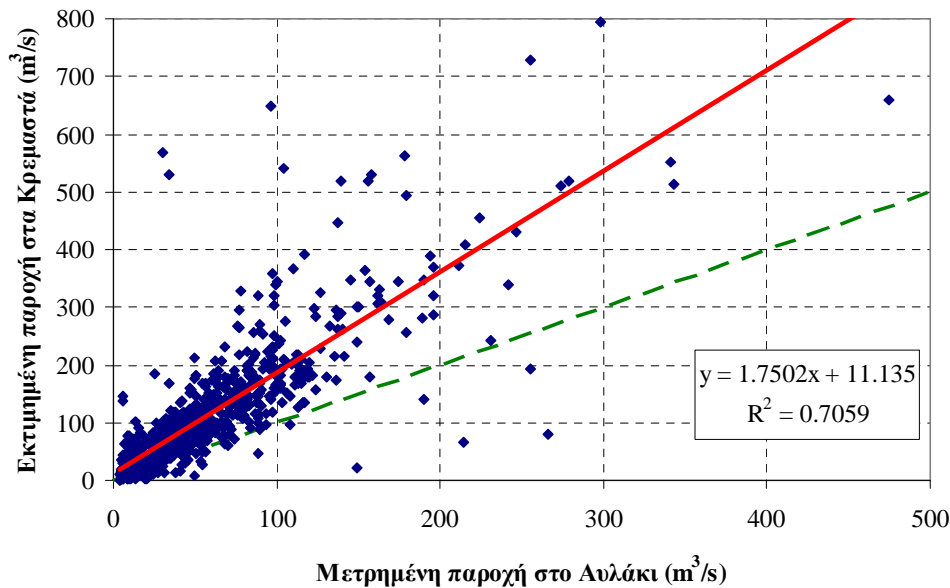
Στο Σχήμα 6.5 απεικονίζεται το διάγραμμα διασποράς των δύο δειγμάτων, αποκλειστικά για παροχές μικρότερες από  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  (μετρούμενες στο Αυλάκι). Είναι προφανές ότι στην περιοχή των χαμηλών απορροών δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών, αν και έχουν εξαιρεθεί ορισμένες εξαιρετικά υψηλές τιμές παροχής στα Κρεμαστά, οι οποίες

---

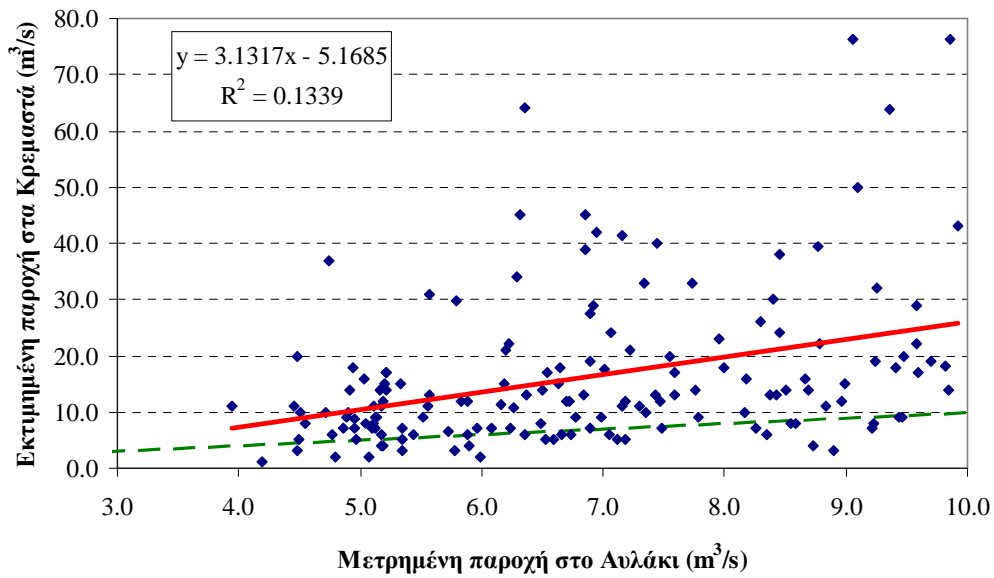
<sup>1</sup> Σύμφωνα με την υδρολογική μελέτη της λεκάνης Κρεμαστών της ΔΕΗ (Μιμίκου κ.ά., 1980), από την οποία παραθέτουν αποσπάσματα οι Ρώτη και Ανυφαντή (1992), στην περιοχή που καταλαμβάνει ο ταμιευτήρας Κρεμαστών αναπτύσσονται οι σημαντικές πηγές Σμαδάχρας. Από υδρομετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν την περίοδο Ιουλίου-Σεπτεμβρίου 1965, εκτιμήθηκε ότι η παροχή των εν λόγω πηγών ανέρχεται σε  $18 \text{ m}^3/\text{s}$ , χωρίς να μπορεί να προσδιοριστεί η χρονική τους διακύμανση. Επιπλέον, με βάση μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν το καλοκαίρι του 1978, προέκυψε ότι υπάρχει μια καθαρή εισροή στον ταμιευτήρα της τάξης των  $12 \text{ m}^3/\text{s}$ , χωρίς επίσης να μπορεί να προσδιοριστεί η χρονική τους διακύμανση. Συνδυάζοντας τα παραπάνω προκύπτει μια χονδρική εκτίμηση των υπόγειων διαφυγών της τάξης των  $18 - 12 = 6 \text{ m}^3/\text{s}$ .

οφείλονται σε πλημμυρικά φαινόμενα που έχουν πραγματοποιηθεί αποκλειστικά στην ενδιάμεση λεκάνη Αυλακίου-Κρεμαστών.

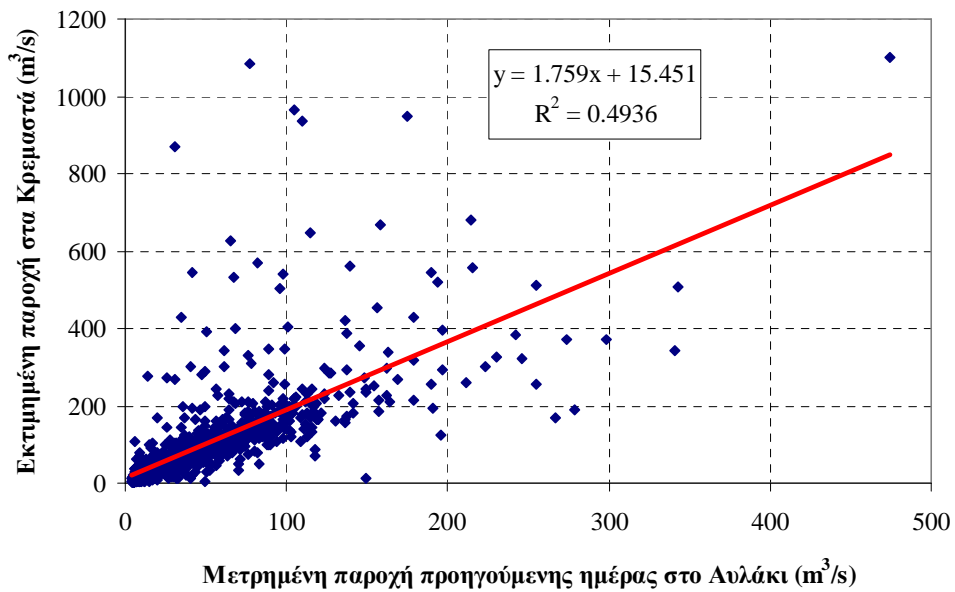
Στο Σχήμα 6.6 συγκρίνονται τα δύο πλήρη δείγματα, μετατοπίζοντας τις παροχές των Κρεμαστών κατά μία ημέρα. Παρατηρείται ότι ο συντελεστής προσδιορισμού μειώνεται από 70.6% σε 49.4%, που υποδηλώνει ότι όχι μόνο δεν βελτιώνεται η συσχέτιση των δύο μεταβλητών, αν θεωρηθεί ένας χρόνος διαδρομής μεταξύ των δύο θέσεων, της τάξης της μιας ημέρας, αλλά χειροτερεύει. Η ημερήσια κλίμακα των δεδομένων δεν επιτρέπει εξέταση μικρότερων χρονικών υστερήσεων.



Σχήμα 6.4: Διάγραμμα διασποράς μετρημένων παροχών στο Αυλάκι και εκτιμημένων (κατά ΔΕΗ/ΔΥΠ) παροχών στα Κρεμαστά (πλήρη δείγματα). Με συνεχή γραμμή απεικονίζεται η εξίσωση γραμμικής παλινδρόμησης και με διακεκομμένη η σχέση  $Q_{\text{Κρεμαστά}} = Q_{\text{Αυλάκι}}$ , που αποτελεί ένα φυσικό κάτω όριο.

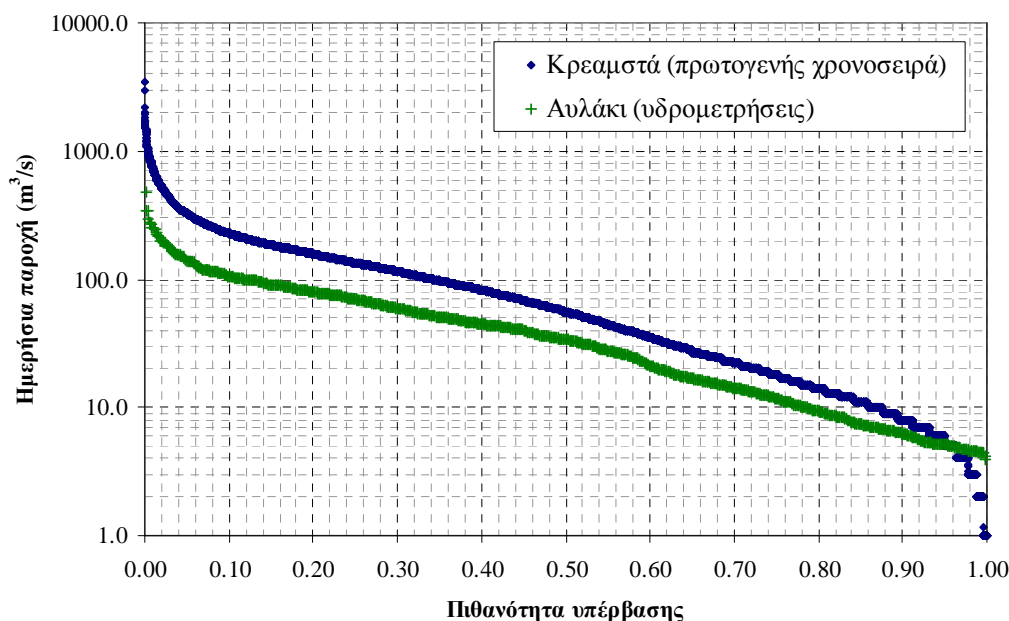


Σχήμα 6.5: Διάγραμμα διασποράς μετρημένων παροχών στο Αυλάκι και εκτιμημένων (κατά ΔΕΗ/ΔΥΠ) παροχών στα Κρεμαστά (μόνο για την περιοχή των χαμηλών εισροών,  $Q_{\text{Αυλάκι}} < 10 \text{ m}^3/\text{s}$ ).



Σχήμα 6.6: Διάγραμμα διασποράς μετρημένων παροχών στο Αυλάκι και εκτιμημένων (κατά ΔΕΗ/ΔΥΠ) παροχών στα Κρεμαστά την επόμενη μέρα (πλήρη δείγματα).





Σχήμα 6.7: Σύγκριση καμπυλών διάρκειας παροχών στο Αυλάκι και στα Κρεμαστά, με βάση το πρωτογενές δείγμα της ΔΕΗ/ΔΥΠ, μετά από διόρθωση των μηδενικών παροχών (απεικόνιση τιμών σε λογαριθμική κλίμακα).

Τέλος, στο Σχήμα 6.7 συγκρίνονται οι καμπύλες διάρκειας των ημερήσιων παροχών στα Κρεμαστά και το Αυλάκι. Οι εν λόγω καμπύλες προκύπτουν μετά από ταξινόμηση των δειγμάτων κατά φθίνουσα σειρά και αντιστοίχιση μιας εμπειρικής συχνότητας (πιθανότητα υπέρβασης σε ημερήσια κλίμακα), σύμφωνα με τον τύπο Weibull (Κουτσογιάννης, 1997, σ. 117):

$$p_i = i / (n + 1) \quad (6.2)$$

όπου  $i$  η θέση της συγκεκριμένης τιμής στο ταξινομημένο δείγμα και  $n$  το μέγεθος του δείγματος. Θεωρητικά, το σχήμα των δύο κατανομών πρέπει να είναι παρόμοιο. Ωστόσο, παρατηρείται ότι στην περιοχή των χαμηλών παροχών, η μορφή της κατανομής στα Κρεμαστά διαφοροποιείται εμφανώς σε σχέση με το Αυλάκι, και μάλιστα για πιθανότητες υπέρβασης μεγαλύτερες από 90% οι εκτιμώμενες παροχές στο Αυλάκι ξεπερνούν αυτές των Κρεμαστών, κάτι που από φυσική άποψη είναι απίθανο.

Όλα τα παραπάνω επιβεβαιώνουν τη μειωμένη αξιοπιστία της προσέγγισης της ΔΕΗ/ΔΥΠ για την εκτίμηση των ημερήσιων παροχών στα Κρεμαστά, και ειδικότερα των χαμηλών παροχών.

### 6.3.3 Συμπλήρωση μηδενικών παροχών και κενών και χρονική ολοκλήρωση αρχικού δείγματος

Είναι γνωστό ότι η ημερήσια παροχή στη θέση ενός ποταμού εμφανίζει ισχυρή στατιστική συσχέτιση με την παροχή της προηγούμενης ημέρας. Κατά συνέπεια, για τη συμπλήρωση των μη μηδενικών και κενών του δείγματος των ημερήσιων παροχών στα Κρεμαστά εξετάστηκε η χρήση της αναδρομικής σχέσης:

$$Q_t = a + b Q_{t-1} \quad (6.3)$$

όπου  $Q_{t-1}$  η παροχή της προηγούμενης ημέρας και  $a, b$  παράμετροι που εκτιμώνται μέσω γραμμικής παλινδρόμησης ( $a = 24.7 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $b = 0.757$ ). Ο συντελεστής προσδιορισμού της παραπάνω σχέσης ανέρχεται σε 75.7%, και είναι ικανοποιητικός. Ωστόσο, λόγω του σταθερού όρου, η ελάχιστη παροχή που μπορεί να δοθεί είναι  $24.7 \text{ m}^3/\text{s}$ , η οποία δεν είναι ρεαλιστική όταν η ελλείπουσα τιμή αναφέρεται σε θερινή περίοδο. Για το λόγο αυτό, τους θερινούς κυρίως μήνες του έτους προτιμήθηκε η εμπειρική συμπλήρωση των κενών, με γραμμική παρεμβολή μεταξύ της αμέσως προηγούμενης και αμέσως επόμενης μη μηδενικής τιμής του δείγματος, ενώ σε λίγες περιπτώσεις που αυτό κρίθηκε αξιόπιστο, η συμπλήρωση των κενών έγινε μέσω της παραπάνω σχέσης γραμμικής παλινδρόμησης. Συνολικά, συμπληρώθηκαν 139 τιμές, που αποτελούν το 1% του πρωτογενούς δείγματος, οπότε ελήφθη η τελική πλήρης χρονοσειρά ημερήσιων παροχών, η οποία καλύπτει την περίοδο Ιανουάριος 1966-Δεκέμβριος 2008. Στις επεξεργασίες, δεν ελήφθησαν υπόψη οι πρώτοι μήνες, που περιείχαν και τις περισσότερες ελλείψεις, οπότε όλες οι επόμενες εργασίες έγιναν με βάση την περίοδο 1/10/1966-31/12/2008.

Στον Πίνακα 6.2 δίνονται τα βασικά στατιστικά μεγέθη της χρονοσειράς μέσων μηνιαίων παροχών, η οποία προκύπτει με χρονική ολοκλήρωση του συμπληρωμένου ημερήσιου δείγματος για την περίοδο 1/10/1966-31/12/2008. Παρατηρείται ότι η παροχή ελαχιστοποιείται τον Αύγουστο, με τη μέση τιμή της να ανέρχεται σε  $13.6 \text{ m}^3/\text{s}$ , ενώ η ελάχιστη παρατηρημένη είναι μόλις  $3.4 \text{ m}^3/\text{s}$  (Σεπτέμβριος 2000). Η υπολογισθείσα μέση παροχή του Αυγούστου είναι ιδιαίτερα χαμηλή, κοντά στο όριο των  $12.0 \text{ m}^3/\text{s}$  που είχε υιοθετηθεί στη μελέτη των Κουτσογιάννη κ.ά. (1995), η οποία αντιστοιχεί στα 2/3 περίπου της ελάχιστης παρατηρημένης μηνιαίας τιμής προ της κατασκευής του φράγματος. Σε συνδυασμό με όσα αναφέρθηκαν στο εδάφιο 6.3.1, είναι φανερό ότι στα πρωτογενή δεδομένα της ΔΕΗ/ΔΥΠ, στα οποία αμελούνται οι απώλειες εξάτμισης και υπόγειων διαφυγών του ταμιευτήρα των Κρεμαστών, υποεκτιμώνται σημαντικά οι θερινές παροχές.

Πίνακας 6.2: Στατιστικά χαρακτηριστικά χρονοσειράς μέσων μηνιαίων παροχών λεκάνης Κρεμαστών, η οποία προκύπτει με συνάθροιση του συμπληρωμένου δείγματος ημερήσιων τιμών που εκτιμά η ΔΕΗ/ΔΥΠ ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	43.4	111.1	202.1	169.0	177.5	165.5	162.7	98.0	40.7	20.2	13.6	16.6	101.4
Τυπ. απόκλ.	40.4	63.2	116.5	101.1	89.2	74.6	51.6	39.8	13.6	7.0	4.6	10.7	27.1
Ελάχιστη	5.2	21.7	29.2	24.1	18.6	31.5	62.3	32.1	19.0	6.3	4.1	3.4	45.4
Μέγιστη	195.4	329.0	492.6	438.6	393.0	348.6	294.7	185.6	83.4	33.6	22.2	60.1	147.3

### 6.3.4 Διόρθωση ημερήσιων παροχών με βάση τις μεταβλητές του μηνιαίου υδατικού ισοζυγίου του ταμιευτήρα

Για να εκτιμηθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η απορροή της λεκάνης ανάντη του φράγματος Κρεμαστών, πρέπει να ληφθούν υπόψη όλες οι μεταβλητές του ημερήσιου υδατικού ισοζυγίου του ταμιευτήρα, σύμφωνα με την εξίσωση:

$$I_t = \Delta S_t + R_t + Y_t + E_t + L_t \quad (6.4)$$

όπου  $E_t$  και  $L_t$  οι απώλειες λόγω εξάτμισης και υπόγειων διαφυγών, αντίστοιχα, στη διάρκεια της ημέρας  $t$ . Στην παραπάνω σχέση, η εισροή περιλαμβάνει τόσο την απορροή της ανάντη λεκάνης όσο και τη βροχόπτωση στην επιφάνεια του ταμιευτήρα. Από την τελευταία συνιστώσα πρέπει να αφαιρεθεί η ποσότητα που θα μετατρεπόταν σε εξατμοδιαπνοή ή κατείσδυση, εφόσον δεν προσέπιπτε σε την υδάτινη επιφάνεια του ταμιευτήρα αλλά στο έδαφος. Η εν λόγω ποσότητα θεωρείται ίση με το 35% της βροχόπτωσης. Επισημαίνεται ότι ο υπερετήσιος συντελεστής απορροής της λεκάνης ανάντη των Κρεμαστών εκτιμάται από 61% (ΓΓΔΕ/ΥΠΕΧΩΔΕ, 2006) έως 72% (Κουτσογιάννης κ.ά., 2001), που σημαίνει ότι οι υδρολογικές απώλειες κυμαίνονται από 39% έως 28%, αντίστοιχα.

Επειδή δεν διατίθενται ημερήσιες τιμές εξάτμισης και βροχόπτωσης στην επιφάνεια του ταμιευτήρα, η διόρθωση των ημερήσιων παροχών βασίστηκε στις μηνιαίες χρονοσειρές υψών εξάτμισης και βροχόπτωσης, που ελήφθησαν από τους Μαμάση και Ναλμπάντη (1995) και καλύπτουν την περίοδο 1966-67 έως 1993-94. Για κάθε μήνα  $k$  υπολογίστηκε η ποσότητα (εκφρασμένη σε μονάδες παροχής):

$$\Delta I_k = e_k A_k / \delta + L_k - 0.35 p_k A_k / \delta \quad (6.5)$$

όπου  $e_k$  το μηνιαίο ύψος εξάτμισης στον ταμιευτήρα, το οποίο έχει εκτιμηθεί με τη μέθοδο Penman συναρτήσει των μετεωρολογικών δεδομένων του σταθμού του φράγματος (Ρώτη και Ανυφαντή, 1992),  $p_k$  το μηνιαίο ύψος βροχής που έχει καταγραφεί στον εν λόγω σταθμό,  $A_k$  η μέση επιφάνεια του ταμιευτήρα στη διάρκεια του μήνα  $k$ , η οποία υπολογίζεται ως ο μέσος όρος της επιφάνειας που καταγράφεται την πρώτη μέρα των μηνών  $k$  και  $k + 1$ , και  $L_k$  οι απώλειες λόγω διαφυγών, οι οποίες λαμβάνονται ίσες με  $6.0 \text{ m}^3/\text{s}$  και  $\delta$  η διάρκεια του μήνα. Ο διορθωτικός συντελεστής  $\Delta I_k$  προστίθεται στο ημερήσιο δείγμα παροχών, υποθέτοντας ενιαία τιμή για κάθε μήνα του έτους. Για την περίοδο 1995-2008 η διόρθωση των ημερήσιων παροχών έγινε με εφαρμογή της μέσης τιμής του αντίστοιχου συντελεστή κάθε μήνα.

Πίνακας 6.3: Στατιστικά χαρακτηριστικά χρονοσειράς μηνιαίας εξάτμισης από τον ταμιευτήρα Κρεμαστών (ανηγμένης σε  $\text{m}^3/\text{s}$ ).

	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.
Μέση τιμή	1.5	0.8	0.5	0.7	1.2	1.9	2.8	4.0	5.0	5.4	4.7	3.0
Τυπ. απόκλ.	0.2	0.1	0.1	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.7	0.8	0.5
Ελάχιστη	0.9	0.6	0.4	0.2	0.5	1.2	2.2	3.0	3.8	3.3	3.4	2.1
Μέγιστη	2.1	1.1	0.7	1.4	1.7	2.6	3.5	5.0	5.9	7.1	6.2	4.0

Πίνακας 6.4: Στατιστικά χαρακτηριστικά χρονοσειράς μηνιαίας βροχόπτωσης στον ταμιευτήρα Κρεμαστών (ανηγμένης σε  $\text{m}^3/\text{s}$ ).

	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.
Μέση τιμή	2.3	4.4	4.2	3.1	3.7	2.6	2.5	1.7	0.9	0.7	0.4	1.2
Τυπ. απόκλ.	1.6	2.2	2.7	2.3	1.9	1.6	1.5	1.0	0.7	0.8	0.4	1.2
Ελάχιστη	0.0	1.0	0.6	0.0	0.8	0.1	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1
Μέγιστη	6.0	8.9	13.1	9.6	7.5	8.2	6.8	4.6	2.6	3.2	1.1	5.2

Πίνακας 6.5: Στατιστικά χαρακτηριστικά συντελεστή διόρθωσης της μέσης μηνιαίας παροχής στον ταμιευτήρα Κρεμαστών (ανηγμένης σε  $m^3/s$ ).

	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.
Μέση τιμή	6.7	5.2	5.1	5.6	5.9	7.0	7.9	9.4	10.7	11.2	10.6	8.5
Τυπ. απόκλ.	0.7	0.7	0.9	0.9	0.7	0.8	0.8	0.6	0.7	0.8	0.9	0.7
Ελάχιστη	4.8	3.7	2.1	3.1	4.4	4.7	5.8	8.0	9.2	8.8	9.3	6.9
Μέγιστη	7.7	6.6	6.4	7.4	7.4	8.3	9.3	10.6	11.6	13.1	12.2	9.8

Πίνακας 6.6: Στατιστικά χαρακτηριστικά χρονοσειράς μέσωσων μηνιαίων παροχών λεκάνης Κρεμαστών (χωρίς την υπολεκάνη Ταυρωπού), η οποία προκύπτει με συνάθροιση του διορθωμένου δείγματος ημερήσιων τιμών ( $m^3/s$ ).

	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	50.0	116.4	207.1	174.6	183.5	172.5	170.7	107.4	51.4	31.3	24.1	25.1	109.2
Τυπ. απόκλ.	40.1	62.9	115.9	100.6	88.8	74.3	51.2	39.6	13.6	6.8	4.5	10.5	27.0
Ελάχιστη	11.8	28.1	35.3	30.9	25.7	39.7	70.3	41.5	30.1	17.4	14.6	11.9	53.6
Μέγιστη	202.0	332.7	496.0	441.7	398.0	355.6	300.6	193.7	93.6	44.4	32.5	68.6	155.2

Πίνακας 6.7: Στατιστικά χαρακτηριστικά χρονοσειράς μέσωσων μηνιαίων παροχών λεκάνης ανάντη φράγματος Κρεμαστών ( $m^3/s$ ) (Πηγή: Κουτσογιάννης κ.ά., 2001).

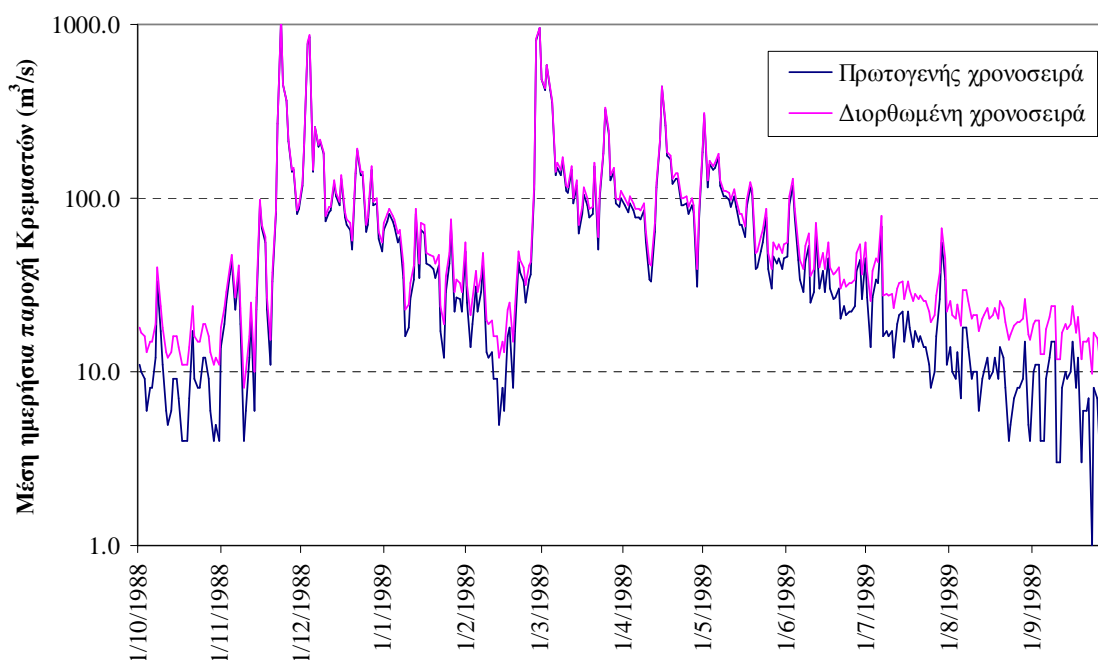
	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	42.2	122.0	219.8	178.2	186.6	170.6	172.9	106.8	45.1	23.5	17.8	18.6	108.9
Τυπ. απόκλ.	33.8	65.2	120.9	105.8	95.5	66.7	59.5	41.6	16.8	8.5	5.6	7.6	25.3
Ελάχιστη	12.0	26.5	34.6	30.0	23.4	37.3	68.5	38.1	12.8	12.0	7.5	7.4	51.5
Μέγιστη	156.7	326.0	509.6	449.7	406.8	351.5	325.5	194.7	90.1	41.0	30.0	38.9	154.7

Στους Πίνακες 6.3, 6.4 και 6.5 συνοψίζονται τα κύρια στατιστικά χαρακτηριστικά των χρονοσειρών μηνιαίας εξάτμισης και βροχόπτωσης (εκφρασμένων σε μονάδες παροχής), καθώς και του συντελεστή διόρθωσης της μέσης μηνιαίας παροχής του ταμιευτήρα Κρεμαστών, όπως υπολογίζεται από τη σχέση (6.5). Επισημαίνεται ότι ο συντελεστής αυτός είναι πάντα θετικός, δηλαδή προσαυξάνει τις ημερήσιες παροχές που εκτιμά η ΔΕΗ/ΔΥΠ. Κατά μέσο όρο, οι παροχές αυξάνουν από  $5.1 m^3/s$  το Δεκέμβριο έως  $11.2 m^3/s$  τον Ιούλιο. Η μεγαλύτερη προσαύξηση ισούται με  $13.1 m^3/s$  και αφορά στον Ιούλιο του 1988, οπότε καταγράφηκε το μέγιστο μηνιαίο ύψος εξάτμισης (295 mm), σε συνδυασμό με μηδενική βροχόπτωση. Από την άλλη πλευρά, η μικρότερη προσαύξηση ισούται με  $2.1 m^3/s$  και αναφέρεται στον Δεκέμβριο του 1969, οπότε παρατηρήθηκε ρεκόρ ύψους βροχής στον ταμιευτήρα (525 mm).

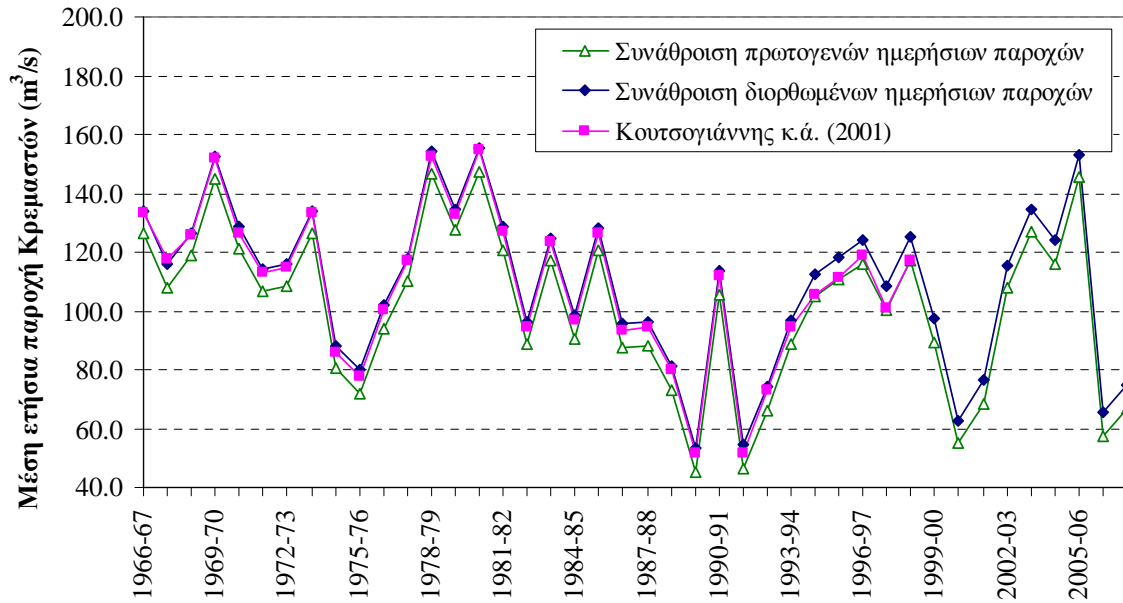
Τα στατιστικά χαρακτηριστικά του τελικού (διορθωμένου) δείγματος, σε μηνιαία και ετήσια βάση, δίνονται στον Πίνακα 6.6. Για λόγους σύγκρισης, στον Πίνακα 6.7 δίνονται τα

αντίστοιχα στατιστικά μεγέθη, όπως εκτιμώνται στη μελέτη των Κουτσογιάννη κ.ά. (2001). Παρατηρείται ότι η παροχή ελαχιστοποιείται τον Αύγουστο, με τη μέση τιμή να ανέρχεται σε 24.1 m<sup>3</sup>/s. Η ελάχιστη τιμή των 11.9 m<sup>3</sup>/s αναφέρεται στο Σεπτέμβριο του 2000, και ταυτίζεται με το ελάχιστος όριο των 12.0 m<sup>3</sup>/s που υιοθετούν οι Κουτσογιάννης κ.ά. (2001). Τέλος, η μέση ετήσια τιμή της παροχής είναι 109.2 m<sup>3</sup>/s.

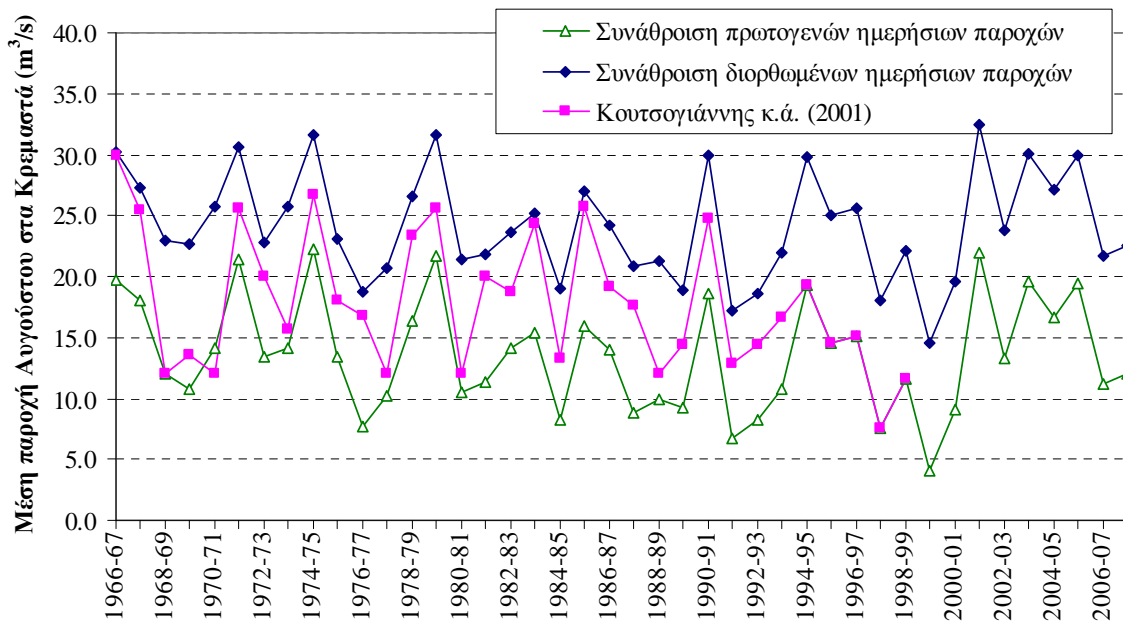
Στο Σχήμα 6.8 συγκρίνονται οι χρονοσειρές μέσω ημερήσιων παροχών που προκύπτουν με βάση το πρωτογενές δείγμα της ΔΕΗ/ΔΥΠ και με βάση τη διορθωτική διαδικασία της παρούσας μελέτης, και αναφέρονται στο υδρολογικό έτος 1988-89, το οποίο ήταν από τα πλέον φτωχά σε υδροφορία. Είναι εμφανής η διαφοροποίηση των δύο δειγμάτων στην περιοχή των χαμηλών παροχών, και η σημαντική υπεκτίμηση της απορροής τις περιόδους χαμηλής υδροφορίας όταν χρησιμοποιούνται τα πρωτογενή δεδομένα της ΔΕΗ/ΔΥΠ.



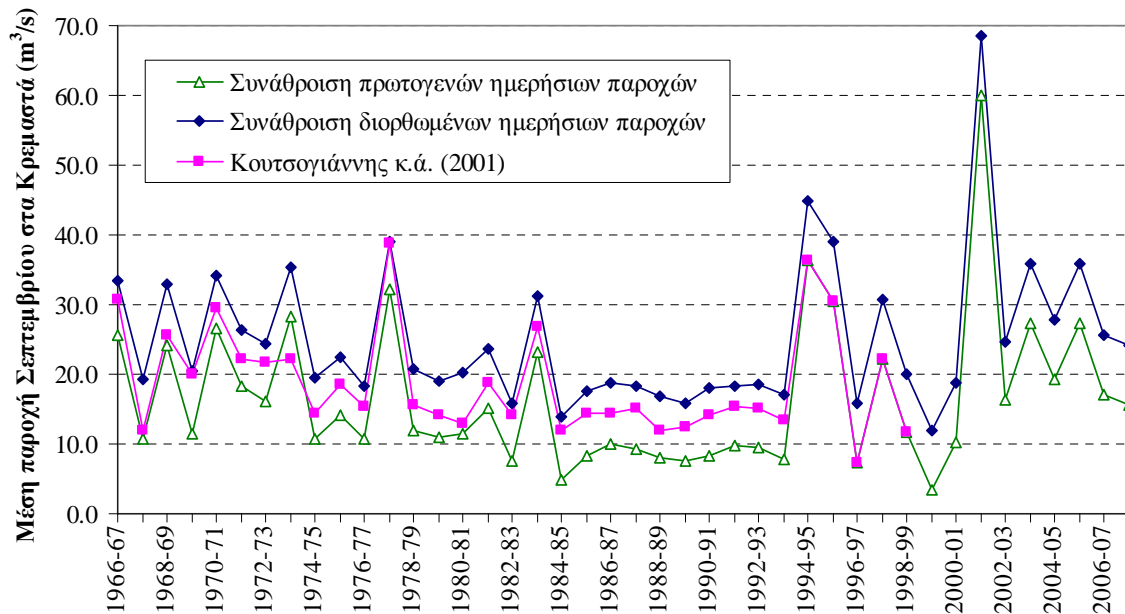
Σχήμα 6.8: Μέσες ημερήσιες παροχές ανάντη φράγματος Κρεμαστών υδρολογικού έτους 1988-89, με βάση το πρωτογενές δείγμα της ΔΕΗ/ΔΥΠ και το διορθωμένο δείγμα της παρούσας μελέτης (απεικόνιση τιμών σε λογαριθμική κλίμακα).



Σχήμα 6.9: Σύγκριση μέσων ετήσιων παροχών ανάντη φράγματος Κρεμαστών, υπολογισμένων με διάφορες μεθόδους.



Σχήμα 6.10: Σύγκριση μέσων παροχών Αυγούστου ανάντη φράγματος Κρεμαστών, υπολογισμένων με διάφορες μεθόδους.



Σχήμα 6.11: Σύγκριση μέσων παροχών Σεπτεμβρίου ανάντη φράγματος Κρεμαστών, υπολογισμένων με διάφορες μεθόδους.

Στο Σχήμα 6.9 συγκρίνονται η χρονοσειρά της μέσης ετήσιας παροχής που προκύπτει με συνάθροιση των πρωτογενών (κατά ΔΕΗ/ΔΥΠ) ημερήσιων παροχών για την περίοδο 1967-2008, η χρονοσειρά που προκύπτει με εφαρμογή την προαναφερθείσας διορθωτικής διαδικασίας, καθώς και η χρονοσειρά που δημοσιεύεται στη μελέτη των Κουτσογιάννη κ.ά. (2001). Η τελευταία καλύπτει τα υδρολογικά έτη 1950-51 έως 1999-00 και προέρχεται από ενοποίηση τεσσάρων δειγμάτων, συγκεκριμένα: (α) του δείγματος των Μιμίκου κ.ά. (1980), για την περίοδο μέχρι το Φεβρουάριο του 1970, (β) του δείγματος των Κουτσογιάννη και Ναλμπάντη (1992) για την περίοδο από τον Μάρτιο του 1970 μέχρι τον Δεκέμβριο του 1990, μετά από προσαρμογή, (γ) του δείγματος της ΔΕΗ/ΔΥΠ μέχρι το υδρολογικό έτος 1993-94, με θεώρηση μόνο των υπόγειων διαφυγών και προσαρμογή των ελάχιστων παροχών, και (δ) του πρωτογενούς δείγματος της ΔΕΗ/ΔΥΠ για την υπόλοιπη περίοδο. Παρατηρείται ότι μέχρι το υδρολογικό έτος 1993-94, η εκτίμηση της παρούσας μελέτης συμπίπτει σχεδόν με την εκτίμηση των Κουτσογιάννη κ.ά. (2001). Αντίθετα, παρατηρείται μια σχεδόν σταθερή απόκλιση  $8.0 \text{ m}^3/\text{s}$  σε σχέση με τις ετήσιες παροχές της ΔΕΗ/ΔΥΠ, η οποία δεν λαμβάνει υπόψη στο υδατικό ισοζύγιο του ταμιευτήρα την εξάτμιση, τις διαφυγές και η βροχόπτωση. Λαμβάνοντας υπόψη ότι στην ετήσια κλίμακα οι εισροές λόγω της βροχόπτωσης σχεδόν εξισώνονται με τις απώλειες λόγω εξάτμισης, η διαφορά οφείλεται κυρίως στις διαφυγές.

Τη θερινή περίοδο, η προσέγγιση που υιοθετείται στην παρούσα μελέτη δίνει υψηλότερες εκτιμήσεις σε σχέση με τους Κουτσογιάννη κ.ά. (2001), καθώς λαμβάνει υπόψη τις απώλειες όχι μόνο λόγω των διαφυγών αλλά και της εξάτμισης. Επισημαίνεται ότι η τελευταία μελέτη δεν είχε στόχο την εκτίμηση των ελάχιστων παροχών και γι' αυτό δεν δόθηκε έμφαση στη διεξοδική διόρθωση των δεδομένων ισοζυγίου, πράγμα που γίνεται στην παρούσα διερεύνηση. Στα Σχήματα 6.10 και 6.11 συγκρίνονται οι χρονοσειρές των μέσων μηνιαίων παροχών Αυγούστου και Σεπτεμβρίου, όπως εκτιμώνται με τις τρεις μεθόδους (συνάθροιση



πρωτογενών ημερήσιων παροχών κατά ΔΕΗ/ΔΥΠ, συνάθροιση διορθωμένων ημερήσιων παροχών, εκτίμηση κατά Κουτσογιάννη κ.ά., 2001).

### **6.3.5 Εκτίμηση φυσικοποιημένης χρονοσειράς ημερήσιων παροχών ανάντη φράγματος Κρεμαστών**

Για τον παραγωγή της φυσικοποιημένης χρονοσειράς ημερήσιων παροχών στα Κρεμαστά, πρέπει να ληφθεί υπόψη και η συνεισφορά της υπολεκάνης του Ταυρωπού (παραπόταμου του Αχελώου) ανάντη του φράγματος Πλαστήρα. Η λεκάνη, έκτασης 167 km<sup>2</sup>, διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο επιφανειακό υδατικό δυναμικό, καθώς το ισοδύναμο μέσο ετήσιο ύψος απορροής της ανέρχεται σε 1030 mm, ενώ ο υπερετήσιος συντελεστής απορροής της ξεπερνά το 70% (Ευστρατιάδης κ.ά., 2002). Μετά την κατασκευή του φράγματος (το έτος 1960), το σύνολο της απορροής εκτρέπεται προς τη Θεσσαλία, καλύπτοντας πολλαπλούς στόχους (παραγωγή ενέργειας, ύδρευση, άρδευση).

Επισημαίνεται ότι στις προηγούμενες υδρολογικές μελέτες της λεκάνης του Αχελώου η συνεισφορά της λεκάνης του Ταυρωπού έχει αγνοηθεί, καθώς αυτή δεν συμμετέχει στο υδατικό δυναμικό του υφιστάμενου συστήματος, το οποίο είναι έντονα τροποποιημένο εξαιτίας των υδροηλεκτρικών έργων της ΔΕΗ. Αντίθετα, η παρούσα μελέτη αποσκοπεί στην εκτίμηση της φυσικοποιημένης παροχής του Αχελώου, με σκοπό την αναπαραγωγή της υδρολογικής δίαιτας του ποταμού προ της κατασκευής των έργων (με έμφαση στις περιόδους χαμηλής υδροφορίας).

Για τη λεκάνη του Ταυρωπού διατίθεται μια πλήρης χρονοσειρά μέσω μηνιαίων παροχών, η οποία έχει εκτιμηθεί με βάση το υδατικό ισοζύγιο του ταμειυτήρα Πλαστήρα, και καλύπτει τα υδρολογικά έτη 1961-62 έως 2000-01 (Ευστρατιάδης κ.ά., 2002). Τα στατιστικά χαρακτηριστικά της χρονοσειράς με μηνιαία και ετήσια βάση δίνονται στον Πίνακα 6.8. Οι φυσικοποιημένες ημερήσιες παροχές στα Κρεμαστά προκύπτουν προσθέτοντας τη μέση μηνιαία παροχή του Ταυρωπού, η οποία θεωρείται, κατά προσέγγιση, σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του αντίστοιχου μήνα. Για την περίοδο 2001-2008, κατά την οποία δεν υπάρχουν επίκαιρες τιμές εισροών στον Πλαστήρα, η φυσικοποιημένη μέση ημερήσια παροχή στα Κρεμαστά εκτιμάται προσθέτοντας τη μέση παροχή του αντίστοιχου μήνα.

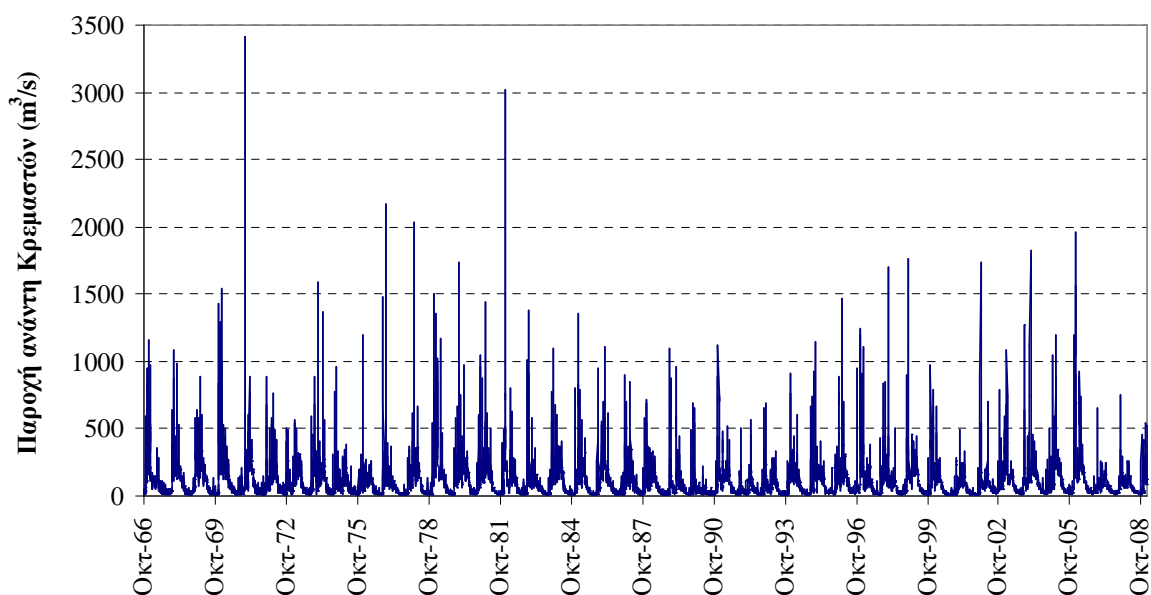
Τα στατιστικά χαρακτηριστικά της τελικής (φυσικοποιημένης) χρονοσειράς παροχών στα Κρεμαστά, σε μηνιαία και ετήσια κλίμακα, δίνονται στον Πίνακα 6.9. Μετά και την προσθήκη των εισροών του ταμειυτήρα Πλαστήρα, η μέση παροχή των ξηρών μηνών (Αύγουστος-Σεπτέμβριος) κυμαίνεται κοντά στα 25 m<sup>3</sup>/s, ενώ σε μέση ετήσια κλίμακα, η παροχή του Αχελώου στη θέση του φράγματος εκτιμάται σε 114 m<sup>3</sup>/s. Η πλήρης χρονοσειρά απεικονίζεται στο διάγραμμα του Σχήματος 6.12.

Πίνακας 6.8: Στατιστικά χαρακτηριστικά χρονοσειράς μέσωσν μηνιαίων παροχών λεκάνης Ταυρωπού, ανάντη του φράγματος Πλαστήρα (m<sup>3</sup>/s) (Πηγή: Ευστρατιάδης κ.ά., 2002).

	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	2.5	5.2	10.0	7.8	9.5	9.6	8.6	5.1	1.8	1.1	0.8	0.6	5.3
Τυπ. απόκλ.	2.7	4.1	5.3	4.9	5.8	4.2	4.0	2.7	1.0	0.5	0.8	0.6	1.6
Ελάχιστη	0.0	0.2	1.4	0.4	2.0	1.2	2.2	1.0	0.7	0.1	0.0	0.0	1.5
Μέγιστη	10.7	22.0	23.2	17.6	32.6	19.8	17.8	12.9	6.1	2.4	4.5	3.3	11.2

Πίνακας 6.9: Στατιστικά χαρακτηριστικά φυσικοποιημένης χρονοσειράς μέσωσν μηνιαίων παροχών λεκάνης Κρεμαστών, που προκύπτει με συνάθροιση του διορθωμένου δείγματος ημερήσιων τιμών και προσθήκη της απορροής της υπολεκάνης ανάντη του φράγματος Πλαστήρα (m<sup>3</sup>/s).

	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	52.4	121.2	216.7	182.2	192.6	181.8	179.5	112.6	53.2	32.5	25.0	25.7	114.3
Τυπ. απόκλ.	41.1	64.9	118.8	104.0	92.2	76.7	53.9	41.2	14.0	7.0	4.8	10.7	27.9
Ελάχιστη	14.4	31.0	43.4	31.3	28.3	41.0	72.5	43.3	30.9	18.7	14.6	12.1	55.0
Μέγιστη	204.5	346.6	508.3	455.4	413.9	369.1	315.5	201.5	96.4	45.8	36.1	69.2	161.8



Σχήμα 6.12: Φυσικοποιημένη χρονοσειρά μέσωσν ημερήσιων παροχών υπολεκάνης ανάντη φράγματος Κρεμαστών (περιλαμβάνεται και η υπολεκάνη ανάντη του φράγματος Πλαστήρα).

## 6.4 Εκτίμηση ημερήσιων παροχών ανάντη φράγματος Καστρακίου

### 6.4.1 Πρωτογενής χρονοσειρά ημερήσιων εισροών ενδιάμεσης υπολεκάνης Κρεμαστών-Καστρακίου

Το φράγμα Καστρακίου αποτελεί την επόμενη θέση ενδιαφέροντος της παρούσας διερεύνησης. Η συνολική έκταση της ανάντη λεκάνης ανέρχεται σε 4118 km<sup>2</sup> (χωρίς την υπολεκάνη Ταυρωπού), ενώ η ενδιάμεση λεκάνη μεταξύ των φραγμάτων Κρεμαστών και Καστρακίου καταλαμβάνει έκταση 548 km<sup>2</sup>. Για τον υπολογισμό της φυσικοποιημένης παροχής στην έξοδο (ήτοι στο φράγμα Καστρακίου), απαιτείται η εκτίμηση της συνεισφοράς της ενδιάμεσης λεκάνης. Η ΔΕΗ/ΔΥΠ έχει εκτιμήσει τη μέση ημερήσια παροχή της, με εφαρμογή της εξίσωσης υδατικού ισοζυγίου του ταμιευτήρα Καστρακίου, σε ημερήσια κλίμακα. Οι υδρολογικές μεταβλητές που λαμβάνονται υπόψη είναι:

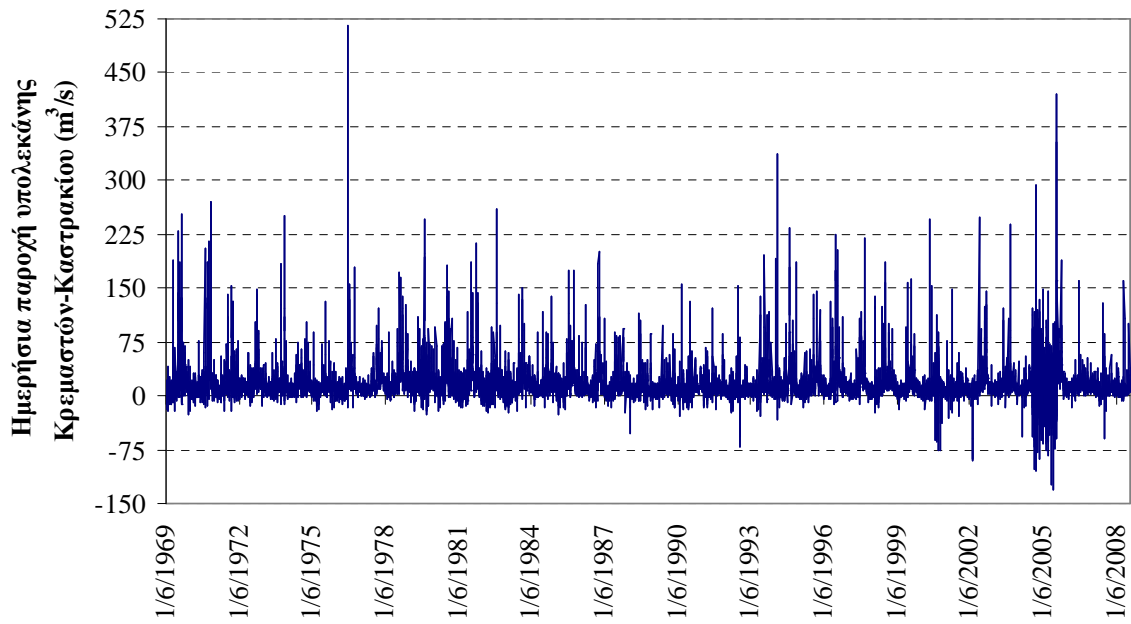
- η ημερήσια μεταβολή του αποθέματος του ταμιευτήρα Καστρακίου,  $\Delta S_{\text{Καστράκι}}$
- ο ημερήσιος όγκος εκροής από τον ΥΗΣ Κρεμαστών,  $R_{\text{Κρεμαστά}}$
- ο ημερήσιος όγκος υπερχειλίσης από τον ταμιευτήρα Κρεμαστών,  $Y_{\text{Κρεμαστά}}$
- ο ημερήσιος όγκος εκροής από τον ΥΗΣ Καστρακίου,  $R_{\text{Καστράκι}}$
- ο ημερήσιος όγκος εκροής για ύδρευση του Αγρινίου από τον ΥΗΣ Καστρακίου,  $W_{\text{Καστράκι}}$
- ο ημερήσιος όγκος υπερχειλίσης από τον ταμιευτήρα Καστρακίου,  $Y_{\text{Καστράκι}}$

Ο ημερήσιος όγκος απορροής της υπολεκάνης Κρεμαστών και Καστρακίου εκτιμάται από τη σχέση:

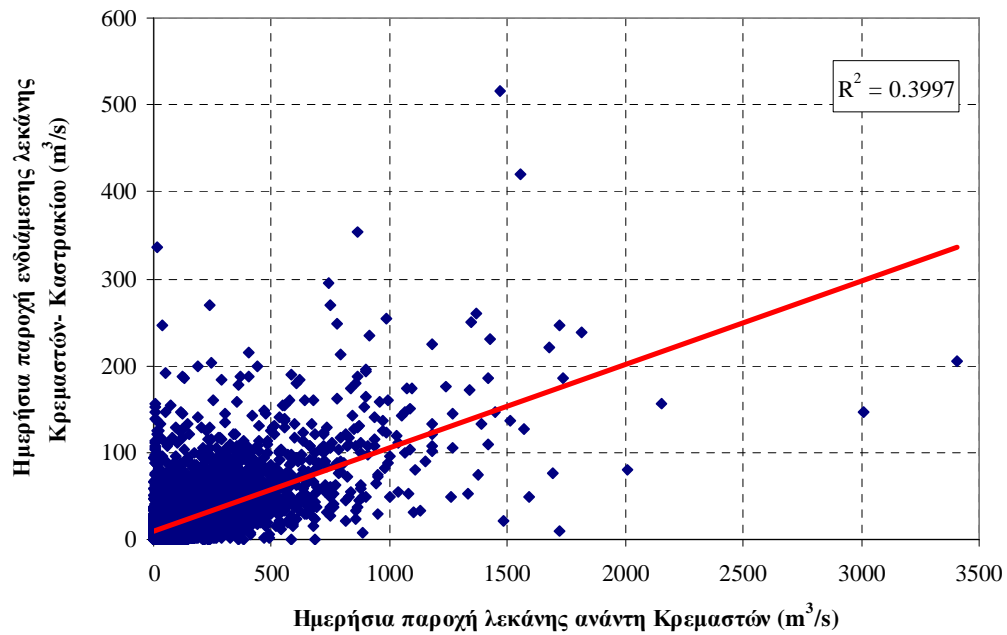
$$Q_{\text{Κρεμαστά-Καστράκι}} = \Delta S_{\text{Καστράκι}} + R_{\text{Καστράκι}} + W_{\text{Καστράκι}} + Y_{\text{Καστράκι}} - R_{\text{Κρεμαστά}} - Y_{\text{Κρεμαστά}} \quad (6.6)$$

Στην παραπάνω σχέση, δεν λαμβάνονται υπόψη η βροχόπτωση και η εξάτμιση στην επιφάνεια του ταμιευτήρα Καστρακίου, καθώς και οι υπόγειες διαφυγές από τον ταμιευτήρα Κρεμαστών.

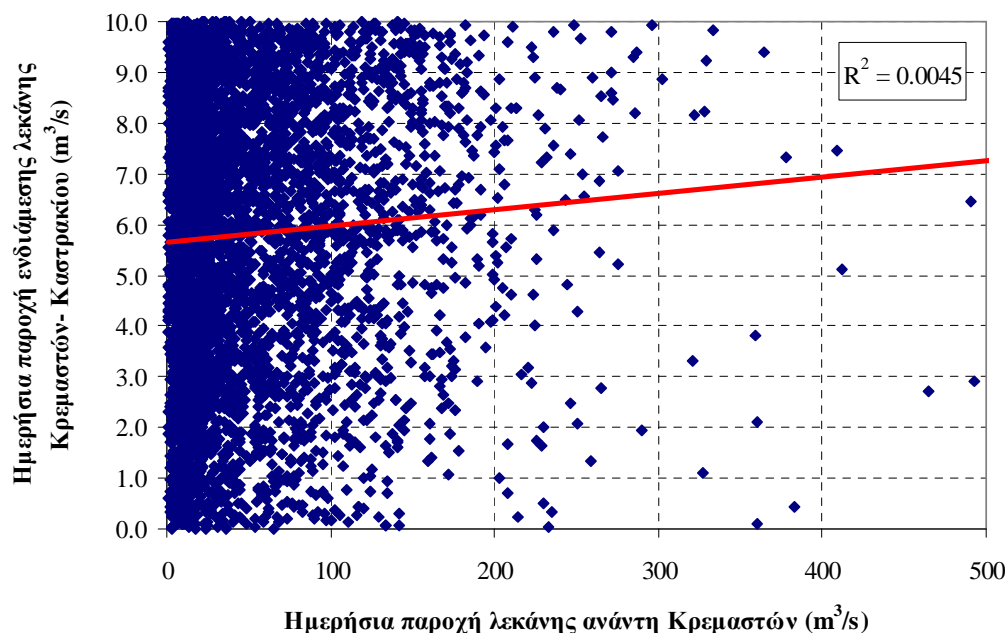
Στο Σχήμα 6.13 απεικονίζεται η χρονοσειρά μέσης ημερήσιας παροχής της υπολεκάνης Κρεμαστών-Καστρακίου για την περίοδο 1/6/1969-31/12/2008, όπως εκτιμάται από το ισοζύγιο του ταμιευτήρα. Η χρονοσειρά περιέχει σημαντικό αριθμό αρνητικών τιμών, οι οποίες αποτελούν το 8.0% του δείγματος και συγκεντρώνονται κυρίως τη θερινή περίοδο. Το πρόβλημα οφείλεται σε σφάλματα μετρήσεων, όπως σφάλματα στη μέτρηση της στάθμης του ταμιευτήρα, υπερεκτίμηση των εκροών από τον ΥΗΣ Κρεμαστών, υποεκτίμηση των εκροών από τον ΥΗΣ Καστρακίου, κτλ. Προφανώς, ένα τέτοιο ποσοστό αρνητικών τιμών (που στην πραγματικότητα φτάνει στο 25%, αν ληφθούν υπόψη οι υπόγειες διαφυγές από τα Κρεμαστά, οι οποίες αφαιρούνται από το ισοζύγιο) δεν επιτρέπει την αξιοποίηση της χρονοσειράς για περαιτέρω αναλύσεις. Στο συμπέρασμα αυτό συνηγορεί και η χαμηλή συσχέτιση που παρουσιάζει η εν λόγω χρονοσειρά με το αντίστοιχο δείγμα ημερήσιων παροχών της υπολεκάνης ανάντη των Κρεμαστών. Αν ληφθεί υπόψη το σύνολο του δείγματος, ο συντελεστής προσδιορισμού φτάνει το 40%, ενώ γίνεται πρακτικά μηδενικός αν ληφθούν υπόψη οι χαμηλές, μόνο, παροχές της ενδιάμεσης λεκάνης, με όριο 10 m<sup>3</sup>/s (Σχήματα 6.14 και 6.15, αντίστοιχα).



Σχήμα 6.13: Πρωτογενής χρονοσειρά μέσω ημερήσιων παροχών υπολεκάνης μεταξύ φραγμάτων Κρεμαστών και Καστρακίου, όπως εκτιμάται από τη ΔΕΗ/ΔΥΠ.



Σχήμα 6.14: Διάγραμμα διασποράς ημερήσιων παροχών υπολεκάνης ανάντη Κρεμαστών και ενδιάμεσης υπολεκάνης μεταξύ Κρεμαστών και Καστρακίου (πλήρη δείγματα).



Σχήμα 6.15: Διάγραμμα διασποράς ημερήσιων παροχών υπολεκάνης ανάντη Κρεμαστών και ενδιάμεσης υπολεκάνης μεταξύ Κρεμαστών και Καστρακίου (μόνο για την περιοχή των χαμηλών ροών, ήτοι  $Q_{\text{Κρεμαστά-Καστράκι}} < 10 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

#### 6.4.2 Εκτίμηση μηνιαίας απορροής υπολεκάνης Κρεμαστών-Καστρακίου

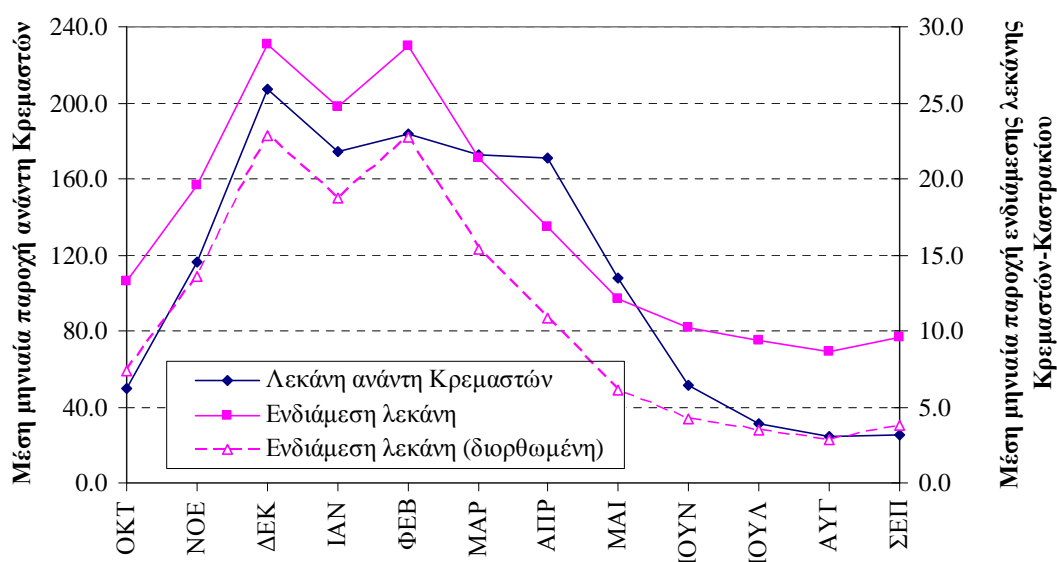
Με την υπόθεση ότι τα σφάλματα των μετρήσεων περιορίζονται όσο αυξάνει η χρονική κλίμακα συνάθροισης των διαφόρων υδρολογικών μεγεθών, εφαρμόζεται η εξίσωση υδατικού ισοζυγίου του ταμιευτήρα Καστρακίου σε μηνιαία κλίμακα, με σκοπό την εκτίμηση της μέσης μηνιαίας παροχής της ενδιάμεσης υπολεκάνης μεταξύ των δύο φραγμάτων από τον Ιούνιο του 1969 έως το Δεκέμβριο του 2008. Τα στατιστικά χαρακτηριστικά της χρονοσειράς, σε μηνιαία και ετήσια κλίμακα, δίνονται στον Πίνακα 6.10.

Συγκρίνοντας τις μέσες μηνιαίες τιμές της εν λόγω χρονοσειράς με τις μέσες μηνιαίες τιμές του τελικού δείγματος παροχών ανάντη του φράγματος των Κρεμαστών (Πίνακας 6.6), φαίνεται να προκύπτουν δυσανάλογα μεγάλες παροχές κατά τη θερινή περίοδο. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι ο λόγος της μέσης παροχής του Αυγούστου (που είναι ο ξηρότερος μήνας του έτους) προς τη μέση ετήσια παροχή ισούται με  $8.7 / 16.9 = 0.51$ , ενώ ο αντίστοιχος λόγος της λεκάνης ανάντη Κρεμαστών ανέρχεται σε μόλις  $24.1 / 109.2 = 0.22$ . Μια τόσο υψηλή θερινή απορροή μπορεί να αποδοθεί μόνο σε εκφόρτιση τοπικών πηγών της ενδιάμεσης λεκάνης, και μάλιστα σημαντικού υδατικού δυναμικού.

Τα παραπάνω συνηγορούν στο να θεωρήσουμε ότι οι υπόγειες διαφυγές διαμέσου του ταμιευτήρα Κρεμαστών, οι οποίες εκτιμήθηκαν σε  $6.0 \text{ m}^3/\text{s}$ , εκφορτίζονται εξ ολοκλήρου στην κατάντη ενδιάμεση λεκάνη, συνεισφέροντας άμεσα στην τροφοδοσία του ταμιευτήρα Καστρακίου. Με την υπόθεση αυτή συμφωνούν και άλλοι μελετητές (π.χ. Μαμάσης και Ναλμπάντης, 1995). Για το λόγο αυτό, από το αρχικό δείγμα που προκύπτει με βάση το μηνιαίο υδατικό ισοζύγιο του ταμιευτήρα Καστρακίου αφαιρείται η ποσότητα των  $6.0 \text{ m}^3/\text{s}$  (σε λίγες περιπτώσεις που προκύπτει αρνητική τιμή, η παροχή θεωρείται μηδενική). Τα

στατιστικά χαρακτηριστικά της τελικής (μετά από αφαίρεση των διαφυγών) χρονοσειράς της υπολεκάνης μεταξύ Κρεμαστών και Καστρακίου δίνονται στον Πίνακα 6.11.

Στο Σχήμα 6.16 συγκρίνονται οι μηνιαίοι λόγοι της μέσης μηνιαίας προς τη μέση ετήσια παροχή στις υπολεκάνες ανάντη του φράγματος Κρεμαστών και μεταξύ των φραγμάτων Κρεμαστών-Καστρακίου. Στην τελευταία περίπτωση απεικονίζονται οι τιμές πριν και μετά τη διόρθωση των μηνιαίων παροχών, με αφαίρεση των υπόγειων διαφυγών. Παρατηρείται ότι μετά τη διορθωτική διαδικασία, οι λόγοι της μέσης μηνιαίας προς τη μέση ετήσια παροχή στην ενδιάμεση υπολεκάνη είναι συνεπείς με τους αντίστοιχους λόγους της υπολεκάνης ανάντη των Κρεμαστών, τόσο κατά την ξηρή περίοδο του έτους όσο και κατά τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες. Αντίθετα, κατά την εαρινή περίοδο η διαίτα των δύο λεκανών διαφοροποιείται, καθώς η απορροή της υπολεκάνης ανάντη των Κρεμαστών διατηρείται πολύ υψηλή λόγω της τήξης του χιονιού. Αντίθετα, η συνεισφορά της εν λόγω διεργασίας είναι εμφανώς πιο περιορισμένη στην υπολεκάνη μεταξύ Κρεμαστών-Καστρακίου, η οποία εκτείνεται σε πολύ χαμηλότερα υψόμετρα.



Σχήμα 6.16: Σύγκριση λόγων μέσης μηνιαίας προς τη μέση ετήσια παροχή των υπολεκανών ανάντη του φράγματος Κρεμαστών και μεταξύ των φραγμάτων Κρεμαστών-Καστρακίου, πριν και μετά τη διόρθωση, με αφαίρεση των υπόγειων διαφυγών.

Πίνακας 6.10: Στατιστικά χαρακτηριστικά αρχικής χρονοσειράς μέσων μηνιαίων παροχών ενδιάμεσης λεκάνης Κρεμαστών-Καστρακίου, με βάση το υδατικό ισοζύγιο του ταμιευτήρα Καστρακίου (m<sup>3</sup>/s).

	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	13.3	19.6	28.8	24.8	28.7	21.4	16.8	12.1	10.2	9.3	8.7	9.6	16.9
Τυπ. απόκλ.	7.5	7.9	15.3	11.9	12.2	11.2	7.6	4.2	4.0	3.3	2.9	3.3	4.0
Ελάχιστη	4.3	9.0	11.0	6.3	8.4	7.5	5.5	6.1	5.7	3.1	1.1	4.2	10.2
Μέγιστη	48.8	42.9	76.2	58.1	52.3	55.9	36.9	22.0	26.1	17.5	15.9	18.1	25.3

Πίνακας 6.11: Στατιστικά χαρακτηριστικά διορθωμένης (μετά από αφαίρεση των υπόγειων διαφυγών) χρονοσειράς μέσων μηνιαίων παροχών ενδιάμεσης λεκάνης Κρεμαστών-Καστρακίου (m<sup>3</sup>/s).

	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	7.4	13.6	22.8	18.8	22.7	15.4	10.9	6.1	4.2	3.5	2.8	3.8	11.0
Τυπ. απόκλ.	7.5	7.9	15.3	11.9	12.2	11.2	7.6	4.2	4.0	3.1	2.6	3.1	3.9
Ελάχιστη	0.0	3.0	5.0	0.3	2.4	1.5	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4
Μέγιστη	42.8	36.9	70.2	52.1	46.3	49.9	30.9	16.0	20.1	11.5	9.9	12.1	19.3

### 6.4.3 Κατασκευή χρονοσειράς μέσων μηνιαίων παροχών ανάντη Καστρακίου

Με γνωστή πλέον την απορροή της ενδιάμεσης λεκάνης, υπολογίστηκαν οι μέσες μηνιαίες παροχές ανάντη του φράγματος Καστρακίου, προσθέτοντας τις παροχές στα Κρεμαστά και τις παροχές της ενδιάμεσης λεκάνης. Με τον τρόπο αυτό, προέκυψε ένα δείγμα που καλύπτει την περίοδο από τον Ιούνιο του 1969 έως τον Δεκέμβριο του 2008. Το εν λόγω δείγμα επεκτάθηκε προς τα πίσω, μέχρι τον Οκτώβριο του 1967, ώστε να καλύπτει κοινή περίοδο με αυτό των Κρεμαστών.

Για την επέκταση του δείγματος χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της οργανικής συσχέτισης των μηνιαίων παροχών στο Καστράκι με αυτές στα Κρεμαστά, αντί της συνηθέστερης προσέγγισης που βασίζεται στη γραμμική παλινδρόμηση. Αν και η τελευταία παρέχει αμερόληπτη εκτίμηση, η διασπορά του συμπληρωμένου δείγματος είναι μεροληπτική και μάλιστα είναι πάντα μικρότερη από την πραγματική διασπορά. Αντίθετα, η τεχνική της οργανικής συσχέτισης (γνωστή και ως μέθοδος MOVE.1, βλ. Hirsch *et al.*, 1993) διατηρεί τη διασπορά του ιστορικού δείγματος, μέσω της γραμμικής σχέσης:

$$Y, \tilde{\sim} = a X + b \tag{6.7}$$

όπου οι συντελεστές  $a$  και  $b$  προσδιορίζονται από τις εξισώσεις:

$$a = (s_Y / s_X) \operatorname{sgn}(r_{XY}) \quad b = y, \bar{\bar{}} - a x, \bar{\bar{}} \tag{6.8}$$

όπου  $y, \bar{\bar{}}$  και  $x, \bar{\bar{}}$  οι μέσες τιμές των  $X$  και  $Y$ ,  $s_Y$  και  $s_X$  οι τυπικές αποκλίσεις τους, και  $\operatorname{sgn}(r_{XY})$  το πρόσημο του συντελεστή συσχέτισής τους. Συνεπώς, η επέκταση των δειγμάτων μέσης μηνιαίας παροχής στο Καστράκι υλοποιήθηκαν με βάση τη σχέση (6.7), θεωρώντας ως ανεξάρτητη μεταβλητή τη μέση μηνιαία παροχή στα Κρεμαστά του αντίστοιχου μήνα. Εφαρμόστηκαν διαφορετικοί συντελεστές  $a$  και  $b$  για κάθε μήνα, οι τιμές των οποίων δίνονται στον Πίνακα 6.12. Ακόμη, δίνονται οι συντελεστές συσχέτισης  $r_{XY}$  κάθε μήνα, οι οποίοι είναι εξαιρετικά υψηλοί (από 89.3% τον Ιούλιο έως 99.9% το Δεκέμβριο και τον Ιανουάριο). Επισημαίνεται ότι σε μία και μόνο περίπτωση (Νοέμβριος 1966), από την εφαρμογή της (6.7) προέκυψε παροχή μικρότερη από αυτή στα Κρεμαστά. Για το συγκεκριμένο μήνα, ελήφθη η παροχή των Κρεμαστών προσαυξημένη κατά 10%, ήτοι θεωρώντας τον μέσο ετήσιο συντελεστή αναγωγής των παροχών των δύο λεκανών (βλ. 6.4.4). Τα στατιστικά χαρακτηριστικά της τελικής (μετά από επέκταση) χρονοσειράς παροχών στο Καστράκι



δίνονται στον Πίνακα 6.13. Για λόγους σύγκρισης, στον Πίνακα 6.14 δίνονται τα αντίστοιχα μεγέθη από τη μελέτη των Κουτσογιάννη κ.ά. (2001), τα οποία παρουσιάζουν ελάχιστες αποκλίσεις.

Πίνακας 6.12: Παράμετροι μεθόδου οργανικής συσχέτισης που χρησιμοποιήθηκαν για την επέκταση του δείγματος παροχών στο Καστράκι με βάση το αντίστοιχο δείγμα στα Κρεμαστά.

	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.
a	1.124	0.939	1.134	1.103	1.091	1.126	1.155	1.096	1.083	0.985	1.290	1.190
b (m <sup>3</sup> /s)	2.1	18.7	-9.0	-5.8	2.3	-6.8	-13.7	-3.8	-0.6	3.7	-4.4	-1.1
r <sub>XY</sub>	0.989	0.996	0.999	0.999	0.998	0.996	0.997	0.997	0.964	0.893	0.899	0.978

Πίνακας 6.13: Στατιστικά χαρακτηριστικά διορθωμένης και συμπληρωμένης χρονοσειράς μέσω μηνιαίων παροχών λεκάνης ανάντη φράγματος Καστρακίου (m<sup>3</sup>/s).

	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	57.3	130.5	230.2	193.5	206.3	187.9	181.4	113.5	55.6	34.8	27.0	28.8	120.3
Τυπ. απόκλ.	43.7	69.2	129.6	110.5	99.0	83.2	57.3	42.0	14.7	6.8	5.8	12.4	30.5
Ελάχιστη	12.7	31.8	42.7	33.3	35.2	45.1	76.1	43.2	32.3	21.4	17.1	12.4	58.9
Μέγιστη	219.3	366.0	551.4	493.8	444.3	400.4	330.9	209.7	102.6	47.8	37.6	76.6	173.7

Πίνακας 6.14: Στατιστικά χαρακτηριστικά χρονοσειράς μέσω μηνιαίων παροχών λεκάνης ανάντη φράγματος Καστρακίου (m<sup>3</sup>/s) (Πηγή: Κουτσογιάννης κ.ά., 2001).

	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	55.3	134.8	223.8	183.4	204.0	197.5	199.0	123.9	56.0	33.8	25.9	26.7	121.4
Τυπ. απόκλ.	39.3	58.6	135.7	115.7	108.9	77.7	71.7	49.4	18.1	8.4	6.2	8.5	31.1
Ελάχιστη	19.7	36.3	47.9	38.4	37.4	45.1	79.4	46.5	21.7	18.9	18.2	17.7	61.7
Μέγιστη	176.0	264.1	569.8	507.6	459.2	407.7	362.3	212.0	101.9	50.2	38.7	57.2	176.1

#### 6.4.4 Εκτίμηση φυσικοποιημένης χρονοσειράς ημερήσιων παροχών ανάντη φράγματος Καστρακίου

Οι παραπάνω αναλύσεις χρησιμοποιήθηκαν βοηθητικά, για την αναγωγή των ημερήσιων παροχών στα Κρεμαστά σε ημερήσιες παροχές στο Καστράκι. Για κάθε μήνα, υπολογίστηκε ο λόγος των δύο παροχών, λ<sub>τ</sub>, που στη συνέχεια εφαρμόστηκε για τη «μεταφορά» της χρονοσειράς των ημερήσιων παροχών του Αχελώου του συγκεκριμένου μήνα τ, από τα Κρεμαστά στο Καστράκι. Τα στατιστικά χαρακτηριστικά των εν λόγω συντελεστών δίνονται στον Πίνακα 6.15. Κατά μέσο όρο, οι τιμές τους κυμαίνονται από 1.06 έως 1.17, με μέση ετήσια τιμή 1.10. Η τιμή αυτή είναι λίγο μικρότερη από τον εμπειρικό συντελεστή αναγωγής,



που συχνά εφαρμόζεται για τη μεταφορά μιας χρονοσειράς παροχών σε μια άλλη γειτονική θέση στην οποία δεν υπάρχουν μετρήσεις, βάσει της σχέσης:

$$\text{Error!} \tag{6.9}$$

όπου  $Q_1$  η μέση παροχή στη λεκάνη όπου υπάρχουν μετρήσεις για μια δεδομένη περίοδο,  $F_1$  το εμβαδόν της ίδιας λεκάνης,  $P_1$  η επιφανειακή βροχόπτωση της ίδιας λεκάνης για την ίδια περίοδο, και  $Q_2, F_2, P_2$  τα αντίστοιχα μεγέθη για τη λεκάνη που δεν έχει μετρήσεις. Η παραπάνω σχέση βασίζεται στην παραδοχή ισότητας των συντελεστών απορροής στις δύο λεκάνες. Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι υπολεκάνες ανάντη των φραγμάτων Κρεμαστών και Καστρακίου έχουν έκταση 3570 και 4118 km<sup>2</sup>, αντίστοιχα (δεν έχει ληφθεί υπόψη η υπολεκάνη του Ταυρωπού), ενώ τα μέσα ετήσια επιφανειακά ύψη βροχής στις δύο λεκάνες εκτιμώνται σε 1433 και 1399 mm, αντίστοιχα, ο εμπειρικός λόγος των παροχών των δύο λεκανών ανέρχεται σε 1.13 (Κουτσογιάννης κ.ά., 2001).

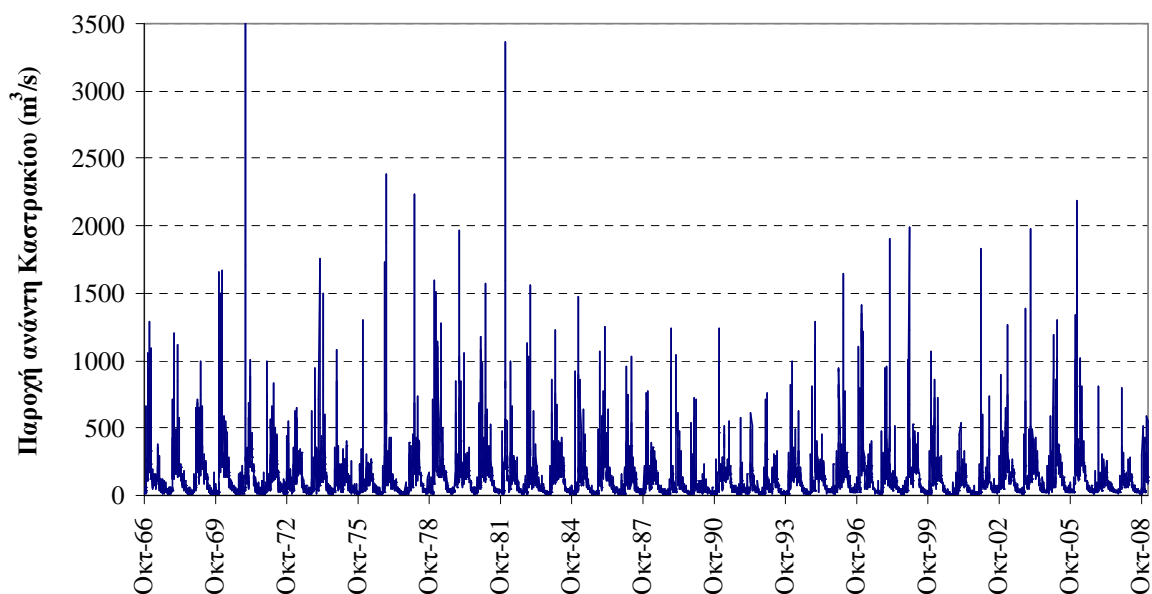
Η φυσικοποιημένη χρονοσειρά ημερήσιων παροχών στο Καστράκι υπολογίστηκε με αναγωγή της αντίστοιχης χρονοσειράς ημερήσιων παροχών στα Κρεμαστά (χωρίς τη συνεισφορά της υπολεκάνης ανάντη του φράγματος Πλαστήρα) και εν συνεχεία προσθήκη της μέσης μηνιαίας παροχής του Ταυρωπού. Η τελευταία θεωρήθηκε σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του εκάστοτε μήνα, όπως έγινε και στην εκτίμηση της φυσικοποιημένης χρονοσειράς ημερήσιων παροχών στα Κρεμαστά (βλ. 6.3.5). Η φυσικοποιημένη χρονοσειρά των ημερήσιων παροχών στο Καστράκι απεικονίζεται στο διάγραμμα του Σχήματος 6.17, ενώ τα στατιστικά χαρακτηριστικά της, σε μηνιαία και ετήσια κλίμακα, δίνονται στον Πίνακα 6.16.

Πίνακας 6.15: Στατιστικά χαρακτηριστικά συντελεστή αναγωγής της μέσης μηνιαίας παροχής στα Κρεμαστά σε μέση μηνιαία παροχή στο Καστράκι.

	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.
Μέση τιμή	1.17	1.13	1.12	1.12	1.13	1.09	1.06	1.06	1.09	1.12	1.12	1.15
Τυπ. απόκλ.	0.22	0.06	0.04	0.05	0.06	0.04	0.03	0.04	0.10	0.11	0.10	0.11
Ελάχιστη	1.00	1.04	1.05	1.01	1.06	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Μέγιστη	2.38	1.31	1.21	1.23	1.37	1.22	1.12	1.19	1.55	1.47	1.37	1.46

Πίνακας 6.16: Στατιστικά χαρακτηριστικά φυσικοποιημένης χρονοσειράς μέσω μηνιαίων παροχών λεκάνης Καστρακίου, που προκύπτει με συνάθροιση του δείγματος ημερήσιων τιμών και προσθήκη της απορροής της υπολεκάνης ανάντη του φράγματος Πλαστήρα (m<sup>3</sup>/s).

	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	59.7	135.4	239.7	201.2	215.4	197.2	190.3	118.7	57.4	35.9	27.9	29.4	125.3
Τυπ. απόκλ.	44.8	71.1	132.5	113.9	102.5	85.6	60.0	43.5	15.1	6.9	6.0	12.6	31.3
Ελάχιστη	15.3	34.7	48.4	33.7	37.8	46.3	78.3	45.0	33.1	22.7	17.1	12.6	60.4
Μέγιστη	221.8	379.9	563.7	507.5	460.2	419.0	345.8	217.6	105.4	49.0	38.8	77.2	179.9

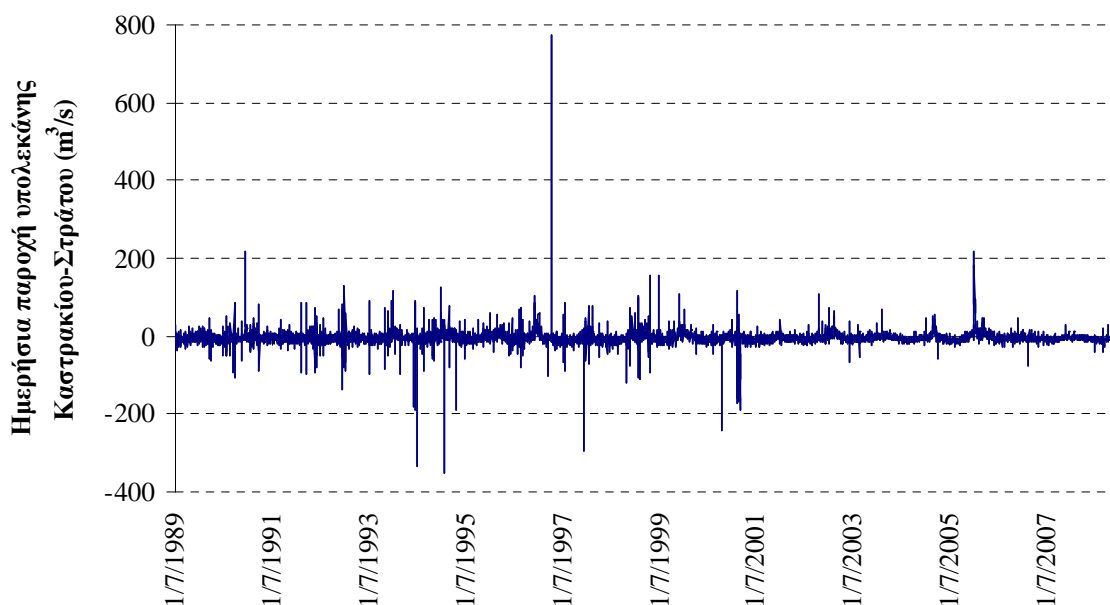


Σχήμα 6.17: Φυσικοποιημένη χρονοσειρά μέσω ημερήσιων παροχών υπολεκάνης ανάντη φράγματος Καστρακίου (περιλαμβάνεται και η υπολεκάνη ανάντη του φράγματος Πλαστήρα).

## 6.5 Εκτίμηση φυσικοποιημένων ημερήσιων παροχών στις θέσεις Στράτος και εκβολές

### 6.5.1 Πρωτογενής χρονοσειρά ημερήσιων εισροών ενδιάμεσης υπολεκάνης Καστρακίου-Στράτου

Το φράγμα Στράτου έχει κομβική σημασία, καθώς αποτελεί το τελευταίο έργο αναρρύθμισης κατά μήκος του Αχελώου. Η συνολική έκταση της ανάντη λεκάνης του ανέρχεται σε 4326 km<sup>2</sup> (χωρίς την υπολεκάνη Ταυρωπού), ενώ η ενδιάμεση λεκάνη μεταξύ των φραγμάτων Καστρακίου και Στράτου καταλαμβάνει έκταση 208 km<sup>2</sup>. Η ΔΕΗ/ΔΥΠ έχει εκτιμήσει τη χρονοσειρά ημερήσιων παροχών της εν λόγω υπολεκάνης, με εφαρμογή της μεθόδου υδατικού ισοζυγίου του ταμιευτήρα Στράτου, σε ημερήσια κλίμακα. Η χρονοσειρά παροχών, η οποία απεικονίζεται στο Σχήμα 6.18, καλύπτει την περίοδο 1/7/1989 έως 31/12/2008. Δυστυχώς, η χρονοσειρά κρίνεται εντελώς αναξιόπιστη, καθώς το 70% των τιμών του δείγματος είναι αρνητικές. Για το λόγο αυτό, τα δεδομένα της ΔΕΗ/ΔΥΠ για τον ταμιευτήρα Στράτου δεν χρησιμοποιούνται σε καμία από τις επόμενες επεξεργασίες, ακόμα και αν θεωρηθούν συναθροισμένα σε μεγαλύτερες χρονικές κλίμακες (μηνιαία ή ετήσια).



Σχήμα 6.18: Πρωτογενής χρονοσειρά μέσω ημερήσιων παροχών υπολεκάνης μεταξύ φραγμάτων Καστρακίου και Στράτου, όπως εκτιμάται από τη ΔΕΗ/ΔΥΠ.

### 6.5.2 Αναγωγή ημερήσιων παροχών Καστρακίου στις θέσεις Στράτος και εκβολές

Λόγω της έλλειψης αξιόπιστων δεδομένων στο φράγμα Στράτου και απουσίας μετρητικών υποδομών στο κατάντη τμήμα μέχρι τις εκβολές του Αχελώου, δεν είναι δυνατή η κατάρτιση δειγμάτων παροχής στις δύο αυτές θέσεις ενδιαφέροντος, με βάση μηνιαία ή ημερήσια υδρολογικά δεδομένα. Για το λόγο αυτό, εφαρμόστηκαν στοιχειώδεις σχέσεις αναγωγής, παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια της *Συμπληρωματικής μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων εκτροπής του Αχελώου προς τη Θεσσαλία* (Κουτσογιάννης κ.ά., 2001), μετά από επικαιροποίηση των μέσων ετήσιων υδρολογικών μεγεθών. Η εκτίμηση των συντελεστών αναγωγής έγινε ως εξής:

Αρχικά, εκτιμήθηκε ότι οι φυσικοποιημένες μέσες υπερετήσιες παροχές  $E[Q]$  στις θέσεις Καστράκι, Κρεμαστά και Αυλάκι συνδέονται με τις αντίστοιχες επιφάνειες των ανάντη λεκανών  $F$  με μια σχέση δύναμης της μορφής:

$$E[Q] = 0.179 F^{0.79} \quad (6.10)$$

Εφαρμόζοντας την πιο πάνω εξίσωση για τις θέσεις Στράτος και Καστράκι, με αντίστοιχες εκτάσεις λεκανών 4487 και 4285 km<sup>2</sup>, αντίστοιχα (σε αυτές προσμετρείται και η υπολεκάνη του Ταυρωπού, έκτασης 167 km<sup>2</sup>), προκύπτει ότι ο συντελεστής αναγωγής είναι ίσος με:

$$\text{Error!} \quad (6.11)$$

Εφαρμόζοντας τον τελευταίο για την αναγωγή των φυσικοποιημένων μέσων ημερήσιων παροχών του Καστρακίου, προέκυψε το αντίστοιχο δείγμα παροχών της λεκάνης ανάντη του φράγματος Στράτου.

Κατάντη των έργων της ΔΕΗ στο Στράτο, όχι μόνο υπάρχει πλήρης έλλειψη υδρομετρήσεων αλλά και το υδρολογικό καθεστώς της λεκάνης του Κάτω Αχελώου είναι εντελώς διαφορετικό εξαιτίας των διαφορετικών φυσιογραφικών χαρακτηριστικών (πεδινές καλλιεργήσιμες εκτάσεις). Για το λόγο αυτό, στη μελέτη των Κουτσογιάννη κ.ά. (2001) εφαρμόστηκε μια καθαρά εμπειρική μέθοδος, υποθέτοντας ότι το μέσο ετήσιο ισοδύναμο ύψος απορροής στην ενδιάμεση λεκάνη μεταξύ Στράτου και εκβολών, έκτασης 540 km<sup>2</sup>, είναι περίπου 350 mm. Η τιμή αυτή είναι ίση με το 1/3 της αντίστοιχης τιμής ανάντη του Καστρακίου και αντιστοιχεί σε συντελεστή απορροής 0.35-0.40 (το μέσο ύψος βροχής στην περιοχή εκτιμάται περί τα 900-1000 mm ετησίως). Συνδυάζοντας το παραπάνω ύψος απορροής με αυτό στη θέση Στράτος (περίπου 970 mm), εκτιμήθηκε ο συντελεστής αναγωγής των ημερήσιων παροχών του Στράτου σε παροχές των εκβολών, ο οποίος ισούται με:

$$\text{Error!} \quad (6.12)$$

Συνεπώς, για τη μεταφορά του δείγματος μέσω ημερήσιων παροχών από το Καστράκι στις εκβολές του Αχελώου, εφαρμόζεται ένας αυξητικός συντελεστής  $1.04 \times 1.05 = 1.09$ , ο οποίος προφανώς είναι μικρότερος από το λόγο των επιφανειών των δύο λεκανών (ήτοι  $5027 / 4285 = 1.17$ ).

Τα στατιστικά χαρακτηριστικά των χρονοσειρών φυσικοποιημένων παροχών, σε μηνιαία και ετήσια κλίμακα, δίνονται στους Πίνακες 6.17 (φράγμα Στράτου) και 6.18 (εκβολές Αχελώου).

Πίνακας 6.17: Στατιστικά χαρακτηριστικά φυσικοποιημένης χρονοσειράς μέσω μηνιαίων παροχών λεκάνης Στράτου, που προκύπτει με συνάθροιση του δείγματος ημερήσιων τιμών (m<sup>3</sup>/s).

	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	62.1	140.8	249.3	209.2	224.0	205.1	197.9	123.4	59.7	37.4	29.0	30.6	130.3
Τυπ. απόκλ.	46.6	74.0	137.8	118.4	106.5	89.0	62.4	45.3	15.7	7.2	6.3	13.1	32.6
Ελάχιστη	15.9	36.1	50.3	35.1	39.3	48.1	81.4	46.8	34.4	23.6	17.8	13.1	62.8
Μέγιστη	230.7	395.1	586.2	527.8	478.6	435.8	359.6	226.3	109.6	51.0	40.4	80.3	187.1

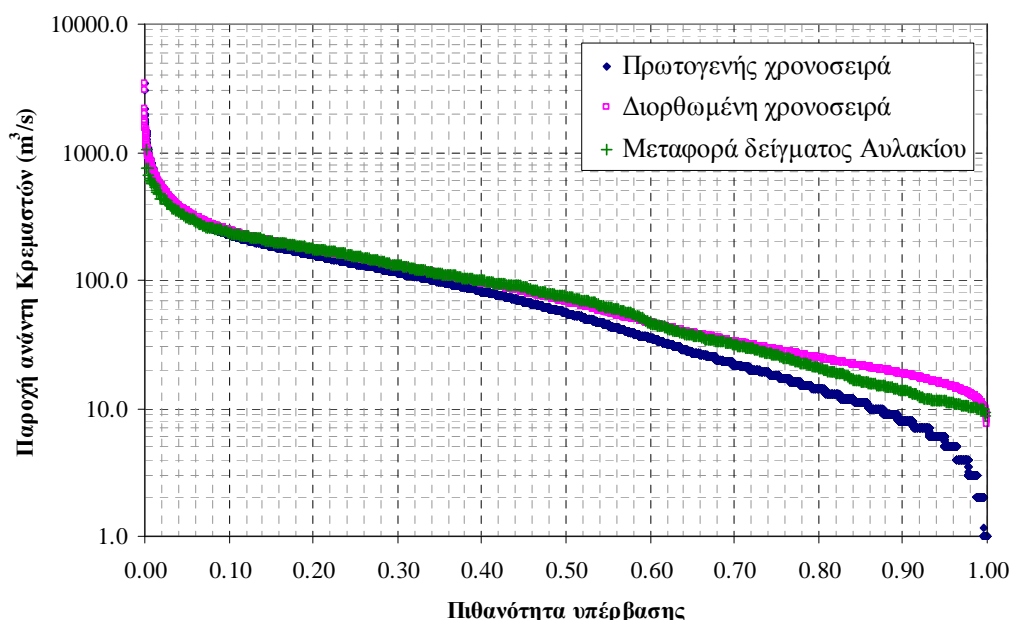
Πίνακας 6.18: Στατιστικά χαρακτηριστικά φυσικοποιημένης χρονοσειράς μέσω μηνιαίων παροχών στις εκβολές του Αχελώου, που προκύπτει με συνάθροιση του δείγματος ημερήσιων τιμών (m<sup>3</sup>/s).

	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	65.2	147.8	261.8	219.7	235.2	215.4	207.8	129.6	62.6	39.3	30.4	32.1	136.9
Τυπ. απόκλ.	48.9	77.7	144.7	124.4	111.9	93.5	65.6	47.5	16.5	7.6	6.6	13.8	34.2
Ελάχιστη	16.7	37.9	52.8	36.8	41.3	50.5	85.5	49.2	36.2	24.8	18.7	13.8	65.9
Μέγιστη	242.3	414.9	615.6	554.1	502.6	457.6	377.6	237.6	115.1	53.5	42.4	84.4	196.5

## 6.6 Στατιστική ανάλυση ημερήσιων παροχών

Το δείγμα υδρομετρήσεων στο Αυλάκι καθώς και οι χρονοσειρές μέσω ημερήσιων φυσικοποιημένων παροχών στις τέσσερις θέσεις ενδιαφέροντος (Κρεμαστά, Καστράκι, Στράτος και εκβολές Αχελώου) ταξινομήθηκαν κατά φθίνουσα σειρά, και σε κάθε τιμή αντιστοιχίστηκε μια εμπειρική συχνότητα, σύμφωνα με τη σχέση (6.2). Με τον τρόπο αυτό, παρήχθησαν οι καμπύλες διάρκειας παροχών για τις πέντε υπολεκάνες.

Στο Σχήμα 6.19 απεικονίζονται οι καμπύλες διάρκειας στα Κρεμαστά, εκτιμημένες με τρεις μεθόδους: (α) με βάση το πρωτογενές δείγμα ημερήσιων εισροών της ΔΕΗ/ΔΥΠ (βλ. και 6.3.2), (β) με βάση το φυσικοποιημένο δείγμα μέσω ημερήσιων παροχών που υπολογίστηκε στα πλαίσια της μελέτης, και (γ) με βάση το δείγμα υδρομετρήσεων στο Αυλάκι, ανηγμένο στη λεκάνη ανάντη του φράγματος Κρεμαστών με εφαρμογή της εμπειρικής σχέσης (6.9). Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι υπολεκάνες ανάντη Αυλακίου και Κρεμαστών έχουν έκταση 1358 και 3731 km<sup>2</sup>, αντίστοιχα (στην έκταση της δεύτερης προσμετρείται και η υπολεκάνη του Ταυρωπού), ενώ τα μέσα ετήσια επιφανειακά ύψη βροχής στις δύο λεκάνες εκτιμώνται σε 1779 και 1433 mm, αντίστοιχα, ο εμπειρικός λόγος των παροχών των δύο λεκανών ανέρχεται σε 2.21. Παρατηρείται ότι η εμπειρική και η διορθωμένη καμπύλη παρουσιάζουν ικανοποιητική ταύτιση, και μόνο στην ακραία περιοχή, ήτοι για πιθανότητες υπέρβασης 99% και άνω, η καμπύλη των Κρεμαστών παρουσιάζει υψηλή αβεβαιότητα (κάτι που ωστόσο δεν αφορά στη μελέτη, δεδομένου ότι δεν ενδιαφέρει η διαίτα των παροχών για τόσο ακραίες πιθανότητες). Αντίθετα, η καμπύλη που προκύπτει με βάση το αρχικό δείγμα της ΔΕΗ/ΔΥΠ είναι αναξιόπιστη για ένα μεγάλο εύρος παροχών, και σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να αξιοποιηθεί για τις περαιτέρω αναλύσεις που αποσκοπούν στην εκτίμηση της απαιτούμενης ελάχιστης διατηρητέας παροχής κατά μήκος του Αχελώου.



Σχήμα 6.19: Καμπύλες διάρκειας παροχών Αχελώου στη θέση του φράγματος Κρεμαστών, εκτιμημένες με διάφορες μεθόδους.

Με βάση τις εμπειρικές καμπύλες διάρκειας, εκτιμήθηκαν τα κατώφλια παροχής που αντιστοιχούν σε χαρακτηριστικές πιθανότητες υπέρβασης (Πίνακας 6.19). Από τα στοιχεία του πίνακα προκύπτει ότι το υφιστάμενο όριο ελάχιστης διατηρητέας παροχής κατάντη του Στράτου, ήτοι 21.3 m<sup>3</sup>/s, αντιστοιχεί σε συχνότητα υπέρβασης λίγο μεγαλύτερη από 90%. Λαμβάνοντας υπόψη την υδρολογική δίαιτα του Αχελώου, όπως αυτή αποτυπώνεται από τις χρονοσειρές φυσικοποιημένων ημερήσιων παροχών που υπολογίστηκαν στα πλαίσια της παρούσας διερεύνησης, η μέση ημερήσια φυσική παροχή του ποταμού διατηρείται μικρότερη από 21.3 m<sup>3</sup>/s σε ποσοστό 8-9% του χρόνου, δηλαδή για διάστημα ενός περίπου μήνα στη διάρκεια του έτους, κατά μέσο όρο.

Πίνακας 6.19: Μέσες ημερήσιες παροχές σε διάφορες θέσεις του Αχελώου για διάφορες πιθανότητες υπέρβασης (m<sup>3</sup>/s).

Πιθανότητα υπέρβασης	Αυλάκι	Κρεμαστά	Καστράκι	Στράτος	Εκβολές
0.99	4.5	11.6	13.2	13.7	14.4
0.98	4.6	13.0	14.4	15.0	15.8
0.96	4.9	14.6	16.4	17.1	17.9
0.95	5.1	15.4	17.3	18.0	18.9
0.90	6.2	18.6	20.9	21.8	22.8
0.80	9.4	24.7	27.8	29.0	30.4
0.70	14.2	33.0	37.0	38.5	40.4
0.60	21.1	46.4	51.3	53.4	56.1
0.50	33.8	68.2	74.0	77.0	80.9
0.40	44.6	95.3	102.9	107.0	112.3
0.30	58.9	129.4	140.2	145.8	153.1
0.20	79.3	173.3	188.2	195.7	205.5
0.10	104.8	244.6	267.4	278.1	292.0
0.05	139.4	343.1	378.3	393.5	413.1
0.02	195.8	537.3	593.3	617.1	647.9
0.01	246.3	734.4	814.9	847.5	889.8

## 7. Μεθοδολογίες Εκτίμησης Οικολογικής Παροχής

### 7.1 Εισαγωγή

Σύμφωνα με μία ευρύτερα χρησιμοποιούμενη απόδοση του όρου ως ελάχιστη διατηρητέα παροχή ή οικολογική παροχή μπορεί να θεωρηθεί το μέγεθος ροής ενός ποταμού τα οποία επιτρέπει τη διατήρηση συγκεκριμένων επιθυμητών οικολογικών γνωρισμάτων του ποτάμιου συστήματος, που αφορούν είτε σε βιολογικά χαρακτηριστικά, είτε στο φυσικοχημικό του προφίλ ή ακόμα και στις μεταξύ τους σχέσεις [Aceman 2005].

Τα γνωρίσματα του ποτάμιου συστήματος αφορούν:

- ⇒ στα παρόχθια συστήματα στην πλημμυρική κοίτη, των οποίων η βιωσιμότητα και η υγεία εξαρτώνται από τη διαθέσιμη υγρασία και τα πλημμυρικά φαινόμενα, και
- ⇒ τα υγροτοπικά συστήματα στις περιοχές των εκβολών ή/και λιμνών

Οι κύριες παράμετροι που καθορίζουν την υγεία των παρόχθιων συστημάτων είναι:

- ποσότητα νερού
- στάθμη νερού
- πλημμυρικά φαινόμενα (εποχικότητα και διάρκεια), και
- στάθμη των υπογείων νερών.

Αντίστοιχα, οι κύριες παράμετροι που καθορίζουν την υγεία των υγροτοπικών συστημάτων είναι:

- όγκος νερού που εισέρχεται στον υγρότοπο
- εποχιακή μεταβολή της στάθμης του νερού στο υγροτοπικό σύστημα, και
- διάρκεια και η συχνότητα των πλημμυρικών φαινομένων.

Σύμφωνα με τα βιβλιογραφικά δεδομένα η υγεία των οικοσυστημάτων είναι δυνατόν να διατηρηθεί εφόσον τα βασικά χαρακτηριστικά της δίαιτας του ποταμού μετά από οποιαδήποτε επέμβαση (φράγμα, απόληψη κλπ) προσομοιάζουν (ή μιμούνται) τα βασικά χαρακτηριστικά της φυσικής δίαιτας του συστήματος (δίαιτα πριν από τις επεμβάσεις). Επιπλέον θεωρείται ότι τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του ποταμού αποτελούν καθοριστική παράμετρο για την υγεία και ανάπτυξη των ποτάμιων οικοσυστημάτων. Γενικά, με τον όρο οικολογική παροχή επιδιώκεται να απαντηθεί το ερώτημα «σε ποιο βαθμό είναι δυνατόν να τροποποιηθεί η ροή ενός ποταμού σε σχέση με τα φυσικά υδρολογικά της γνωρίσματα και στο πλαίσιο διαχείρισης των υδατινών πόρων για ανθρωπογενείς χρήσεις, έτσι ώστε να είναι δυνατόν να διατηρηθούν ταυτόχρονα τα σημαντικά οικολογικά γνωρίσματα του ποταμού».

Στο πλαίσιο αυτό και λόγω των αυξανόμενων παγκοσμίως τάσεων δημιουργίας έργων εκμετάλλευσης και διαχείρισης των γλυκών επιφανειακών νερών για την κάλυψη αρδευτικών, υδρευτικών ενεργειακών και λοιπών αναγκών, αναπτύχθηκαν ήδη από την δεκαετία του 1960 πολλές μεθοδολογίες εκτίμησης της ελάχιστης οικολογικής ή διατηρητέας παροχής.



Σύμφωνα με τα τελευταία διαθέσιμα βιβλιογραφικά δεδομένα έχουν καταγραφεί 207 μεθοδολογίες οι οποίες έχουν εφαρμοστεί σε 44 διαφορετικές χώρες [Thorne R., 2003].

Οι μεθοδολογίες αυτές μπορούν να χωριστούν σε 4 βασικές κατηγορίες μεθοδολογιών ανάλογα με την προσέγγιση που επιλέγεται, καθώς επίσης και το είδος τον όγκο την ποιότητα και τη διαθεσιμότητα των απαιτούμενων πρωτογενών δεδομένων, τον τρόπο επεξεργασίας τους, τις παραδοχές ως προς τα οικολογικά χαρακτηριστικά, αλλά και το χρόνο και το κόστος που απαιτούνται για τη διαμόρφωση των τελικών προτάσεων. Οι κατηγορίες αυτές παρουσιάζονται στις επόμενες ενότητες

## **7.2 Μεθοδολογίες που βασίζονται σε υδρολογικούς δείκτες**

### **7.2.1 Γενικά**

Οι μεθοδολογίες αυτές (Hydrological index methodologies) θεωρούνται ως οι πιο απλές, κυρίως λόγω της σχετικά εύκολης διαθεσιμότητας των απαραίτητων πρωτογενών υδρολογικών δεδομένων. Αφορούν στην επεξεργασία ιστορικών μηνιαίων ή ημερήσιων παροχών με στόχο τον καθορισμό της οικολογικής παροχής, Η οικολογική παροχή προκύπτει από το συσχετισμό παροχή – κατάσταση ενδαιτήματος ο οποίος έχει καθοριστεί από μετρήσεις ή/και παραδοχές σε άλλα ποτάμια συστήματα με ανάλογα υδρολογικά και βιολογικά χαρακτηριστικά. Τελευταία αναπτύσσονται πιο σύνθετες μέθοδοι με σκοπό την διατήρηση γενικά του ποτάμιου συστήματος σε αποδεκτά όρια σε μηνιαία εποχική και ετήσια βάση.

Στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν καταγραφεί 61 παγκοσμίως διαφορετικές προσεγγίσεις. Στην Ευρώπη και στις ΗΠΑ αποτελούν τις βασικές μεθόδους καθορισμού της οικολογικής παροχής. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι αποτελούν το 38% και το 26% αντίστοιχα των μεθόδων που χρησιμοποιούνται στις χώρες αυτές.

Οι κυριότερες από τις μεθοδολογίες αυτές που γενικά έχουν χρησιμοποιηθεί σε διάφορες χώρες ή/και χρησιμοποιούνται ευρέως σήμερα παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω

### **7.2.2 Μέθοδος Tennant (ή Montana)**

Αποτελεί την πιο διαδεδομένη μέθοδο η οποία παγκοσμίως έχει χρησιμοποιηθεί σε 25 χώρες και τη δεύτερη πιο διαδεδομένη μέθοδο στην Βόρεια Αμερική όπου χρησιμοποιείται ευρέως σε 16 πολιτείες ή επαρχίες.

Αναπτύχθηκε για τις δυτικές ΗΠΑ. Γενικά θεωρείται ότι η Ελάχιστη Οικολογική Παροχή θα πρέπει να είναι:

- 10% της Μέσης Ετήσιας Παροχής (ΜΕΠ ή ΜΑΡ) για την επιβίωση των ενδαιτημάτων
- 30% της μέσης ετήσιας για ικανοποιητική τους υγεία, και
- 60% - 100% της μέσης ετήσιας παροχής για παρθένα οικοσυστήματα.

Επίσης στην μέθοδο αυτή καθορίζεται το ποσοστό της Οικολογικής παροχής που πρέπει να αφήνεται στην χειμερινή και θερινή περίοδο για την διατήρηση καθορισμένου βαθμού ζωτικότητας των παρόχθιων ενδαιτημάτων. Τα προτεινόμενα ποσοστά αφορούν τα ενδαιτήματα της περιοχής για την οποία αναπτύχθηκε η μεθοδολογία αυτή.



Για την εφαρμογή της μεθόδου αυτής σε άλλες περιοχές έχουν γίνει αποδεκτές προσαρμογές ανάλογα με κατάλληλες οικολογικές παρατηρήσεις.

Στην Ισπανία για ποταμούς όπου τα διαθέσιμα στοιχεία είναι περιορισμένα καθορίζεται η ελάχιστη διατηρητέα παροχή ως το 10% της ΜΕΠ [Dakomro and de Bikuna 1993 in Tharne 2003] ενώ στην Πορτογαλία εφαρμόζεται ευρέως ποσοστό 2,5% – 5% της ΜΕΠ [Alves and Henriques 1994 in Tharne 2003].

### **7.2.3 Η μέθοδος Texas**

Αναπτύχθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1990 και θεωρείται ότι καλύπτει περισσότερο τα οικολογικά χαρακτηριστικά των περιοχών που εφαρμόστηκε.

Γενικά με τη μέθοδο αυτή δίνονται διαφορετικές μηνιαίες οικολογικές παροχές ανάλογα με τις απαιτήσεις των ειδών ψαριών που διαβιούν στο σύστημα (περίοδος ωοτοκίας, περίοδος επώασης κλπ). Αναφέρεται στη βιβλιογραφία ότι έχει εφαρμοστεί στην Πορτογαλία, Ισπανία Αυστραλία και Μεγάλη Βρετανία χωρίς όμως να αναφέρονται οι συγκεκριμένες τιμές παροχών που τελικά εφαρμόζονται.

### **7.2.4 Μέθοδος Ελάχιστης ετήσιας παροχής**

Ορίζεται ως ελάχιστη παροχή καθ' όλη την διάρκεια του έτους η μέση μηνιαία παροχή που εμφανίζεται το ξηρότερο μήνα του έτους, η οποία θεωρείται ότι επαρκεί για τη διαβίωση των ψαριών του ποτάμιου συστήματος.

### **7.2.5 Η μέθοδος της βασικής παροχής διατήρησης (Basic Maintenance Flow)**

Η μέθοδος έχει αναπτυχθεί και εφαρμοστεί την Ισπανία για την προσομοίωση της οικολογικής παροχής του ποταμού Ebro [Palau A., Alcazar J., 1996].

Στόχος της μεθόδου είναι να ορισθεί η βασική παροχή η οποία αντιπροσωπεύει το ελάχιστο όριο κάτω του οποίου οι υδρολογικές συνθήκες που καθορίζουν τη δυναμική των ενδαιτημάτων απειλούνται. Βασική παραδοχή της μεθόδου είναι η αρχή ότι οι οργανισμοί που διαβιούν στο ποτάμιο σύστημα έχουν προσαρμοστεί σε αυτό και κατά συνέπεια ο βιολογικός τους κύκλος και οι οικολογικές τους απαιτήσεις είναι προσαρμοσμένα στις εποχικές διακυμάνσεις της παροχής του ποτάμιου συστήματος. Έτσι, με το σκεπτικό αυτό οι οργανισμοί μπορούν να ανεχθούν εξαιρετικά χαμηλές παροχές μόνο για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (ανάλογα με το ποτάμιο σύστημα), η μέθοδος αυτή προσπαθεί να προσδιορίσει τη μέση διάρκεια και την τάξη μεγέθους των περιόδων με χαμηλή παροχή.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται είναι η εξής [Montero, J.A., 2007]:

- Αξιοποιούνται μέσες ημερήσιες παροχές 10-12 συνεχόμενων χρόνων ή μίας περιόδου η οποία μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι αρκετά μεγάλη ώστε να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα.
- Υπολογίζεται ο κυλιόμενος μέσος όρος για 100 συνεχόμενες τιμές κάθε χρόνου. Η αρχή του υδρολογικού έτους επιλέγεται ώστε να μη υπάρχουν περίοδοι χαμηλής παροχής στα άκρα των ετήσιων σειρών. Με τον τρόπο αυτό συμπεριλαμβάνεται το σύνολο των περιόδων με χαμηλή παροχή ενός υδρολογικού κύκλου (για τον Ebro ως αρχή του υδρολογικού έτους επιλέχθηκε ο Απρίλιος, ο οποίος είναι και ο μήνας με την υψηλότερη βιολογική δραστηριότητα).

- Υπολογίζονται οι ελάχιστες τιμές των κυλιόμενων μέσων όρων κάθε έτους και λαμβάνεται η μέση τιμή τους.
- Η Βασική παροχή αντιστοιχεί στην τιμή όπου εμφανίζεται το μέγιστο εύρος μεταξύ δύο συνεχόμενων μέσων τιμών.

Η προσέγγιση αυτή δείχνει τη δυνατότητα των ποτάμιων οικοσυστημάτων να ανεχτούν χαμηλές παροχές για συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Το 2002 η μέθοδος αυτή επαληθεύτηκε σχετικά με την επίδραση της βασικής ροής σε παραμέτρους όπως η ποιότητα των νερών η πρωτογενής παραγωγή, το μακροβένθος, τα ψάρια και η διαθεσιμότητα των ενδαιτημάτων των ψαριών. Στην περίπτωση του Ebro θεωρήθηκε απαραίτητη η διατήρηση ενός ελάχιστου βάθους ώστε να μη διαταραχθεί η κινητικότητα των ψαριών. Εφόσον η βασική παροχή δεν κάλυπτε της παράμετρο αυτή (ο έλεγχος έγινε με υδραυλικά μοντέλα) προστέθηκε επιπλέον παροχή για το σκοπό αυτό. Το σύνολο των παροχών αυτών είναι η απόλυτη ελάχιστη παροχή και ονομάζεται παροχή διατήρησης.

Βέβαια η παροχή αυτή θα πρέπει να συμπεριλάβει την εποχιακή διακύμανση των παροχών. Η εποχιακή διακύμανση μπορεί να χαρακτηριστεί με τη χρήση του συντελεστή της εποχιακής διακύμανσης ο οποίος ορίζεται ως το κλάσμα μεταξύ της μέσης μηνιαίας παροχής και της ελάχιστης μέσης μηνιαίας του έτους. Η απόλυτη ελάχιστη παροχή πολλαπλασιάζεται με το συντελεστή που προκύπτει για κάθε μήνα [Cesar Alcacer-Santos, IUCN Mediterranean Office, 2005].

Επιπλέον σε ορισμένα ευαίσθητα συστήματα τίθεται ένα επιπλέον κριτήριο, αυτό της μέσης ημερήσιας πλημμυρικής παροχής η οποία συνδέεται άμεσα με ορισμένα οικολογικά χαρακτηριστικά του συστήματος. Ο Montero για την Ισπανία προτείνει την μέση ημερήσια πλημμυρική παροχή με περίοδο επαναφοράς από 5 έως 7 χρόνια. Για τον υπολογισμό της προσαρμόζεται η θεωρητική κατανομή Gumbel σε δείγματα μεγίστων ετησίων ημερήσιων παροχών και τελικά υπολογίζονται οι πλημμυρικές παροχές για διάφορες περιόδους επαναφοράς

### **7.2.6 Ανάλυση βάσει της Καμπύλης διάρκειας Παροχής (Flow Duration Curve).**

Βάσει των ιστορικών (μέσων ημερήσιων ή μηνιαίων) δεδομένων κατασκευάζεται καμπύλη διάρκειας παροχής και από αυτή ορίζεται ως η ελάχιστη παροχή συνήθως η παροχή η οποία είναι ίση ή μεγαλύτερη από την παροχή με πιθανότητα υπέρβασης για ορισμένο ποσοστό του χρόνου (π.χ. 90 % η 95%).

Η μέθοδος αυτή αποτελεί τη δεύτερη πιο διαδεδομένη μέθοδο μετά τη μέθοδο Montana και εφαρμόζεται σε πάνω από 18 χώρες παγκοσμίως.

Στη Βουλγαρία, στην Αυστραλία και στην Ταϊβάν ως ελάχιστη παροχή προτείνεται ευρέως η παροχή  $Q_{95}$  (η παροχή με πιθανότητα υπέρβασης στο 95% του χρόνου), ενώ η παροχή  $Q_{90}$  έχει εφαρμοστεί στη Βραζιλία και στον Καναδά. Στην Βόρεια Αμερική και στην Ιταλία έχει επίσης εφαρμοστεί και η  $Q_{364}$  δηλαδή η παροχή η οποία είναι ίση η μεγαλύτερη από αυτή που εμφανίζεται 364 ημέρες το χρόνο. Στη Μεγάλη Βρετανία η μέθοδος αυτή αξιοποιείται επιπλέον για τον καθορισμό της κατάστασης των υδατικών επιφανειακών σωμάτων στο πλαίσιο της Εφαρμογής της Οδηγίας 60/2000. Στο πλαίσιο αυτό μετά από κατηγοριοποίηση των επιφανειακών σωμάτων όρισαν συγκεκριμένα όρια μεταβολής διαφόρων παροχών της για κάθε τύπο ποταμού με σκοπό τη διατήρηση της καλής οικολογικής κατάστασης του

υδάτινου σώματος. Οι βασικές προτάσεις που διαμορφώθηκαν στο πλαίσιο αυτό είναι οι εξής [WDF UK TAG, 2008]:

Για συστήματα υψηλής κατάστασης επιλέχθηκε η φυσικοποιημένη παροχή Q95 η οποία προκύπτει από στοιχεία 10 χρόνων και ορίσθηκε ότι για τη διατήρηση της υψηλής κατάστασης των ποτάμιων συστημάτων οι παροχές μεγαλύτερες από την Q95 μπορούν να μειωθούν έως και 10% ενώ παροχές μικρότερες της Q95 μπορούν να μειωθούν κατά 5%.

Για τη διατήρηση της καλής κατάστασης των ποτάμιων συστημάτων προτάθηκαν επιτρεπόμενα ποσοστά μεταβολής (λόγω απολήψεων) των φυσικοποιημένων παροχών τα οποία διαφοροποιούνται ανάλογα με το τύπο του ποταμού και τις εποχές. Συνοπτικά οι προτάσεις αυτές παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

**Επιτρεπόμενη μεταβολή των φυσικοποιημένων παροχών για τη διατήρηση ή/και επίτευξη της καλής κατάστασης των ποτάμιων συστημάτων στην Μεγάλη Βρετανία**

Παροχές F	Επιτρεπόμενο ποσοστό μεταβολής την περίοδο Απρίλιο- Οκτώβριο *	Επιτρεπόμενο ποσοστό μεταβολής την περίοδο Νοέμβριο- Δεκέμβριο*
Για F > Q <sub>60</sub>	20%-30%	25%-35%
Για F > Q <sub>70</sub>	15% - 25%	15% -30%
Για F > Q <sub>95</sub>	10%-20%	15%-25%
Για F < Q <sub>95</sub>	7.5%-15%	10%-20%

\*Δίνεται η διακύμανση των επιτρεπόμενων μεταβολών λόγω απολήψεων ανάλογα με τον τύπο του ποτάμιου συστήματος.

**7.2.7 Μέθοδος RVA (Range of Variability Approach)**

Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην βασική παραδοχή ότι οι υδρολογικές συνθήκες ενός ποτάμιου συστήματος καθορίζουν και τα οικολογικά χαρακτηριστικά του

Χρησιμοποιούνται 32 διαφορετικές υδρολογικές παράμετροι για την περιγραφή των υδρολογικών μεταβολών που συνδέονται άμεσα με την ποιότητα των οικοσυστημάτων. Ο συσχετισμός των υδρολογικών μεταβολών και των υδρολογικών παραμέτρων που αντιστοιχούν σε αυτές με τα χαρακτηριστικά των ενδιαιτημάτων παρατίθεται στον πίνακα που ακολουθεί

<b>Δείκτης υδρολογικής μεταβολής</b>	Εύρος των μηνιαίων υδρολογικών συνθηκών
<b>Υδρολογική παράμετρος</b>	Εξέταση μέση τιμής παροχής (m <sup>3</sup> /sec) για κάθε ημερολογιακό μήνα
<b>Οικολογική σημασία</b>	Διαθεσιμότητα βιοτόπου για υδρόβιους οργανισμούς, συνθήκες υγρασίας για παραποτάμιας; Φυτικές διαπλάσεις, διαθεσιμότητα νερού για χερσαία ζώα, δυνατότητα προσέγγισης περιοχών αναπαραγωγής υδρόβιας ορνιθοπανίδας από θηρευτές, επιδράσεις σε φυσικοχημικές παραμέτρους

<b>Δείκτης υδρολογικής μεταβολής</b>	Εύρος και διάρκεια ετησίων ακραίων υδρολογιών συνθηκών
<b>Υδρολογική παράμετρος</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Ελάχιστη μέση παροχή μίας ημέρας ,</li> <li>⇒ Ελάχιστη μέση παροχή 3-ημερών (σε διαδοχικά διαστήματα) κατ' έτος,</li> <li>⇒ Μέγιστη μέση παροχή 3-ημερών (σε διαδοχικά διαστήματα) κατ' έτος,</li> <li>⇒ Ελάχιστη μέση παροχή 7-ημερών (σε διαδοχικά διαστήματα) κατ' έτος,</li> <li>⇒ Μέγιστη μέση παροχή 7-ημερών (σε διαδοχικά διαστήματα) κατ' έτος,</li> <li>⇒ Ελάχιστη μέση παροχή 30-ημερών (σε διαδοχικά διαστήματα) κατ' έτος,</li> <li>⇒ Μέγιστη μέση παροχή 30-ημερών (σε διαδοχικά διαστήματα) κατ' έτος,</li> <li>⇒ Ελάχιστη μέση παροχή 90-ημερών (σε διαδοχικά διαστήματα) κατ' έτος,</li> <li>⇒ Μέγιστη μέση παροχή 90-ημερών (σε διαδοχικά διαστήματα) κατ' έτος</li> </ul>
<b>Οικολογική σημασία</b>	Διαδικασίες αποικισμού, διάρκεια ακραίων συνθηκών για διάφορες κατηγορίες οργανισμών (αφυδάτωση για τα ζώα), αναερόβιο στρες για τα φυτά, υψηλές συγκεντρώσεις χημικών, συνθήκες χαμηλής/υψηλής υγρασίας, χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου).
<b>Δείκτης υδρολογικής μεταβολής</b>	Χρονική περίοδος εμφάνισης των ετησίων ακραίων γεγονότων
<b>Υδρολογική παράμετρος</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Αύξων αριθμός ημέρας εμφάνισης της μέγιστης παροχής από την αρχή του έτους,</li> <li>⇒ Αύξων αριθμός ημέρας εμφάνισης της ελάχιστης παροχής από την αρχή του έτους</li> </ul>
<b>Οικολογική σημασία</b>	Σχέση με στάδια κύκλων ζωής διαφόρων οργανισμών, ερεθίσματα αναπαραγωγικής συμπεριφοράς, πρόσβαση σε συγκεκριμένους βιοτόπους
<b>Δείκτης υδρολογικής μεταβολής</b>	Συχνότητα και διάρκεια υψηλών και χαμηλών παροχών
<b>Υδρολογική παράμετρος</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Αριθμός υψηλών παροχών κατ' έτος,</li> <li>⇒ αριθμός χαμηλών παροχών κατ' έτος,</li> <li>⇒ μέση διάρκεια σε ημέρες των υψηλών παροχών εντός του έτους,</li> <li>⇒ μέση διάρκεια χαμηλών παροχών εντός του έτους</li> </ul>
<b>Οικολογική σημασία</b>	<p>Διάρκεια και εύρος συνθηκών υγρασίας για παραποτάμιες διαπλάσεις,</p> <p>Διάρκεια και εύρος αναερόβιου στρες, διάρκεια και έκταση συγκεκριμένων εποχιακών βιοτόπων (π.χ πλημμυρικών εκτάσεων), εδαφολογικά χαρακτηριστικά, πρόσβαση σε</p>

	συγκεκριμένους βιοτόπους, επίδραση στα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του συστήματος
<b>Δείκτης υδρολογικής μεταβολής</b>	Ρυθμός και συχνότητα αλλαγών στις υδρολογικές συνθήκες
<b>Υδρολογική παράμετρος</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Μέσος όρος όλων των θετικών διαφορών παροχής ανάμεσα σε διαδοχικές ημέρες,</li> <li>⇒ μέσος όρος όλων των αρνητικών διαφορών παροχής ανάμεσα σε διαδοχικές ημέρες,</li> <li>⇒ αριθμός περιόδων ανοδικής πορείας των παροχών (ανοδικοί κλάδοι υδρογραφήματος),</li> <li>⇒ αριθμός περιόδων καθοδικής πορείας των παροχών (καθοδικοί κλάδοι του υδρογραφήματος)</li> </ul>
<b>Οικολογική σημασία</b>	Συνθήκες ξηρασίας, πλημμυρικές συνθήκες

Στο πλαίσιο της μεθοδολογίας αυτής καθορίζεται το εύρος διακύμανσης των παραπάνω παραμέτρων και ορίζονται διαχειριστικοί κανόνες λειτουργίας, έτσι ώστε οι παράμετροι αυτές να κυμαίνονται εντός του εύρους αυτού. Για το καθορισμό της διακύμανσης των υδρολογικών παραμέτρων απαιτούνται ημερήσιες παροχές τουλάχιστον 20ετίας.

Σε πρώτη φάση εισάγονται οι διαχειριστικοί στόχοι για κάθε μία από τις 32 παραμέτρους και σε δεύτερη φάση εξάγονται οι κανόνες διαχείρισης για την επίτευξη των συγκεκριμένων στόχων. Είναι επιθυμητό να υπάρχει ένα μεγάλο εύρος ημερήσιων μετρήσεων της παροχής ακόμη και πέραν της εικοσαετίας καθώς επίσης οι μετρήσεις να περιλαμβάνουν τις χρονικές περιόδους πριν και μετά την ανθρωπογενή παρέμβαση. Σε αυτή την περίπτωση η ανάλυση διαχωρίζεται σε δύο χρονικές περιόδους την πρώτη περίοδο της βαθμονόμησης και τη δεύτερη της επαλήθευσης όπου μπορεί να ελεγχθεί η εφικτότητα πλήρωσης των οικολογικών στόχων.

Γενικά η μέθοδος αυτή έχει χρησιμοποιηθεί σε περίπου 30 περιπτώσεις στις ΗΠΑ και στον Καναδά. Επιπλέον στο πλαίσιο των Μελετών του ΥΠΑΝ για την Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών πόρων των υδατικών Διαμερισμάτων της χώρας έχει εφαρμοστεί πιλοτικά για τον Εύηνο [ΥΠΑΝ, 2008].

Εντάσσεται στην κατηγορία αυτή δεδομένου ότι στηρίζεται σε υδρολογικά στοιχεία όμως ο άμεσος συσχετισμός τους με χαρακτηριστικά των ενδαιτημάτων μπορεί να την κατατάξει και στην κατηγορία των μεθοδολογιών προσομοίωσης των ενδαιτημάτων που αναφέρονται παρακάτω.

Αναλυτική περιγραφή της μεθόδου δίνεται στην παράγραφο 7.2.7 όπου εφαρμόζεται για τις ανάγκες της παρούσας.

### **7.3 Μεθοδολογίες που βασίζονται σε υδραυλικούς δείκτες**

Οι προσεγγίσεις αυτές (Hydraulic rating methodologies) συσχετίζουν διάφορες παραμέτρους γεωμετρικών υδραυλικών χαρακτηριστικών ενός ποταμού με την παροχή και καθορίζουν την οικολογική παροχή. Ο καθορισμός αυτός γίνεται θεωρώντας ότι η παροχή που είναι απαραίτητη για τη διατήρηση των κύριων υδραυλικών γεωμετρικών χαρακτηριστικών σε

περιοχές όπου εμφανίζονται κρίσιμα ενδiciaτηματα, είναι επαρκής και για τα υπόλοιπα υδάτινα οικοσυστήματα του συστήματος.

Στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν καταγραφεί 23 μέθοδοι της κατηγορίας αυτής. Η κυριότερη μεθοδολογία της ομάδας αυτής αφορά στην Τεχνική της Υγρής Περιμέτρου η οποία αποτελεί την τρίτη πιο διαδομένη μέθοδο στη Βόρειο Αμερική. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στη θεώρηση ότι η κατάσταση του υδάτινου συστήματος συνδέεται άμεσα με την ποσότητα της υγρής περιμέτρου σε επιλεγμένες θέσεις κυρίως σε αβαθείς σχετικά περιοχές ή σε περιοχές με κρίσιμα οικολογικά χαρακτηριστικά και στην παραδοχή ότι η διατήρηση των περιοχών αυτών οδηγεί στην προστασία του συνολικού οικοσυστήματος του υδάτινου σώματος.

Χρησιμοποιούνται εμπειρικά μοντέλα συσχετισμού της υγρής περιμέτρου και της παροχής που συνίστανται στην κατασκευή της καμπύλης στάθμης-παροχής σε καθορισμένες θέσεις. Για τον καθορισμό της ελάχιστης παροχής θεωρείται η παροχή κάτω από την οποία η προαναφερθείσα καμπύλη εμφανίζει ριζική μεταβολή και η οποία πρακτικά αφορά στην παροχή η οποία μειούμενη κατά το ελάχιστο δίνει τη μεγαλύτερη μείωση της υγρής περιμέτρου.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι γενικά σε ρηχά και μεγάλου πλάτους ποτάμια η υγρή περίμετρος εμφανίζεται ιδιαίτερα κρίσιμη παράμετρος σε σχέση με ποτάμια που χαρακτηρίζονται από σχετικά μικρό πλάτος κοίτης και μεγαλύτερα βάθη [Acreman M., Dunbar J.M., 2004].

Οι μέθοδοι αυτές, εκτός από την Βόρειο Αμερική, έχουν χρησιμοποιηθεί στην Ευρώπη (Ιταλία, Πορτογαλία, και την Αυστραλία).

#### **7.4 Μεθοδολογίες προσομοίωσης ενδiciaτημάτων**

Οι μεθοδολογίες αυτές (Habitat simulation methodologies) αποτελούν τις δημοφιλέστερες μεθόδους μετά τις Υδρολογικές. Μέχρι σήμερα έχουν καταγραφεί παγκοσμίως 58 διαφορετικές μέθοδοι από τις οποίες όμως περίπου οι μισές αφορούν σε ad hoc εφαρμογές οι οποίες έχουν εφαρμοστεί ελάχιστες φορές στο παρελθόν. Γενικά με τις μεθόδους αυτές η οικολογική παροχή προκύπτει από την ανάλυση της ποιότητας και της καταλληλότητας των ενδiciaτημάτων συγκεκριμένων ειδών στόχων (κυρίως ψαριών) κάτω από διαφορετικές συνθήκες διαίτας, βάσει πρωτογενών στοιχείων υδρολογικών υδραυλικών και βιολογικών παραμέτρων.

Οι μεθοδολογίες αυτές έχουν εξελιχθεί με βάση τις προαναφερθείσες μεθοδολογίες και τεχνικές, που πραγματεύονται υδρολογικές και υδραυλικές παραμέτρους υδάτινων συστημάτων και έχουν αναπτυχθεί ως υπολογιστικά μοντέλα προσομοίωσης που διατίθενται με σχετικά καλή τεκμηρίωση.

Συνήθως οι μεταβολές των ενδiciaτημάτων σε σχέση με τις παροχές προσομοιώνονται χρησιμοποιώντας δεδομένα μίας ή περισσότερων υδραυλικών παραμέτρων σε διατομές του υπό μελέτη συστήματος (ταχύτητα, βάθος, υπόστρωμα πυθμένα κλπ). Τα αποτελέσματα που προκύπτουν δίνουν το συσχετισμό της ζωτικότητας ή/και των απαιτήσεων διατήρησης των ενδiciaτημάτων με την παροχή και χρησιμοποιούνται για τη διαμόρφωση της πρότασης για την οικολογική παροχή.

Οι κυριότερες μέθοδοι είναι η IFIM (Instream Flow Incremental Methodology) που περιλαμβάνει το μοντέλο Phabsim (Physical Habitat Simulation) καθώς και άλλες μεθοδολογίες παρόμοιου τύπου (π.χ. EVHA στη Γαλλία). Οι μεθοδολογίες αυτές απαιτούν



σημαντικό όγκο οικολογικών και υδρολογικών δεδομένων και μοντελοποίηση των ενδιαιτημάτων για συγκεκριμένες τιμές υδρολογικών ή/και υδραυλικών παραμέτρων (υπάρχουν στοιχεία μόνο για ορισμένα είδη ψαριών και ασπόνδυλων της κεντρικής Ευρώπης και της Γαλλίας), καθώς επίσης και μετρήσεις σε συγκεκριμένες διατομές ποταμών για διαφορετικές παροχές.

Η IFIM και το PHABSIM αναπτύχθηκαν στις ΗΠΑ και σήμερα χρησιμοποιούνται ευρέως σε πάνω από 38 πολιτείες ή επαρχίες της Βόρειας Αμερικής. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το 1998 έχουν καταγραφεί 616 εφαρμογές της μεθόδου αυτής. Εκτός της Βορείου Αμερικής έχουν καταγραφεί και εφαρμογές της μεθοδολογίας αυτής στην Πορτογαλία, στην Ιαπωνία, στην Τσεχοσλοβακία και στο Ηνωμένο Βασίλειο.

Ιδιαίτερη αναφορά θα πρέπει να γίνει στην προσπάθεια απλοποίησης των μοντέλων αυτών σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Στο πλαίσιο αυτό αναπτύχθηκε από το Laboratoire Quantitative της Cemagref της Λυών ένα στοχαστικό μοντέλο ποσοτικοποίησης της διαφοροποίησης των ενδιαιτημάτων σε σχέση με την παροχή (μοντέλο Estimhab: estimating instream habitat quality changes associated with river management) [Lamouroux N., 2000]. Ως βασικά δεδομένα εισόδου στο μοντέλο αυτό απαιτούνται 2 εποχικές μετρήσεις παροχής, της υγρής περιμέτρου και της μέσης στάθμης, καθώς επίσης και των βασικών χαρακτηριστικών του υποστρώματος του τμήματος που εξετάζεται. Με βάση τα στοιχεία αυτά συσχετίζεται γραφικά η παροχή με την ζωτικότητα των ενδιαιτημάτων διαφόρων ειδών ψαριών (πχ πέστροφες κυπρίνοι, γωβιοί κλπ) όπως μοντελοποιήθηκε με βάση δεδομένα πεδίου. Επιπλέον τα δεδομένα αυτά είναι δυνατόν να συσχετισθούν ευρύτερες περιοχές (Νησίδες) ενδιαιτημάτων που συντηρούν ευρείες ομάδες ειδών ψαριών όπως περιοχές με μέση ροή (που καλύπτει ενδιαιτήματα κυπρινοειδών), περιοχές με χειμαρρώδη ροή (που καλύπτει πολλά είδη σαλμονιδών) κλπ.

Τα αποτελέσματα που λαμβάνονται δίνουν το όριο της παροχής κάτω από την οποία η δυνητική ζωτικότητα των ενδιαιτημάτων συγκεκριμένων ειδών ψαριών μειώνεται σημαντικά. (προφανώς δεν λαμβάνονται υπόψη άλλες παράμετροι όπως θερμοκρασία και ποιότητα νερών που επηρεάζουν τα ενδιαιτήματα).

Επισημαίνεται ότι το μοντέλο αυτό όπως και τα λοιπά της κατηγορίας αυτής έχουν σχεδιαστεί για να περιγράψουν τις βιολογικές μεταβολές σε μικρές παροχές. Οι έρευνες πεδίου για την επαλήθευση του μοντέλου έδειξαν ότι τα σχετικά ποσοστά των ψαριών επηρεάζονται σημαντικά από τα υδραυλικά χαρακτηριστικά που αντιστοιχούν στις ελάχιστες μηνιαίες παροχές ή τις παροχές  $Q_{80}$ .

## **7.5 Μεθοδολογίες ολιστικής προσέγγισης**

Οι μεθοδολογίες αυτές (Holistic methodologies) αποτελούν τις πιο περίπλοκες από τις προαναφερθείσες μεθόδους. Και αφορούν πρακτικά στο συνδυασμό των παραπάνω μεθοδολογιών. Οι μέθοδοι αυτές απαιτούν πολλές μετρήσεις πεδίου και προγράμματα παρακολούθησης. Επιπλέον, δεν δίνουν συγκεκριμένη οικολογική παροχή αλλά επικεντρώνονται στον καθορισμό των επιπτώσεων από διαχειριστικά σενάρια και για το λόγο αυτό θεωρούνται ιδανικές για διαχειριστικές μελέτες και σχέδια.

Οι μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί και κυρίως αυτές που βασίζονται σε υδρολογικά δεδομένα ή και υδραυλικούς δείκτες συνήθως βασίζονται σε κάποιες παραδοχές οι οποίες θεωρείται ότι



καλύπτουν είτε ικανοποιητικά είτε λιγότερο ικανοποιητικά το σύνολο ή μέρος των προαναφερθεισών παραμέτρων που καθορίζουν την υγεία των ποταμιών οικοσυστημάτων. Οι παράμετροι αυτές εξετάζονται σε μεγαλύτερο βαθμό ή ακόμα και εξαντλητικά στις ολιστικές μεθόδους και στις μεθόδους προσομοίωσης των οικοσυστημάτων. Όμως για το σκοπό αυτό απαιτούνται αφενός σημαντικός αριθμός δεδομένων πεδίου που αφορούν βιολογικούς δείκτες ή και συγκεκριμένα είδη και αφετέρου επιστημονική έρευνα για τις σχέσεις διαφόρων υδρολογικών και υδραυλικών δεικτών (πλημμύρες, στάθμες κλπ.) με την υγεία των ενδιαιτημάτων του εξεταζόμενου ποτάμιου συστήματος.

Σήμερα έχει καταγραφεί η εφαρμογή 16 διαφορετικών μεθόδων που υπάγονται στην ομάδα αυτή κυρίως στην Αυστραλία, στη Νότιο Αφρική και στη Μεγάλη Βρετανία. Η πρώτη και πιο διαδεδομένη από αυτές είναι η Building Block Methodology η οποία αναπτύχθηκε στη Νότιο Αφρική όπου έχει εφαρμοστεί σε 15 περιπτώσεις. Η μέθοδος αυτή ξεκινά από την παραδοχή ότι τα είδη που συνδέονται με ένα ποτάμιο σύστημα μπορούν μεν να ανταπεξέλθουν ή/και να επιβιώσουν σε καθεστώς μειωμένης ροής όμως είναι άμεσα εξαρτημένα και από τις μεγαλύτερες παροχές που εμφανίζει το σύστημα. Επομένως είναι απαραίτητη η αναγνώριση των συνθηκών αυτών και η εξασφάλιση τους στο τροποποιημένο καθεστώς ροής.

Τα βασικά εξαγόμενα αποτελέσματα του μοντέλου είναι:

- οι προτεινόμενες μέγιστες και ελάχιστες μηνιαίες παροχές καθώς και οι προτεινόμενες διάρκειες αυτών, και
- οι ημερήσιες απαιτήσεις του υδάτινου όγκου για την κάλυψη των υδατικών αναγκών.

Τελευταία η εξέλιξη των μεθόδων αυτών στην Νότιο Αφρική οδήγησε στη δημιουργία μίας νέας προσέγγισης την DRIFT (Downstream Response to Imposed Flow Transformations), η οποία εξετάζει διαφορετικά σενάρια παροχών και χρήσεων νερού στα υδάτινα σώματα με τα αντίστοιχα οικονομικά και κοινωνικά αποτελέσματα και προσομοιάζει την αναμενόμενη κατάσταση των οικοσυστημάτων για κάθε ένα από αυτά. Η μέθοδος αυτή δεν δίνει συγκεκριμένα αποτελέσματα, αλλά χρησιμοποιείται ως εργαλείο παροχής των κατάλληλων πληροφοριών για τη λήψη αποφάσεων ανάπτυξης έργων αξιοποίησης υδατικών συστημάτων [CA Brown and A Joubert. Water SA Vol. 29 No. 4 October 2003]

## **7.6 Η ελάχιστη οικολογική παροχή στην Ελλάδα και σε άλλες χώρες**

Στην Ελλάδα η αντιμετώπιση της οικολογικής παροχής εμφανίζεται ως συνέπεια της εφαρμογής της ΚΥΑ 69269/5387/1990 με την οποία ενεργοποιήθηκε ο νόμος 1650/86 για το περιβάλλον. Στο πλαίσιο αυτό η οικολογική παροχή ορίζονταν ως ποσοστό της μέσης θερινής παροχής και σε ορισμένες περιπτώσεις λαμβάνοντας υπόψη τις κατάντη χρήσεις και απολήψεις.

Το 1999 το ΥΠΑΝ θέσπισε με Υπουργική απόφαση την υποχρέωση διάθεσης ελάχιστης παροχής ως υποχρέωση για την αδειοδότηση μικρών Υδροηλεκτρικών έργων. Η οικολογική παροχή καθορίστηκε ως το 30% της μέσης παροχής κατά τη θερινή περίοδο. Η κατεύθυνση αυτή εφαρμόστηκε ευρέως και σε άλλα έργα υδατικής αξιοποίησης.

Η πρακτική αυτή εξακολουθεί να εφαρμόζεται και σήμερα. Επίσης το ΥΠΑΝ στο πλαίσιο των Μελετών Διαχείρισης Υδατικών Πόρων που εκπόνησε για τα Υδατικά Διαμερίσματα της χώρας έθετε σαν υποχρέωση τη διαμόρφωση προτάσεων σχετικών με τον καθορισμό της οικολογικής παροχής στα υδατικά συστήματα χωρίς όμως να διευκρινίζει το πλαίσιο

ανάπτυξης τους. Έτσι οι προσεγγίσεις που προτάθηκαν για κάθε υδατικό διαμέρισμα (ή ομάδες υδατικών διαμερισμάτων) ήταν διαφορετικές ανάλογα με την ομάδα που ασχολήθηκε.

Όμως παρόλα αυτά αξίζει να επισημανθεί ότι σχεδόν το σύνολο των προτάσεων που προέκυψαν από τις μελέτες αυτές αφορούσαν κυρίως στην εφαρμογή υδρολογικών προσεγγίσεων είτε απλών είτε πιο περίπλοκων και σε ορισμένες περιπτώσεις προτάθηκε η εφαρμογή ολιστικών μεθόδων οι οποίες απαιτούν όμως την κατάστρωση ειδικών προγραμμάτων παρακολούθησης κυρίως των βιοτικών παραμέτρων και βιολογικών δεικτών.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για τα Υδατικά διαμερίσματα της Πελοποννήσου προτάθηκε ως Ελάχιστη Οικολογική Παροχή το 50% της μέσης Θερινής παροχής (ορίζοντας ότι ως θερινή απορροή θα πρέπει να λαμβάνεται η απορροή του τριμήνου Ιουλίου – Σεπτεμβρίου) και ότι για ρέματα διαλείπουσας ροής θα πρέπει να εφαρμόζεται το 5% της Μέσης Ετήσιας (λόγω μηδενικής θερινής παροχής).

Για το υδατικό διαμέρισμα της Δυτικής Ελλάδας εφαρμόστηκε στον Εύηνο πιλοτικά η μέθοδος RVA (βλέπε παρ. 7.2.7) από την οποία προέκυψαν προτάσεις που αφορούν μόνο στο συγκεκριμένο ποτάμιο σύστημα. Για τον Αχελώο η μελέτη παραπέμπει στην Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων για τα Έργα της ΔΕΗ η οποία φαίνεται να ήταν σε εξέλιξη της περιόδου εκείνη και προτείνει την εφαρμογή κάποιας ολιστικής μεθόδου.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι σήμερα με την Οδηγία 2000/60 τίθενται πρόσθετες απαιτήσεις οι οποίες φαίνεται να υπερκαλύπτουν τη βασική απαίτηση της οικολογικής παροχής όπως αυτή τουλάχιστον ορίζεται σήμερα. Οι απαιτήσεις αυτές συνοπτικά αφορούν

- στην κατάταξη των υδάτινων συστημάτων σε μία κατηγορία οικολογικής κατάστασης βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων που αφορούν υδρομορφολογικά, φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά
- στην υποχρέωση μη περαιτέρω υποβάθμισης των υδάτινων συστημάτων αλλά και την αναβάθμισή τους στην κατηγορία της καλής οικολογικής κατάστασης ή του καλού οικολογικού δυναμικού
- στην προστασία της οικολογικής ποιότητας η οποία επιτυγχάνεται μέσα από διαχειριστικά σχέδια και προτάσεις προγραμμάτων μέτρων, όπου αντικείμενο τους δεν είναι μόνο οι ποσότητες και οι χρήσεις αλλά και η οικολογική κατάσταση με βάση τα προαναφερθέντα κριτήρια.

Βέβαια, λαμβάνοντας υπόψη τη σημερινή κατάσταση δεν αναμένεται σύντομα να προχωρήσουν όλες οι κατάλληλες υποδομές και μελέτες που είναι απαραίτητες για την άμεση υλοποίηση των παραπάνω. Επομένως εκτιμάται ότι θα υπάρξει κάποια μεταβατική περίοδος κατά την οποία οι σημερινές προβλέψεις για την οικολογική παροχή θα συνεχίσουν να ισχύουν.

Μία πρώτη προσέγγιση για την υλοποίηση των απαιτήσεων της οδηγίας 2000/60 στην Μεγάλη Βρετανία παρουσιάστηκε ήδη παραπάνω (βλέπε παρ. 7.2.6) η οποία αποτελεί μέρος της γενικότερης μεθοδολογίας καθορισμού κριτηρίων που αναπτύσσεται σήμερα και περιλαμβάνει επιπλέον των προαναφερθέντων και κριτήρια για την ποιότητα και τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των υδάτινων σωμάτων.

Γενικότερα ο υπολογισμός της οικολογικής παροχής όπως έχει καθιερωθεί μέχρι σήμερα σε ορισμένες χώρες παρατίθεται στον Πίνακα που ακολουθεί [A.Palau, Limnetica, 25 (1-2):287-302,2006; Alves and Henriques 1994 in Tharne 2003].

Χώρα	Επικρατέστερη μέθοδος καθορισμού της Οικολογικής Παροχής
Ισπανία	10%-20% της μέσης Ετήσιας παροχής (βλέπε και παραπάνω στην παρ. 7.2.5 για την πιλοτική εφαρμογή στον π. Ebro)
Ιταλία	10% της ετήσιας απορροής και σε ορισμένες περιοχές ορίζεται ειδική παροχή ίση με 2l/s. km <sup>2</sup> (σε ορισμένες περιπτώσεις έχει καταγραφεί και η εφαρμογή της Q <sub>364</sub> δηλαδή η παροχή η οποία είναι ίση η μεγαλύτερη από αυτή που εμφανίζεται 364 ημέρες το χρόνο)
Ιρλανδία	1-10% της μέσης Ετήσιας παροχής
Μεγάλη Βρετανία (Αγγλία και Σκωτία)	Q <sub>347</sub> (παροχή ίση ή μεγαλύτερη από αυτή που εμφανίζεται το 95% του χρόνου κατά τη διάρκεια του έτους) (βλέπε και παραπάνω στην παρ. 7.2.6 για την νέα προτεινομένη προσέγγιση για τη διατήρηση της καλής οικολογικής κατάστασης)
Αυστρία	Q <sub>300</sub> (παροχή ίση ή μεγαλύτερη από αυτή που εμφανίζεται 300 ημέρες το χρόνο δηλαδή το 82% περίπου)
Γερμανία	30 -60% της μέσης ετήσιας παροχής
Καναδάς	25% της μέσης ετήσιας παροχής
Γαλλία	10% της μέσης ετήσιας για νέα έργα και 2,5%της μέσης ετήσιας για Υφιστάμενα
Πορτογαλία	2,5% – 5% της Μέσης Ετήσιας παροχής

## 8. Εφαρμογή των Μεθοδολογιών Εκτίμησης Οικολογικής Παροχής στο Στράτο

### 8.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο αξιοποιούνται οι φυσικοποιημένες παροχές που παρουσιάζονται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 6 με σκοπό την εφαρμογή των μεθόδων που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 7.

Από το σύνολο των μεθόδων που αναφέρονται στο Κεφάλαιο 7 είναι δυνατόν να εφαρμοστούν κυρίως οι μέθοδοι που βασίζονται σε υδρολογικά δεδομένα και οι οποίες μπορούν να δώσουν αξιόπιστα αποτελέσματα λόγω της πληθώρας των διαθέσιμων υδρολογικών στοιχείων για την περιοχή.

Η εφαρμογή κάποιας ολιστικής μεθόδου δεν ενδείκνυται στην παρούσα φάση αφού τελικά από την εφαρμογή των μεθόδων αυτών δεν προκύπτει κάποια συγκεκριμένη οικολογική παροχή αλλά εξετάζονται κυρίως οι επιπτώσεις από διάφορα διαχειριστικά σενάρια με σκοπό την παρακολούθηση αυτών με προγράμματα παρακολούθησης για την επιλογή του καταλληλότερου.

Για την εφαρμογή των υπολοίπων μεθόδων απαιτούνται στοιχεία με μετρήσεις πεδίου που αφορούν στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του Αχελώου σε χαρακτηριστικές θέσεις (Τεχνική της Υγρής Περιμέτρου – υδραυλική μέθοδος) αλλά και εποχιακές μετρήσεις παροχών, στάθμης και εκτιμήσεις του υποστρώματος του πυθμένα (για την εφαρμογή τουλάχιστον του απλοποιημένου μοντέλου προσομοίωσης ενδαιτημάτων). Βέβαια, η εφαρμογή του μοντέλου RVA μπορεί να θεωρηθεί ότι καλύπτει σε μεγάλο ποσοστό τις προαναφερθείσες μεθόδους, αφού οι υδρολογικές παράμετροι που εξετάζει συσχετίζονται άμεσα με τα βασικά χαρακτηριστικά και τις απαιτήσεις των ενδαιτημάτων (βλέπε παράγραφο 7.2.7). Έτσι δεδομένης της αξιοπιστίας των διαθέσιμων υδρολογικών δεδομένων, η τελική εκτίμηση που προκύπτει από την εφαρμογή της μεθόδου για τα υδρολογικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να διατηρηθούν ώστε οι επιπτώσεις στα ενδαιτήματα του Αχελώου να είναι περιορισμένες μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι αρκετά ασφαλής.

Σε ειδική παράγραφο (παρ. 8.2) εκτιμάται η οικολογική παροχή στις Εκβολές και στο Στράτο με τη μεθοδολογία που εφαρμόστηκε στις προγενέστερες μελέτες και τελικά θεσμοθετήθηκε (βλέπε Κεφάλαιο 3) όπου χρησιμοποιούνται τα δεδομένα των φυσικοποιημένων παροχών που προέκυψαν από την υδρολογική διερεύνηση της παρούσας (Κεφάλαιο 6).

Τέλος, επισημαίνεται ότι με βάση τις απαιτήσεις της οδηγίας 60/2000 και ανάλογα με την κατάσταση του συστήματος του Αχελώου και τους στόχους για τη διατήρηση της καλής οικολογικής κατάστασης του, που θα τεθούν σε εθνικό επίπεδο, οι απαιτήσεις για ελάχιστη οικολογική παροχή ενδέχεται να διαφοροποιηθούν. Σύμφωνα με τις προσεγγίσεις που είχαν γίνει για την πλήρη εφαρμογή των απαιτήσεων της οδηγίας 60/2000 είναι απαραίτητα βασικά βιολογικά στοιχεία που αφορούν στη σύνθεση και αφθονία της υδατικής χλωρίδας, της πανίδας και των βενθικών μακροασπόνδυλων καθώς επίσης και στην κατανομή κατά ηλικία της ιχθυοπανίδας [ΥΠΑΝ 2003 Συλλογή και αξιολόγηση των οικολογικών δεδομένων ποταμών και λιμνών για την Εφαρμογή της οδηγίας 2000/60 Τελική Έκθεση, ΥΠΑΝ 2003].

Στο πλαίσιο αυτό τα δεδομένα που παρατίθενται στην παρούσα σε συνδυασμό με τα στοιχεία που θα προκύψουν από την καταγραφή των βιολογικών στοιχείων που αναμένεται να υλοποιηθεί στο πλαίσιο εφαρμογής της οδηγίας μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για τους στόχους που θα τεθούν για τον Αχελώο και κατ' επέκταση για την κατάλληλη οικολογική παροχή που τελικώς θα προκριθεί. όμως, όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 7.6 δεν αναμένεται σύντομα να προχωρήσουν όλες οι κατάλληλες υποδομές και μελέτες που είναι απαραίτητες για την άμεση υλοποίηση των παραπάνω. Επομένως εκτιμάται ότι θα υπάρξει κάποια μεταβατική περίοδος κατά την οποία οι σημερινές προβλέψεις για την οικολογική παροχή θα συνεχίσουν να ισχύουν.

## 8.2 Εκτίμηση Ελάχιστης μηνιαίας παροχής πενταετίας

Αφορά στην οικολογική παροχή όπως αυτή υπολογίστηκε στις Μελέτες «Μελέτη για την Συνολική Εκτίμηση Αξιολόγηση και Αντιμετώπιση των Επιπτώσεων στο Φυσικό Περιβάλλον από την Εκτροπή του Αχελώου στη Θεσσαλία» (1995), και «Συμπληρωματική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων των έργων μερικής Εκτροπής ποταμού Αχελώου προς Θεσσαλία» (2002) (βλέπε κεφάλαιο 3.1), από τις οποίες προέκυψε η τελικά θεσμοθετημένη ισχύουσα οικολογική παροχή.

Για την εκτίμηση της μέσης μηνιαίας ελάχιστης φυσικοποιημένης παροχής πενταετίας:

- ⇒ Λαμβάνονται οι ελάχιστες μέσες μηνιαίες για κάθε έτος όπως προκύπτουν από τα στοιχεία της υδρολογικής διερεύνησης του Κεφαλαίου 6 και παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί

Ετη	Ελάχιστες μέσες Μηνιαίες παροχές (m <sup>3</sup> /sec)
1966-67	38,5
1967-68	24,3
1968-69	26,2
1969-70	26,1
1970-71	30,7
1971-72	35,5
1972-73	29,2
1973-74	29,7
1974-75	21,4
1975-76	24,9
1976-77	21,9
1977-78	25,4
1978-79	30,5
1979-80	29,2
1980-81	29,9
1981-82	28,2
1982-83	21,3
1983-84	29,2
1984-85	18,2
1985-86	24,0
1986-87	22,6
1987-88	21,8
1988-89	20,4
1989-90	17,5
1990-91	24,0

Ετη	Ελάχιστες μέσες Μηνιαίες παροχές (m <sup>3</sup> /sec)
1991-92	19,7
1992-93	20,5
1993-94	20,7
1994-95	38,4
1995-96	31,2
1996-97	20,1
1997-98	23,9
1998-99	24,0
1999-00	13,8
2000-01	25,2
2001-02	16,7
2002-03	29,9
2003-04	36,0
2004-05	34,0
2005-06	37,5
2006-07	28,6
2007-08	26,3

⇒ Οι τιμές αυτές κατατάσσονται κατά φθίνουσα σειρά και υπολογίζεται η περίοδος επαναφοράς πενταετίας με το τύπο

$$T = \frac{N + 1}{M}$$

Όπου

- T – είναι η περίοδος επαναφοράς
- N – είναι ο αριθμός παρατηρήσεων (42 στην περίπτωση αυτή)
- M – η σειρά κατάταξης της παροχής

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η μέση μηνιαία ελάχιστη παροχή πενταετίας είναι ίση με 30,5 m<sup>3</sup>/sec ήτοι ο συνολικός ετήσιος όγκος που θα πρέπει να καταλήγει στις Εκβολές πρέπει να είναι ίσος με 960 εκατ m<sup>3</sup>

Λαμβάνοντας υπόψη ο μέσος ετήσιος συνολικός όγκος που καταλήγει στις εκβολές από την ενδιάμεση λεκάνη όπως προκύπτει από τα υδρολογικά στοιχεία του κεφαλαίου 6 είναι ~200 εκατ m<sup>3</sup> τότε οι εκροές από το Στράτο Ι θα πρέπει να είναι 760 εκατ m<sup>3</sup> (δηλαδή 24 m<sup>3</sup>/sec)

### 8.3 Μέθοδος Tennant (ή Montana)

Όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 7.2.2 η οικολογική παροχή λαμβάνεται ως ποσοστό της μέσης ετήσιας. Το ποσοστό δε που ορίζεται σχετίζεται με του οικολογικούς στόχους που καθορίζονται για το σύστημα. Έτσι από τα στοιχεία των φυτικοποιημένων παροχών όπου προκύπτει ότι η μέση ετήσια παροχή στις εκβολές είναι 136,9 m<sup>3</sup>/sec συνάγονται τα εξής:

- ⇒ Το 10% της Μέσης Ετήσιας Παροχής που θεωρείται απαραίτητο βάσει της μεθόδου για την επιβίωση των ενδαιτημάτων είναι 13,7 m<sup>3</sup>/sec
- ⇒ Το 30% της μέσης ετήσιας που θεωρείται απαραίτητο για την ικανοποιητική υγεία των ενδαιτημάτων είναι 41,1 m<sup>3</sup>/sec, και

⇒ Για παρθένα οικοσυστήματα η παροχή να είναι μεγαλύτερη από 82,2 m<sup>3</sup>/sec που αντιστοιχεί στο 60% της μέσης ετήσιας φυσικοποιημένης παροχής.

Σημειώνεται ότι εφόσον ληφθεί υπόψη ο τρόπος που εφαρμόζεται η μέθοδος αυτή στην Πορτογαλία τότε η οικολογική παροχή είναι από 3,4 m<sup>3</sup>/sec – 6,8 m<sup>3</sup>/sec που αντιστοιχούν στο 2,5% και στο 5% της μέσης Ετήσιας Παροχής αντίστοιχα.

Οι παραπάνω παροχές για τη θέση Στράτος εμφανίζουν μια μικρή μείωση της τάξεως του 5%. Έτσι για τη θέση Στράτος οι παραπάνω τιμές εμφανίζονται ως εξής:

- ⇒ Μέση Ετήσια Παροχή 130,3 m<sup>3</sup>/sec
- ⇒ 2,5% της μέσης ετήσιας 3,3 m<sup>3</sup>/sec
- ⇒ 5% της μέσης ετήσιας 6,5 m<sup>3</sup>/sec
- ⇒ 10% της μέσης Ετήσιας 13 m<sup>3</sup>/sec
- ⇒ 30% της μέσης ετήσιας 39,1 m<sup>3</sup>/sec
- ⇒ 60% της μέσης ετήσιας 78,2 m<sup>3</sup>/sec

Η μέθοδος αν και έχει εφαρμοστεί ευρέως διεθνώς και στη χώρα μας, λόγω της απλότητας της, θεωρούμε ότι δεν περιγράφει και δεν αντιστοιχεί στα ιδιαίτερα υδρομετεωρολογικά χαρακτηριστικά της Ελλάδας, καθώς και τις συνθήκες απορροής. Η εμφάνιση ισχυρής ανισοκατανομής της βροχόπτωσης στο χρόνο, καθώς και η έντονη μηνιαία και ημερήσια μεταβολή της απορροής στα Ελληνικά ποτάμια δεν δικαιολογούν την υιοθέτηση της οικολογικής παροχής ως ποσοστό της μέσης ετήσιας απορροής. Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί σε χώρες, όπου εμφανίζεται σταθερότητα στις τιμές τουλάχιστον των μηνιαίων κατακρημνισμάτων.

#### **8.4 Μέθοδος Ελάχιστης ετήσιας παροχής**

Εφαρμόζοντας την μέθοδο αυτή προκύπτει ότι ο ξηρότερος μήνας του έτους είναι ο Αύγουστος με μέση μηνιαία παροχή 30,4 m<sup>3</sup>/sec. Για τη θέση Στράτος η παροχή αυτή είναι 29 m<sup>3</sup>/sec

#### **8.5 Η μέθοδος της βασικής παροχής διατήρησης (Basic Maintenance Flow)**

Όπως αναφέρεται στην παράγραφο 7.2.7 στόχος της μεθόδου είναι να ορισθεί η βασική παροχή η οποία αντιπροσωπεύει το ελάχιστο όριο κάτω του οποίου οι υδρολογικές συνθήκες που καθορίζουν τη δυναμική των ενδαιτημάτων απειλούνται. Στην εξέλιξη της μεθόδου στην παροχή αυτή προστέθηκαν και άλλες παράμετροι με σκοπό να καλυφθούν και άλλες πτυχές των χαρακτηριστικών των ενδαιτημάτων.

Για την εφαρμογή της μεθόδου στη θέση Στράτος και στις Εκβολές αξιοποιούνται τα στοιχεία των 42 ετών που προέκυψαν από την Υδρολογική Διερεύνηση που παρατίθεται στο Κεφάλαιο 6 και ακολουθούνται τα εξής βήματα.

- Υπολογίζεται ο κυλιόμενος μέσος όρος για 100 συνεχόμενες τιμές κάθε χρόνου με τον αλγόριθμο [Montero J.A., 2007]:



$$\mu_{p,s}^j = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^{k=s} q_{p+k-1}^j$$

όπου

- q: η ημερήσια παροχή
  - s: περίοδος από 1 έως 100
  - ρ: αριθμός ημέρας
  - j: έτος
- Από τον πίνακα που προκύπτει από την εφαρμογή της παραπάνω σχέσης λαμβάνονται οι ελάχιστες τιμές των κυλιόμενων μέσων όρων.
- Υπολογίζεται η βασική παροχή που αντιστοιχεί στην τιμή όπου εμφανίζεται το μέγιστο εύρος μεταξύ δύο συνεχόμενων παραπάνω ελαχίστων τιμών των κυλιόμενων μέσων όρων. Η παροχή αυτή για το Στράτο είναι **13,2 m<sup>3</sup>/sec** και για τις Εκβολές **14,06 m<sup>3</sup>/sec**.
- Με σκοπό να ληφθεί υπόψη η εποχιακή διακύμανση της παροχής στο ποταμό υπολογίζεται ο συντελεστής της εποχιακής διακύμανσης για κάθε μήνα ο οποίος ορίζεται ως το κλάσμα μεταξύ της μέσης μηνιαίας παροχής και της ελάχιστης μέσης μηνιαίας του έτους. Ο συντελεστής αυτός πολλαπλασιάζεται με την ελάχιστη παροχή που προαναφέρθηκε. Έτσι η τελική παροχή που ονομάζεται παροχή διατήρησης προκύπτει από τη σχέση:

$$Q_{MT} = Q_b \left( \frac{Q_{mesi}}{Q_{mesi,min}} \right)^{0.5}$$

όπου Q<sub>b</sub>: Η βασική ροή που υπολογίζεται στο πρώτο βήμα

Q<sub>mesi</sub>: Μέση μηνιαία παροχή

Q<sub>mesi,min</sub>: Μέση ελάχιστη μηνιαία παροχή

Από τα παραπάνω προκύπτουν για το Στράτο και τις Εκβολές οι παροχές που παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί

Μήνας	Παροχή Διατήρησης Θέση Στράτος (m <sup>3</sup> /sec)	Παροχή Διατήρησης Εκβολές (m <sup>3</sup> /sec)
<b>ΟΚΤ</b>	26.09	27.78
<b>ΝΟΕΜ</b>	26.07	27.77
<b>ΔΕΚ</b>	29.39	31.31
<b>ΙΑΝ</b>	32.23	34.35
<b>ΦΕΒ</b>	31.51	33.55
<b>ΜΑΡ</b>	27.26	29.04
<b>ΑΠΡΙΛ</b>	20.58	21.92

<b>ΜΑΙΟΣ</b>	21.43	22.82
<b>ΙΟΥΝΙΟΣ</b>	17.39	18.49
<b>ΙΟΥΛΙΟΣ</b>	16.62	17.70
<b>ΑΥΓ</b>	16.85	17.93
<b>ΣΕΠ</b>	20.17	21.44

Τέλος υπολογίζεται η μέση ημερήσια πλημμυρική παροχή με περίοδο επαναφοράς από 5 έως 7 χρόνια. Για τον υπολογισμό της προσαρμόζεται η θεωρητική κατανομή Gumbell σε δείγματα μέγιστων ετησίων ημερήσιων παροχών και τελικά υπολογίζονται οι πλημμυρικές παροχές για διάφορες περιόδους επαναφοράς. Για το σκοπό αυτό εξάγονται οι ετήσιες μέγιστες ημερήσιες παροχές και υπολογίζεται η μέση τιμή τους και η τυπική τους απόκλιση. Υπολογίζονται οι παράμετροι:

$$a = \frac{s\sqrt{6}}{\pi}$$

$$\text{και } u = \bar{x} - 0.5772a$$

όπου s η τυπική απόκλιση του δείγματος των ετησίων ημερησίων μέγιστων

και x η μέση τιμή του δείγματος

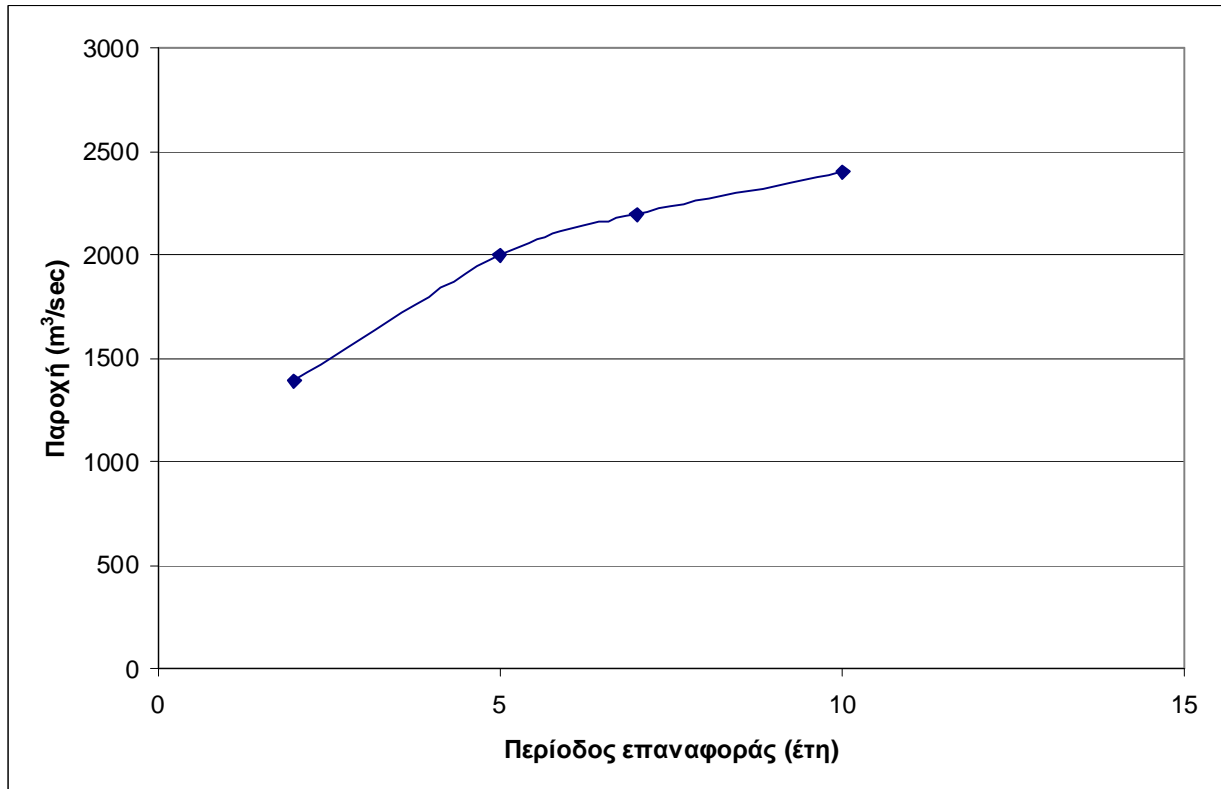
Η πλημμυρική παροχή για διάφορες περιόδους επαναφοράς δίνεται από τη σχέση:

$$X_T = u + a \left[ -\ln\left(\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right) \right]$$

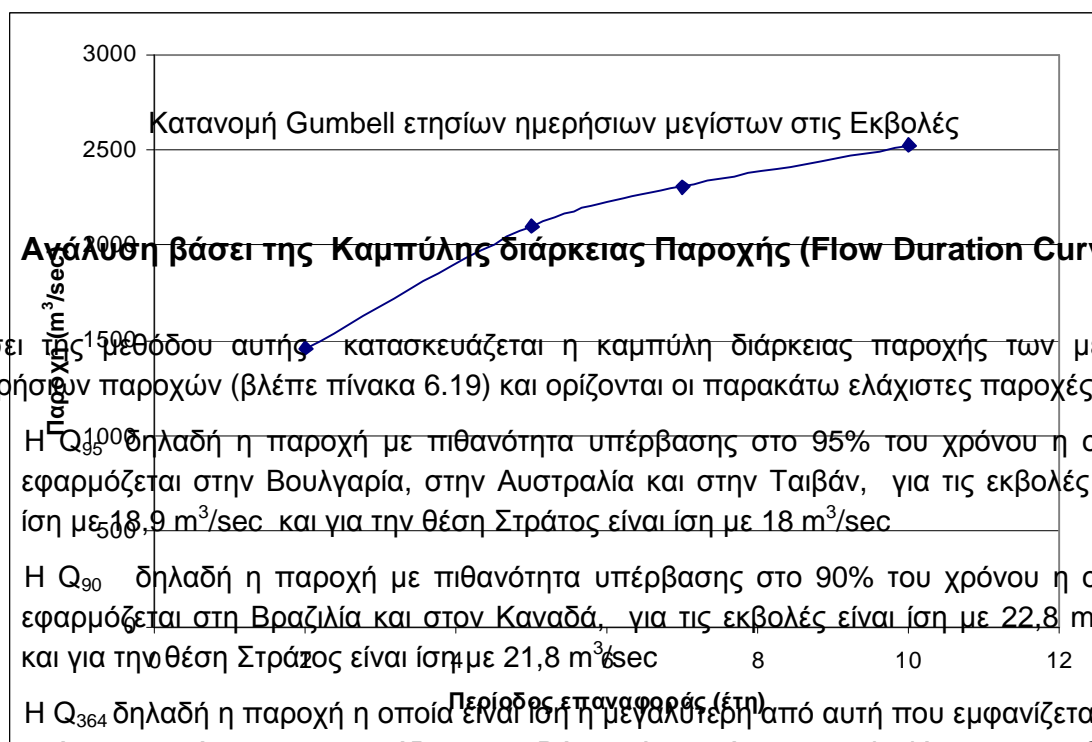
όπου T η περίοδος επαναφοράς σε έτη

u,a οι παράμετροι της κατανομής Gumbell

Η εφαρμογή των παραπάνω για το Στράτο και τις εκβολές δίνεται στα σχήματα που ακολουθούν



Κατανομή Gumbell ετησίων ημερήσιων μέγιστων στο Στράτο



### 8.6 Ανάλυση βάσει της Καμπύλης διάρκειας Παροχής (Flow Duration Curve).

Βάσει της μεθόδου αυτής κατασκευάζεται η καμπύλη διάρκειας παροχής των μέσων ημερήσιων παροχών (βλέπε πίνακα 6.19) και ορίζονται οι παρακάτω ελάχιστες παροχές

- ⇒ Η  $Q_{95}$  δηλαδή η παροχή με πιθανότητα υπέρβασης στο 95% του χρόνου η οποία εφαρμόζεται στην Βουλγαρία, στην Αυστραλία και στην Ταιβάν, για τις εκβολές είναι ίση με  $18,9 \text{ m}^3/\text{sec}$  και για την θέση Στράτος είναι ίση με  $18 \text{ m}^3/\text{sec}$
- ⇒ Η  $Q_{90}$  δηλαδή η παροχή με πιθανότητα υπέρβασης στο 90% του χρόνου η οποία εφαρμόζεται στη Βραζιλία και στον Καναδά, για τις εκβολές είναι ίση με  $22,8 \text{ m}^3/\text{sec}$  και για τη θέση Στράτος είναι ίση με  $21,8 \text{ m}^3/\text{sec}$
- ⇒ Η  $Q_{364}$  δηλαδή η παροχή η οποία εμφανίζεται από αυτή που εμφανίζεται 364 ημέρες το χρόνο και εφαρμόζεται στη Βόρεια Αμερική και στην Ιταλία, για τις εκβολές είναι ίση με  $14,4 \text{ m}^3/\text{sec}$  και για την θέση Στράτος είναι ίση με  $13,7 \text{ m}^3/\text{sec}$

Σχετικά με τα επιτρεπόμενα όρια μεταβολής διαφόρων παροχών για τη διατήρηση του υδάτινου σώματος που έχει αναπτυχθεί στη Μ. Βρετανία, οι αντίστοιχες παροχές στη θέση

Στράτος και το εύρος που προκύπτει εφαρμόζοντας τα καθορισμένα ποσοστά μεταβολής παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί

**Επιτρεπόμενη μεταβολή των φυσικοποιημένων παροχών για τη διατήρηση ή/και επίτευξη της καλής κατάστασης των ποτάμιων συστημάτων στην Μεγάλη Βρετανία - Εφαρμογή στις Εκβολές του Αχελώου και στο Στράτο**

Παροχές Q	Παροχή Στις Εκβολές	Παροχή στο Στράτο	Επιτρεπόμενο ποσοστό μεταβολής την περίοδο Απρίλιο- Οκτώβριο *	Επιτρεπόμενο ποσοστό μεταβολής την περίοδο Νοέμβριο- Δεκέμβριο*
F > Q <sub>60</sub>	>56,1	>53,4	20%-30%	25%-35%
F > Q <sub>70</sub>	>40,4	>38,5	15% - 25%	15% -30%
F > Q <sub>95</sub>	>18,9	>18	10%-20%	15%-25%
F < Q <sub>95</sub>	<18,9	<18	7.5%-15%	10%-20%

\*Δίνεται η διακύμανση των επιτρεπόμενων μεταβολών λόγω απόληψης ανάλογα με τον τύπο του ποτάμιου συστήματος.

**8.7 Μέθοδος RVA (Range of Variability Approach)**

Εφαρμόζεται η μέθοδος που περιγράφεται στο κεφάλαιο 7.2.7. Για την εφαρμογή της μεθόδου χρησιμοποιείται το ειδικό μαθηματικό ομοίωμα Indicators of hydrologic alteration IHA, Range of Variability Approach RVA version 7 το οποίο αναπτύχθηκε από την Nature Conservancy το 2005

Τα βασικά δεδομένα εισαγωγής στο μαθηματικό ομοίωμα είναι οι μέσες ημερήσιες φυσικοποιημένες παροχές που προέκυψαν από την Υδρολογική Διερεύνηση που παρατίθεται στο κεφάλαιο 6.

Όσον αφορά στον καθορισμό των διαχειριστικών στόχων δηλαδή της αποδεκτής διακύμανσης των διαφόρων υδρολογικών μεγεθών ο οποίος απαιτείται για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων επιλέγεται:

- ⇒ είτε εύρος για κάθε υδρολογική παράμετρο μεταξύ της μέσης τιμής και των μεγεθών που ορίζουν τα όρια των τιμών που βρίσκονται πάνω από το 25% των μετρήσεων και κάτω από το 75% των μετρήσεων, δηλαδή τα όρια του 25<sup>ου</sup> και 75<sup>ου</sup> τεταρτημορίου των μετρήσεων,
- ⇒ είτε το εύρος μεταξύ της μέσης τιμής και των άνω και κάτω ορίων που καθορίζονται από την μέση τιμή συν/πλην την τυπική της απόκλιση.

Στην προηγούμενη εφαρμογή της μεθοδολογίας στη χώρα μας για τη λεκάνη απορροής του Ευήνου Ποταμού το εύρος για κάθε παράμετρο τέθηκε μεταξύ της μέσης τιμής και των ορίων του 25<sup>ου</sup> και 75<sup>ου</sup> τεταρτημορίου.

Σε ανάλογες εφαρμογές στην Αμερική από τον Richter (π.χ ποταμός Roanoke) το εύρος τέθηκε μεταξύ της μέσης τιμής και των ορίων μέση τιμή συν/πλην την τυπική απόκλιση.

Στην παρούσα λόγω της φύσης των υδρομετεωρολογικών μεταβλητών που καθορίζονται από την έντονη εποχική μεταβλητότητα τέθηκαν ανάλογοι στόχοι με αυτούς που προτείνει ο Richter.

Παρακάτω δίνονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων και τα όρια των αποδεκτών τιμών για τις υδρολογικές παραμέτρους που εξετάστηκαν για το Στράτο και για τις Εκβολές του Αχελώου σε σχέση με την οικολογική σημασία της κάθε ομάδας αυτών

### 8.7.1 Εύρος των μηνιαίων υδρολογικών συνθηκών

Όπως αναφέρεται και στην παράγραφο 7.2.7 οι μηνιαίες υδρολογικές συνθήκες ενός συστήματος επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα του υδροβιότοπου για υδρόβιους οργανισμούς, εξασφαλίζουν τις κατάλληλες συνθήκες υγρασίας στις παραποτάμιες περιοχές

Για την εξασφάλιση των παραπάνω στις εκβολές και στο Στράτο οι μέσες μηνιαίες τιμές που προκύπτουν και το επιτρεπόμενο εύρος αυτών παρατίθεται στους πίνακες που ακολουθούν

#### ΕΚΒΟΛΕΣ

Μήνας	Παροχή (m <sup>3</sup> /sec)	Κάτω όριο απαιτούμενης παροχής (m <sup>3</sup> /sec)	Άνω όριο απαιτούμενης παροχής (m <sup>3</sup> /sec)
Ιανουάριος	219.70	95.30	344.10
Φεβρουάριος	235.20	123.30	347.10
Μάρτιος	215.40	121.90	308.90
Απρίλιος	207.80	142.20	273.40
Μάιος	129.60	82.10	177.10
Ιούνιος	62.60	46.10	79.10
Ιούλιος	39.30	31.70	46.90
Αύγουστος	30.40	23.80	37.00
Σεπτέμβριος	32.10	18.30	45.90
Οκτώβριος	65.20	16.30	114.1
Νοέμβριος	147.80	70.10	225.50
Δεκέμβριος	261.80	117.10	406.50

**ΣΤΡΑΤΟΣ**

Μήνας	Παροχή (m <sup>3</sup> /sec)	Κάτω όριο απαιτούμενης παροχής (m <sup>3</sup> /sec)	Άνω όριο απαιτούμενης παροχής (m <sup>3</sup> /sec)
Ιανουάριος	209.2	90.80	327.60
Φεβρουάριος	224.00	117.50	330.50
Μάρτιος	205.10	116.10	294.10
Απρίλιος	197.90	135.50	260.30
Μάιος	123.40	78.10	168.70
Ιούνιος	59.70	44.00	75.40
Ιούλιος	37.40	30.20	44.60
Αύγουστος	29.00	22.70	35.30
Σεπτέμβριος	30.60	17.50	43.70
Οκτώβριος	62.10	15.50	108.70
Νοέμβριος	140.80	66.80	214.80
Δεκέμβριος	249.30	111.50	387.10

**8.7.2 Εύρος και διάρκεια ετησίων ακραίων υδρολογικών συνθηκών**

Όπως αναφέρεται και στην παράγραφο 7.2.7 οι παράμετροι αυτές επιδρούν στις διαδικασίες αποικισμού, στην διάρκεια ακραίων συνθηκών για διάφορες κατηγορίες οργανισμών (αφυδάτωση για τα ζώα), στον αναερόβιο στρες για τα φυτά, στις υψηλές συγκεντρώσεις χημικών, και καθορίζουν τις συνθήκες χαμηλής/υψηλής υγρασίας καθώς επίσης και τις χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου.

Οι τιμές και το εύρος που προκύπτουν για τις εκβολές του Αχελώου και για το Στράτο για τις υδρολογικές παραμέτρους της ομάδας αυτής παρατίθενται παρακάτω

**ΕΚΒΟΛΕΣ**

Παράμετρος	Μέση τιμή (m <sup>3</sup> /sec)	Κάτω όριο μέσης τιμής (m <sup>3</sup> /sec)	Άνω όριο μέσης τιμής (m <sup>3</sup> /sec)
Ελάχιστη παροχή 1 ημέρας	13.99	10.95	17.04
Ελάχιστη παροχή 3 διαδοχικών ημερών	16.91	13.41	20.42
Ελάχιστη παροχή 7 διαδοχικών ημερών	18.94	14.67	23.21

Παράμετρος	Μέση τιμή (m <sup>3</sup> /sec)	Κάτω όριο μέσης τιμής (m <sup>3</sup> /sec)	Άνω όριο μέσης τιμής (m <sup>3</sup> /sec)
Ελάχιστη παροχή 30 διαδοχικών ημερών	23.94	18.32	29.55
Ελάχιστη παροχή 90 διαδοχικών ημερών (m <sup>3</sup> /sec)	32.04	20.14	43.95
Μέγιστη παροχή μίας ημέρας)	1556.36	828.21	2284.51
Μέγιστη παροχή 3 διαδοχικών ημερών	1064.81	632.60	1497.03
Μέγιστη παροχή 7 διαδοχικών ημερών	724.35	451.24	997.45
Μέγιστη παροχή 30 διαδοχικών ημερών	393.43	270.95	515.92
Μέγιστη παροχή 90 διαδοχικών ημερών (m <sup>3</sup> /sec)	282.93	197.79	368.07
Αριθμός ημερών με μηδενική παροχή	0		

**ΣΤΡΑΤΟΣ**

Παράμετρος	Μέση τιμή (m <sup>3</sup> /sec)	Κάτω όριο μέσης τιμής (m <sup>3</sup> /sec)	Άνω όριο μέσης τιμής (m <sup>3</sup> /sec)
Ελάχιστη παροχή 1 ημέρας	13.32	10.42	16.22
Ελάχιστη παροχή 3 διαδοχικών ημερών	16.1	12.76	19.44
Ελάχιστη παροχή 7 διαδοχικών ημερών	18.03	13.97	22.10
Ελάχιστη παροχή 30 διαδοχικών ημερών	22.79	17.45	28.13



Παράμετρος	Μέση τιμή (m <sup>3</sup> /sec)	Κάτω όριο μέσης τιμής (m <sup>3</sup> /sec)	Άνω όριο μέσης τιμής (m <sup>3</sup> /sec)
Ελάχιστη παροχή 90 διαδοχικών ημερών (m <sup>3</sup> /sec)	30.51	19.17	41.85
Μέγιστη παροχή 1 ημέρας)	1482	788.50	2175.50
Μέγιστη παροχή 3 διαδοχικών ημερών	1014.03	602.41	1425.65
Μέγιστη παροχή 7 διαδοχικών ημερών	689.90	429.73	950.07
Μέγιστη παροχή 30 διαδοχικών ημερών	374.70	258.05	749.40
Μέγιστη παροχή 90 διαδοχικών ημερών	269.46	188.37	350.55
Αριθμός ημερών με μηδενική παροχή	0		

### **8.7.3 Χρονική περίοδος εμφάνισης των ετησίων ακραίων γεγονότων**

Αφορά στον αύξοντα αριθμό της ημέρας εμφάνισης της μέγιστης και της ελάχιστης παροχής από την αρχή του έτους και σχετίζεται κυρίως με την αναπαραγωγική διαδικασία και στάδια κύκλων ζωής των οργανισμών, καθώς επίσης και την εξασφάλιση της πρόσβασης σε υγροβιοτόπους.

Οι τιμές που προκύπτουν για τις εκβολές του Αχελώου και το Στράτο

- ⇒ Η 362<sup>η</sup> ημέρα του έτους δηλαδή η 28/12 είναι η ημέρα εμφάνισης της μέγιστης παροχή από την αρχή του έτους
- ⇒ Η 274<sup>η</sup> ημέρα του υδρολογικού έτους δηλαδή 1/10 είναι η ημέρα εμφάνισης ελάχιστης ροής από την αρχή του έτους

Όπως προκύπτει και από τις μέσες ημερήσιες τιμές πράγματι οι ελάχιστες παροχές εμφανίζονται κυρίως το Σεπτέμβριο και τον Οκτώβριο.

### **8.7.4 Συχνότητα και διάρκεια υψηλών και χαμηλών παροχών**

Επηρεάζει τις συνθήκες υγρασίας του εδάφους, τη διαθεσιμότητα των κατακλυζόμενων ενδαιτημάτων για την τους υδρόβιους οργανισμούς την πρόσβαση των υδρόβιων πτηνών σε

περιοχές αναπαραγωγής και τροφής, καθώς επίσης και την βασικά χαρακτηριστικά της στερεομεφοράς και τις μεταφορές θρεπτικών συστατικών στο σύστημα.

Οι τιμές που προκύπτουν για τις εκβολές του Αχελώου είναι:

Κατώφλι χαμηλής παροχής (m <sup>3</sup> /sec)	35.4
Αριθμός εμφάνισης χαμηλής παροχής	18.8
Ημέρες συνεχούς εμφάνισης χαμηλής παροχής	5.2
Κατώφλι υψηλής παροχής (m <sup>3</sup> /sec)	313.6
Αριθμός εμφάνισης υψηλής παροχής	9.7
Ημέρες συνεχούς εμφάνισης υψηλής παροχής	3.1

Οι Τιμές που προκύπτουν για το Στράτο είναι

Κατώφλι χαμηλής παροχής (m <sup>3</sup> /sec)	33.7
Αριθμός εμφάνισης χαμηλής παροχής	18.8
Ημέρες συνεχούς εμφάνισης χαμηλής παροχής	5.2
Κατώφλι υψηλής παροχής (m <sup>3</sup> /sec)	298.7
Αριθμός εμφάνισης υψηλής παροχής	9.7
Ημέρες συνεχούς εμφάνισης υψηλής παροχής	3.1

#### **8.7.5 Αξιολόγηση - Συμπεράσματα**

Για την αξιολόγηση των παραπάνω είναι απαραίτητο να συγκριθούν οι προτεινόμενες προαναφερθείσες συνθήκες τα παραπάνω με τις συνθήκες λειτουργίας του Στράτου. Μια τέτοια προσέγγιση επιχειρείται παρακάτω με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία λειτουργίας και τις προτάσεις που προκύπτουν για το Στράτο από την εφαρμογή του μαθηματικού ομοιώματος.

Επισημαίνεται ότι εφόσον καλύπτονται οι προτεινόμενες συνθήκες στο Στράτο εκτιμάται ότι θα καλύπτονται και στις Εκβολές λόγω της συνεισφοράς σε νερό της ενδιάμεσης λεκάνης

**Εύρος των μηνιαίων υδρολογικών συνθηκών**

Από τα αναλυτικά δελτία λειτουργίας του Στράτου Ι για τα έτη 2006 -2008 προκύπτουν οι παρακάτω μέσες μηνιαίες τιμές [οι τιμές οι οποίες αποκλίνουν από τα αποτελέσματα του μαθηματικού ομοιώματος σημειώνονται με σκιαγράφηση των κελιών τους]

	Μέση Παροχή (m <sup>3</sup> /sec)	Κάτω όριο απαιτούμενης παροχής (m <sup>3</sup> /sec)	Άνω όριο απαιτούμενης παροχής (m <sup>3</sup> /sec)	Παροχή στο Στράτο (m <sup>3</sup> /sec)		
				2006	2007	2008
Ιανουάριος	209,2	90,8	327,6	442,24	206,05	120,37
Φεβρουάριος	224	117,5	330,5	328,84	181,13	158,27
Μάρτιος	205,1	116,1	294,1	362,46	100,50	61,79
Απρίλιος	197,9	135,5	260,3	292,92	132,80	112,93
Μάιος	123,4	78,1	168,7	242,57	161,66	67,78
Ιούνιος	59,7	44	75,4	140,64	160,50	77,16
Ιούλιος	37,4	30,2	44,6	132,78	138,67	116,54
Αύγουστος	29	22,7	35,3	175,61	79,41	8,37
Σεπτέμβριος	30,6	17,5	43,7	158,42	63,09	82,12
Οκτώβριος	62,1	15,5	108,7	209,89	34,50	NA*
Νοέμβριος	140,8	66,8	214,8	247,02	87,53	114,09
Δεκέμβριος	249,3	111,5	387,1	246,98	103,65	129,29

\*Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία

**Εύρος και διάρκεια ετησίων ακραίων υδρολογικών συνθηκών**

Παράμετρος	Μέση τιμή (m <sup>3</sup> /sec)	Κάτω όριο μέσης τιμής (m <sup>3</sup> /sec)	Άνω όριο μέσης τιμής (m <sup>3</sup> /sec)	Παροχή στο Στράτο (m <sup>3</sup> /sec)		
				2006	2007	2008
Ελάχιστη παροχή 1 ημέρας	13,32	10,42	16,22	0,00	0,00	0,00
Ελάχιστη παροχή 3 διαδοχικών ημερών	16,1	12,76	19,44	0,00	0,00	Δεν υπολογίστηκε λόγω απουσίας δεδομένων για τον Οκτώβριο
Ελάχιστη παροχή 7 διαδοχικών ημερών	18,03	13,97	22,10	38,00	0,00	
Ελάχιστη παροχή 30 διαδοχικών ημερών	22,79	17,45	28,13	126,00	20,00	
Ελάχιστη παροχή 90 διαδοχικών ημερών (m <sup>3</sup> /sec)	30,51	19,17	41,85	148,00	57,00	
Μέγιστη παροχή 1 ημέρας	1482	788,50	2175,50	2731,00	375,00	1167,00
Μέγιστη παροχή 3 διαδοχικών ημερών	1014,03	602,41	1425,65	1299,00	329,00	Δεν υπολογίστηκε λόγω απουσίας δεδομένων για τον Οκτώβριο
Μέγιστη παροχή 7 διαδοχικών ημερών	689,90	429,73	950,07	794,00	305,00	
Μέγιστη παροχή 30 διαδοχικών ημερών	374,70	258,05	749,40	457,00	213,00	

Παράμετρος	Μέση τιμή (m <sup>3</sup> /sec)	Κάτω όριο μέσης τιμής (m <sup>3</sup> /sec)	Άνω όριο μέσης τιμής (m <sup>3</sup> /sec)	Παροχή στο Στράτο (m <sup>3</sup> /sec)		
				2006	2007	2008
Μέγιστη παροχή 90 διαδοχικών ημερών	269,46	188,37	350,55	383,00	162,00	
Αριθμός ημερών με μηδενική παροχή	0			5	34	

### 8.8 Λοιπές θεωρήσεις

Με βάση τις εφαρμοζόμενες πρακτικές σε διαφορές χώρες όπως αυτές παρουσιάστηκαν συνοπτικά στον πίνακα της παραγράφου 7.6 έχουν υπολογιστεί διάφορα ποσοστά της Μέσης Ετήσιας Παροχής στη θέση Στράτος. που παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί

Χώρα	Επικρατέστερη μέθοδος καθορισμού της Οικολογικής Παροχής	Παροχή Στη θέση Στράτος (m <sup>3</sup> /sec)	Παροχή στις Εκβολές (m <sup>3</sup> /sec)
Ισπανία	10%-20% της μέσης Ετήσιας παροχής	13 -26,1	13,7-27,4
Ιταλία	10% της ετήσιας απορροής και σε ορισμένες περιοχές ορίζεται ειδική παροχή ίση με 2l/s. km <sup>2</sup> (σε ορισμένες περιπτώσεις έχει καταγραφεί και η εφαρμογή της Q <sub>364</sub> δηλαδή η παροχή η οποία είναι ίση η μεγαλύτερη από αυτή που εμφανίζεται 364 ημέρες το χρόνο)	13,0	13,7
Ιρλανδία	1-10% της μέσης Ετήσιας παροχής	1,3- 13,0	1,4 -13,7
Μεγάλη Βρετανία (Αγγλία και Σκωτία)	Q <sub>347</sub> (παροχή ίση ή μεγαλύτερη από αυτή που εμφανίζεται το 95% του χρόνου κατά τη διάρκεια του έτους) (βλέπε και παραπάνω στην παρ. 7.2.6 για την νέα προτεινομένη προσέγγιση για τη διατήρηση της καλής οικολογικής κατάστασης)	18	18,9
Αυστρία	Q <sub>300</sub> (παροχή ίση ή μεγαλύτερη από αυτή που εμφανίζεται 300 ημέρες το χρόνο ήτοι το 82% περίπου	27,4	28,7

Χώρα	Επικρατέστερη μέθοδος καθορισμού της Οικολογικής Παροχής	Παροχή Στη θέση Στράτος (m <sup>3</sup> /sec)	Παροχή στις Εκβολές (m <sup>3</sup> /sec)
	κατά τη διάρκεια του χρόνου)		
Γερμανία	30 -60% της μέσης ετήσιας παροχής	39,1 -78,2	41,1-82,1
Καναδάς	25% της μέσης ετήσιας παροχής	32,6	34,2
Γαλλία	10% της μέσης ετήσιας για νέα έργα και 2,5%της μέσης ετήσιας για Υφιστάμενα	13 για νέα έργα 3,3 για υφιστάμενα	13,7 για νέα έργα 3,4 για υφιστάμενα
Πορτογαλία	2,5% – 5% της Μέσης Ετήσιας παροχής	3,3 – 6,5	3,4 – 6,8

Επιπλέον των παραπάνω και δεδομένου ότι έχει ήδη προταθεί για το υδατικό διαμερίσματα της Πελοποννήσου ως Ελάχιστη Οικολογική Παροχή το 50% της μέσης Θερινής παροχής (Ιούλιος – Σεπτέμβριος) (βλέπε παράγραφο 7.6), η εφαρμογή της πρότασης αυτής για το Στράτο και τις Εκβολές δίνει ως ελάχιστη Οικολογική Παροχή 16,1 m<sup>3</sup>/sec και 16,9 m<sup>3</sup>/sec αντίστοιχα.

## 9. Αξιολόγηση – Συμπεράσματα – Προτάσεις

Από τις αναλύσεις των μεθόδων και τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 8 προκύπτουν τα παρακάτω βασικά συμπεράσματα και προτάσεις.

- 1 Όσον αφορά στις μεθόδους και στην εφαρμογή αυτών που βασίζονται στην καμπύλη διάρκειας παροχής των φυσικοποιημένων παροχών και καθορίζουν ως οικολογική παροχή την παροχή που εμφανίζεται με πιθανότητα υπέρβασης για ορισμένο ποσοστό του χρόνου (συνήθως 90% - Βραζιλία, Καναδάς, 95% - Βουλγαρία, Αυστραλία, Ταιβαν και 99% - Βόρεια Αμερική, Ιταλία) λόγω των σημαντικών χαρακτηριστικών των οικοσυστημάτων του Αχελώου θα μπορούσε να είναι αποδεκτή η πιο συντηρητική από επιτευχθούν ορισμένα υδρολογικά χαρακτηριστικά (εποχικότητα, πλημμύρες κλπ) τα αυτές όσον αφορά στην προστασία τους δηλαδή η  $Q_{99}$ . Η παροχή αυτή για το Στράτο οποία θεωρούνται σημαντικά για την υγεία και την εξέλιξη των οικοσυστημάτων. Η είναι  $21.8 \text{ m}^3/\text{sec}$  και για τις εκβολές  $22.8 \text{ m}^3/\text{sec}$ , δηλαδή σχεδόν ταυτίζεται με τη διαπιστώση αυτή όπως φαίνεται και από τα στοιχεία του κεφαλαίου 7 οδήγησε στην θεσμοθετημένη ανάπτυξη πιο περίπλοκων εργαλείων για τον καθορισμό κανόνων σχετικά με την οικολογική παροχή, τα οποία και εφαρμόστηκαν σε ευαίσθητα ποτάμια συστήματα ή συστήματα με ιδιαίτερα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά τα οποία έχρηζαν προστασίας.

Στο πλαίσιο αυτό εντάσσονται η μέθοδος RVA και η μέθοδος της Βασικής Παροχής που εξετάστηκαν για το Στράτο και τις Εκβολές στις παραγράφους 8.5 και 8.7.

- 2.1 Από την εφαρμογή του μαθηματικού ομοιώματος της RVA στο Στράτο προέκυψε ότι γενικά το σύστημα του ΥΗΣ Στράτου μπορεί να λειτουργήσει ώστε να καλύψει τις απαιτήσεις που αφορούν τις μέσες μηνιαίες τιμές που απαιτούνται για την πλήρη εξασφάλιση της διαθεσιμότητας των υδροτοπικών συστημάτων κατάντη. Επίσης, εφόσον εξασφαλιστεί κάποια ελάχιστη συνεχής παροχή κατάντη μπορούν με κατάλληλους χειρισμούς να εξασφαλιστούν και ορισμένες ακραίες υδρολογικές συνθήκες.

Για την εξασφάλιση όμως των απαιτήσεων που προκύπτουν από την μέθοδο αυτή θα πρέπει να καταρτιστεί ένα περίπλοκο σύστημα κανόνων λειτουργίας των ΥΗΣ, το οποίο θα πρέπει να εφαρμοστεί πιλοτικά σε συνδυασμό με κατάλληλο συνεχές πρόγραμμα παρακολούθησης οικολογικών παραμέτρων και δεικτών και να αναπροσαρμόζεται ανάλογα με τα αποτελέσματα αυτού ώστε να οριστικοποιηθεί η τελική μορφή εφαρμογής του.

Στην παρούσα φάση και δεδομένων των τυχόν διαφοροποιήσεων που θα προκύψουν κατά την πλήρη εφαρμογή της οδηγίας 60/2000 ΕΚ λόγω των στόχων που θα τεθούν για τον Αχελώο σε Εθνικό επίπεδο αλλά και των αποτελεσμάτων των ερευνών που υλοποιούνται για το σκοπό αυτό, δεν θεωρείται σκόπιμη η εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος.

- 2.2 Στο προαναφερθέν πλαίσιο η εφαρμογή της μεθόδου της Βασικής Παροχής Διατήρησης, η οποία ξεκίνησε από την Ισπανία για ποτάμια συστήματα με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, εμφανίζεται ως η πλέον προσφορότερη για τον ποταμό Αχελώο

Όπως έχει αναφερθεί βασική παραδοχή της μεθόδου είναι η αρχή ότι οι οργανισμοί που διαβιούν στο ποτάμιο σύστημα έχουν προσαρμοστεί σε αυτό και κατά συνέπεια ο βιολογικός τους κύκλος και οι οικολογικές τους απαιτήσεις είναι προσαρμοσμένα στις

εποχικές διακυμάνσεις της παροχής του. Επιπλέον, η μέθοδος αυτή επαληθεύτηκε σχετικά με την επίδραση της βασικής ροής σε παραμέτρους όπως η ποιότητα των νερών η πρωτογενής παραγωγή, το μακροβένθος, τα ψάρια και η διαθεσιμότητα των ενδαιτημάτων των ψαριών.

Η παραδοχή αυτή θα μπορούσε να είναι καταρχήν αποδεκτή και για το σύστημα του Αχελώου και εφόσον εφαρμοστεί στο Στράτο η ανάλυση που παρατίθεται στο Κεφάλαιο 8.5 οδηγεί στα παρακάτω κριτήρια για την οικολογική παροχή τα οποία θα πρέπει να εφαρμόζονται συνολικά:

- Η ελάχιστη μόνιμη συνεχής παροχή στις Εκβολές θα πρέπει να είναι 14,1 m<sup>3</sup>/sec.

Για την εξασφάλιση της παροχής αυτής και υπέρ της ασφαλείας με σκοπό τη διατήρηση των οικοσυστημάτων, η παροχή αυτή θα πρέπει να εξασφαλίζεται από το Στράτο. Δηλαδή δεν λαμβάνονται υπόψη οι απορροές της ενδιάμεσης λεκάνης οι οποίες θα είναι πρόσθετες.

Η παροχή αυτή προφανώς θα πρέπει να είναι συνεχής και δε συμπεριλαμβάνει τις αρδευτικές ανάγκες που καλύπτονται σήμερα με άμεση απόληψη από την κοίτη του Αχελώου (βλέπε παράγραφο 4.2), οι οποίες θα πρέπει να καλυφθούν με επιπλέον εκροές από το Στράτο.

Σύμφωνα με τα στοιχεία που παρατίθενται στην παράγραφο 6.5.2 η μέση ετήσια φυσικοποιημένη παροχή της ενδιάμεσης λεκάνης είναι 6,6 m<sup>3</sup>/sec, η ελάχιστη μέση μηνιαία κυμαίνεται από 0,7 m<sup>3</sup>/sec – 4,1 m<sup>3</sup>/sec και η μέγιστη μέση μηνιαία είναι από 2 m<sup>3</sup>/sec – 29,4 m<sup>3</sup>/sec.

Έτσι εφαρμόζοντας το παραπάνω κριτήριο η πραγματική ελάχιστη ημερήσια παροχή στο δέλτα εκτιμάται ότι θα κυμαίνεται από 14,8 m<sup>3</sup>/sec – 43,1 m<sup>3</sup>/sec με μέση τιμή 20,7 m<sup>3</sup>/sec.

- Οι μέσες μηνιαίες παροχές οι οποίες επίσης εξασφαλίζονται στο σύνολο τους από τις εκροές του Στράτου είναι οι εξής:

<b>Μήνας</b>	<b>Μέση μηνιαία παροχή διατήρησης στις εκβολές (m<sup>3</sup>/sec)</b>	<b>Απαιτούμενος μηνιαίος όγκος διατήρησης (hm<sup>3</sup>)</b>
<b>ΟΚΤ</b>	27.8	74.4
<b>ΝΟΕΜ</b>	27.8	72.0
<b>ΔΕΚ</b>	31.3	83.9
<b>ΙΑΝ</b>	34.4	92.0



ΦΕΒ	33.6	81.2
ΜΑΡ	29.0	77.8
ΑΠΡΙΛ	21.9	56.8
ΜΑΙΟΣ	22.8	61.1
ΙΟΥΝΙΟΣ	18.5	47.9
ΙΟΥΛΙΟΣ	17.7	47.4
ΑΥΓ	17.9	48.0
ΣΕΠ	21.4	55.6

Ο Κουτσογιάννης τελικά προτείνει αυτό το πίνακα γιατί θα χτυπήσει άσχημα η προσθήκη των ελάχιστων μηνιαίων τιμών αφού προτείνουμε μηνιαίες τιμές διατήρησης μικρότερες για 9 μήνες από τις ελάχιστες μηνιαίες παροχές.

Λαμβάνοντας υπόψη τα προαναφερθέντα για την φυσικοποιημένη παροχή της ενδιάμεσης λεκάνης οι παραπάνω μέσες παροχές που θα καταλήγουν πραγματικά στις εκβολές θα κυμαίνονται ανάλογα προς τα πάνω.

Προφανώς τα παραπάνω αποτελούν τις ελάχιστες οριζόμενες μέσες μηνιαίες τιμές

1 μέρα κάθε πέντε χρόνια θα πρέπει να διοχετεύεται στις Εκβολές παροχή που κυμαίνεται στην τιμή των 2098 m<sup>3</sup>/sec (T=5) Κάθε χρόνο πρέπει να διοχετεύεται κατάντη του Στράτου παροχή της τάξεως των 1460 m<sup>3</sup>/sec (T=2). Η πλημμυρική παροχή δεν πρέπει να κατανοήθει ως μόνιμη σταθερή τιμή καθόλη την διάρκεια της ημέρας, αλλά προτείνεται η λειτουργία του υδροηλεκτρικού του Στράτου για 22 ώρες μέ την μέγιστη παροχετευτικότητα του και την εξασφάλιση των αιχμών με την λειτουργία των υπερχειλιστών και την ταυτόχρονη αποφόρτιση των ανάντη ταμιευτήρων. Μια τέτοια λειτουργία θα πρέπει να συνδιαστεί με την εγκατάσταση συστήματος συναγερμού για την προειδοποίηση εκκένωσης των κατάντη περιοχών γύρω από την πλημμυρική κοίτη και στις παρόχθιες εκτάσεις. Παρατίθεται στο σημείο αυτό και ανάλογη αναφορά στο Εγκεκριμένο σχέδιο διαχείρισης Υδάτινων Πόρων της Ελλάδας (ΥΠ.ΕΧΩΔΕ, 2008). Σε όλες τις περιπτώσεις φραγμάτων χρειάζεται να επανεξεταστούν οι όροι λειτουργίας τους με αναφορά στις κατάντη φυσικές (καθεστώς ροής, φερτά) και οικολογικές (οικοσυστήματα) συνθήκες. Εκτός από την ελάχιστη οικολογική παροχή, που υποχρεωτικά πρέπει να εξασφαλίζεται, θα πρέπει να εξεταστεί κατά περίπτωση και η εφαρμογή τεχνητού πλημμυρισμού (με ενεργοποίηση όλων των διόδων νερού και άνοιγμα των θυροφραγμάτων των υπερχειλιστών) με λογική συχνότητα (π.χ. μια φορά το χρόνο). Η μέθοδος αυτή έχει εφαρμοστεί με επιτυχία σε πολλές χώρες και εκτός από την φυσική οριοθέτηση της κοίτης έχει ευεργετικές συνέπειες στη γεω-

μορφολογία της κοίτης (παράσυρση φερτών) και στο οικοσύστημα. Θεωρείται, κατά συνέπεια, σκόπιμη η προγραμματισμένη εφαρμογή της μεθόδου και στην Ελλάδα, με πιθανή πρώτη δοκιμαστική εφαρμογή στον Αχελώο.

Ο συνολικός ετήσιος όγκος που καταλήγει στις εκβολές με τα κριτήρια αυτά είναι της τάξεως των 1.000 εκατ m<sup>3</sup>

Επισημαίνεται ότι θα πρέπει να εξετασθούν οι στάθμες που αντιστοιχούν στην ελάχιστη παροχή που τίθεται παραπάνω, ώστε σε περίπτωση που κριθεί απαραίτητο για την επιβίωση των ψαριών ή της βίδρας να προστεθεί σε αυτή κάποια επιπλέον παροχή.

Σε κάθε περίπτωση οποιαδήποτε πρόταση μεταβολής της θεσμοθετημένης παροχής δεδομένου ότι όπως προκύπτει από τα παραπάνω μπορεί να θεωρηθεί γενικά ως εύλογη παροχή για την καταρχήν προστασία του συστήματος, θα πρέπει να συνοδεύεται από πλήρες πρόγραμμα παρακολούθησης ψαριών, βλάστησης και πουλιών στις εκβολές σε συνδυασμό με τις παροχές που καταλήγουν σε αυτές, ώστε να εξασφαλιστεί πλήρως η προστασία του οικοσυστήματος του Αχελώου.

Ο συντάξας

ECOS Μελετητική Α.Ε.

## 10. Βιβλιογραφία – Αναφορές

### Βιβλιογραφία - Αναφορές για το κεφάλαιο Υδρολογική Διερεύνηση

Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων – Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, Σχέδιο διαχείρισης των λεκανών απορροής των ποταμών Αχελώου και Πηνειού Θεσσαλίας, Ιούνιος 2006.

Ευστρατιάδης, Α., Α. Κουκουβίνος, Δ. Κουτσογιάννης, και Ν. Μαμάσης, Υδρολογική μελέτη, Διερεύνηση των δυνατοτήτων διαχείρισης και προστασίας της ποιότητας της Λίμνης Πλαστήρα, Τεύχος 2, 70 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Μάρτιος 2002.

Ευστρατιάδης, Α., Γ. Καραβοκυρός, και Ν. Μαμάσης, Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας – Έτος 2009, Συντήρηση, αναβάθμιση και επέκταση του Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων για την διαχείριση του υδροδοτικού συστήματος της ΕΥΔΑΠ, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Απρίλιος 2009.

Κουκουβίνος, Α., Α. Ευστρατιάδης, Λ. Λαζαρίδης, και Ν. Μαμάσης, Έκθεση δεδομένων, Διερεύνηση σεναρίων διαχείρισης του ταμειευτήρα Σμοκόβου, Τεύχος 1, 66 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ιανουάριος 2006.

Κουτσογιάννης, Δ., Α. Ευστρατιάδης, και Ν. Μαμάσης, Αποτίμηση του επιφανειακού υδατικού δυναμικού και των δυνατοτήτων εκμετάλλευσής του στη λεκάνη του Αχελώου και τη Θεσσαλία, Κεφ. 5 της Μελέτης Υδατικών Συστημάτων, Συμπληρωματική μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων εκτροπής του Αχελώου προς τη Θεσσαλία, Εργοδότης: Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, Ανάδοχος: Υδροεξυγιαντική, 2001.

Κουτσογιάννης, Δ., και Ι. Ναλμπάντης, Τελική Έκθεση Α΄ Φάσης, Εκτίμηση και Διαχείριση των Υδατικών Πόρων της Στερεάς Ελλάδας - Φάση 1, Τεύχος 10, 71 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Οκτώβριος 1992.

Κουτσογιάννης, Δ., Ν. Μαμάσης, και Ι. Ναλμπάντης, Αποτίμηση του επιφανειακού υδατικού δυναμικού και των δυνατοτήτων εκμετάλλευσής του στη λεκάνη του Αχελώου και τη Θεσσαλία, Μελέτη υδατικών συστημάτων, Συνολική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων της Εκτροπής Αχελώου, Ανάδοχος: Ειδική Υπηρεσία Δημοσίων Έργων Αχελώου - Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων - ΥΠΕΧΩΔΕ, Συνεργαζόμενοι: Υδροεξυγιαντική, Αθήνα, 1995.

Κουτσογιάννης, Δ., Στατιστική Υδρολογία, Έκδοση 4, 312 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1997.

Κουτσογιάννης, Δ., Υδρολογική διερεύνηση, Γενική διάταξη έργων εκτροπής Αχελώου προς Θεσσαλία, Ανάδοχος: Ειδική Υπηρεσία Δημοσίων Έργων Αχελώου – Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων – Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, Συνεργαζόμενοι: Γ. Καλαούζης, , Π. Μαρίνος, Δ. Κουτσογιάννης, 44 σελίδες, 1996.

Μαμάσης, Ν., και Ι. Ναλμπάντης, Μελέτη υδρολογικών ισοζυγίων, Εκτίμηση και Διαχείριση των Υδατικών Πόρων της Στερεάς Ελλάδας - Φάση 2, Τεύχος 20, 118 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Σεπτέμβριος 1995.

Μιμίκου, Μ., Π. Χατζησάββα, και Θ. Βλαχαντώνης, Υδρολογική μελέτη λεκάνης Κρεμαστών και Άνω Αχελώου, ΔΕΗ/ΔΑΥΕ, Αθήνα, 1980.

Ρώτη, Σ., και Χ. Ανυφαντή, Ισοζύγια ταμειυτήρων, Εκτίμηση και Διαχείριση των Υδατικών Πόρων της Στερεάς Ελλάδας - Φάση 1, Τεύχος 4, 64 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Οκτώβριος 1992.

Τσακαλίας, Γ., και Δ. Κουτσογιάννης, Καμπύλες στάθμης-παροχής και εξαγωγή παροχών, Εκτίμηση και Διαχείριση των Υδατικών Πόρων της Στερεάς Ελλάδας - Φάση 2, Τεύχος 19, 125 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Σεπτέμβριος 1995.

Acreman, M., Dunbar, M., Hannaford, J., Mountford, O., Wood, P., Holmes, N., Cowx, J., Noble, R., Extence, C., Aldrick, J., King, J., Black A., and Crookall, D., Developing environmental standards for abstractions from UK rivers to implement the EU Water Framework Directive, Hydrological Sciences Journal, 53(6), 1105-1120, 2008.

Hirsch R. M., Helsel, D. R., Cohn, T. A., and Gilroy, E. J., Statistical analysis of hydrological data, in Handbook of hydrology, D. Maidment (ed.), McGraw-Hill, 1993.

Hughes, D. A., and V. Smakhtin, Daily flow time series patching or extension: a spatial interpolation approach based on flow duration curves, Hydrological Sciences Journal, 41(6), 851-871, 1996.

Richter, B. D., Baumgartner, J. V., Powell, J., and Braun, D. P., A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems, Conservation Biology, 10, 1163-1174, 1996.

### **Βιβλιογραφία και αναφορές για τις μεθόδους εκτίμησης οικολογικής Παροχής**

Acreman M. and Dunbar M.J.,2004,Defining environmental river flow requirements - a review  
ACT Government, Environment Act, Australia,1999,Environmental Flow Guidelines

Armstrong D.S., Parker G.W. and Richards T.A.,2004,Evaluation of Streamflow Requirements for Habitat Protection by Comparison to Streamflow Characteristics at Index Streamflow-Gaging Stations in Southern New England

Arthington A.H.,1998,Comparative Evaluation of Environmental Flow Assessment Techniques: Review of Holistic Methodologies - Occasional Paper No 26/98

Arthington A.H., Baran E., Brown C.A., Dugan P., Halls A.S., King J.M., Minte-Vera C.V., Tharme R.E and Welcomme R.L.,2007,Water Requirements of Floodplain Rivers and Fisheries: Existing Decision Support Tools and Pathways for Development

Arthington A.H., Brizga S.O., Kennard M.J.,1998,Comparative Evaluation of Environmental Flow Assessment Techniques: Best Practice Framework - Occasional Paper No 25/98

Arthington A.H., Bunn S.E., Poff N.L and Naiman R.J.,2006,The challenge of providing environmental flow rules to sustain river ecosystems

Arthington A.H., Pusey B.J., Brizga S.O., McCosker R.O., Bunn S.E., Growns I.O.,1998,Comparative Evaluation of Environmental Flow Assessment Techniques: R&D Requirements - Occasional Paper No 24/98

Arthington A.H.and Zalucki J.M.,1998,Comparative Evaluation of Environmental Flow Assessment Techniques: Review of Methods

Benetti A.D., Lanna A.E. and Cobalchini M.S.,2002,Current Practices for establishing environmental flows in Brazil

Bragg M., Black A.R. and Duck R.W.,1999,Anthropogenic impacts on the hydrology of rivers and lochs

British Columbia and Ministry of Water, Land and Air Protection,2004,Standards and Best Practices for Instream Works

Cemagref,1989,2nd Partie SYNTHÈSE "HYDROBIOLOGIE ET DEBIS RESERVE"

Cemagref,2002,Estimating instream habitat quality changes associated with river managment

Collischon W., Agra S.G., Freitas G.K., Priante G.R., Tassi R. and Souza C.F.,Searching for an Ecological Hydrograph

Costelloe J.F., Puckridge J.T, Reid J.R.W., Pritchard J., Hudson P., Bailey V. and Good M.,Environmental flow requirements in arid zone rivers – a case study from the Lake Eyre Basin, central Australia

Davies R. and Hirji R.,2003,Water Resources and Environment - Technical Note C.3 - Environmental Flows: Flood Flows

Davies R. and Hirji R.,2003,Water Resources and Environment - Technical Note C.1 - Environmental Flows: Concepts and Methods

Davies R. and Hirji R.,2003,Water Resources and Environment - Technical Note C.2 - Environmental Flows: Case Studies

Down T.,2004,Instream Flow Guidelinesa Federal/Provincial approach to evaluate aquatic values in support water allocation decisions.

Garcia Bautista A.,2002,La problématique des débits réservés dans le contexte de l'Union Européenne. Le cas de l'Espagne, la France et le Royaume Uni.

Haas L.,2002,Mediterranean Water Resources Planning and Climate Change Adaptation

Hack H.P.,2004,Small Rivers in Germany – Potentialities and Limits of Ecological Improvements by the EU-Water Frame Directive under the Influence of Extreme Floods

Hatfield T., Lewis A., Ohlson D.and Bradford M. for British Columbia Ministry of Sustainable Resource Management and British Columbia Ministry of Water, Land and Air Protection, Victoria BC,2003,Development of instream flow thresholds as guidelines for reviewing proposed water uses

HR Wallingford and Department for International Development,2003,Handbook for the Assessment of Catchment Water Demand and Use

IUCN,2003,Flow

IUCN,2004,Environmental Flows and Integrated Water Resource Management: the Vomano River case study

IUCN,2004,Assessment and Provision of Environmental Flows in Mediterranean Watercourses - The Rhone River: Hydromorphological and Ecological rehabilitation of a heavily man-used hydrosystem - France

IUCN,2004,Assessment and Provision of Environmental Flows in Mediterranean Watercourses - Assessing groundwater and surface water flows through Aammiq Wetland - Lebanon

IUCN,2004,Assessment and Provision of Environmental Flows in Mediterranean Watercourses - Review of certain basic elements for the assessment of environmental flows in the Lower Moulouya - Morocco

IUCN,2004,Assessment and Provision of Environmental Flows in Mediterranean Watercourses - The Rižana River: Environmental Flow Assessment - Slovenia

IUCN,2004,Assessment and Provision of Environmental Flows in Mediterranean Watercourses - Environmental Flow Assessment for the Ebro Delta in Spain - Improving links between wetland and catchment management

IUCN,2004,Assessment and Provision of Environmental Flows in Mediterranean Watercourses - Sultan Sazlıği: Biodiversity and natural resources management pilot project in Turkey (GEF-II)

IUCN,2004,UK: Low flow investigations on the River Wyllye

IWMI,2007,Eco - Hydrological database

Järvelä J.,2004,Flow Resistance in Environmental Channels: focus on vegetation

Katz D., ,2006,Going with the Flow: Preserving and Restoring Instream Water Allocations (Chapter 2)

King J., Brown C. and Sabet H., ,2003,A scenario-based holistic approach to environmental flow - Assessments for Rivers

King J., Tharme R. and Brown C.,1999,Definition and Implementation of Instream flows

Lewis A., Hatfield T., Chilibeck B. and Roberts C.,2004,Assessment Methods for Aquatic Habitat and Instream Flow Characteristics in Support of Applications to Dam, Divert, or Extract Water from Streams in British Columbia

Limited B.M.,2001,Evaluation of flow guidelines for instream values

Mackay C.F. and Cyrus D.P.,,Ecological requirements for freshwater flow: Responses in a linked river-lake-estuary ecosystem in subtropical South Africa

MacKay H.M., King J.M., and Louw M.D.,1999,Methodology for Comprehensive Determination of RDM for river ecosystems

Malan HL and Day JA,2003,Linking flow, water quality and potential effects on aquatic biota within the Reserve determination process,

- Maltby E., Sgouridis F., Négrel Ph. and Petelet-Giraud E., 2003, Integration of European Wetland Research in sustainable management of the water cycle, EUROWET – Technical Guidance
- Ministry for the Environment, New Zealand, 1998, Flow Guidelines for Instream Values (a and b)
- Montero J. A., 2007, El Método del Caudal Básico para la determinación de Caudales de Mantenimiento Aplicación a la Cuenca del Ebro
- Moore M., 2004, Perceptions and interpretations of Environmental Flows and implications for future water resource management A Survey Study
- Nixon S.C., Lack T.J., Hunt D.T.E., Lallana C. and Boschet A.F., 2000, Sustainable use of Europe's water? State, prospects and issues
- Ogden R., Davies P., Rennie B., Mugodo J. and Cottingham P., 2004, Review of the 1999 ACT Environmental Flow Guidelines - A report by the CRCFE to Environment ACT
- Palau A., 2006, Integrated environmental management of current reservoirs and regulated rivers
- Pierson W.L., Bishop K., Van Senden D., Horton P.R. and Adamantidis C.A., 2002, Environmental Water Requirements to Maintain Estuarine Processes
- Poff N.L., Allan J.D., Bain M.B., Karr J.R., Prestegard K.L., Richter B.D., Sparks R.E. and Stromberg J., 1997, The Natural Flow Regime – A paradigm for river conservation and restoration
- Pollard S. and Simanowitz A., South Africa, 1997, Environmental Flow Requirements: A Social Dimension
- Quinlan R., Arthington A. and Brizga S., 2002, Benchmarking, a “Top-Down” Methodology for Assessing the Environmental Flow Requirements of Queensland's Rivers
- Richter B.D., Warner A.T., Meyer J.L. and Lutz K., 2006, A Collaborative and Adaptive Process For Developing Environmental Flow Recommendations
- Shafroth P.B. and Beauchamp V.B., 2006, Defining Ecosystem Flow Requirements for the Bill Williams River, Arizona
- Slivitzki M., 2001, A Literature Review on Cumulative Ecological Impacts Of Water Use and Changes in Levels and Flows
- Smakhtin V., Revenga C. and Doll P., 2004, Taking into Account Environmental Water Requirements in Global-scale Water Resources Assessments
- Smakhtin V., Revenga C. and Doll P. and Tharme R., 2003, Giving Nature Its Share: Reserving Water for Ecosystems
- Symphorian G.R., Madamombe E. and Van der Zaag P., 2002, Dam Operation for Environmental Water Releases: the Case of Osborne Dam, Save Catchment, Zimbabwe
- Tharme R.E., 2003, A global perspective on environmental flow assessment: Emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers



The Nature Conservancy,2005,Indicators of Hydrologic Alteration - Version 7 - User's Manual

Thoyer S.,2003,How to reallocate water rights when environmental goals conflict with existing entitlements

WWF Project,,Living Neretva

Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος,2003,Τα ύδατα στην Ευρώπη: Αξιολόγηση βάσει δεικτών - Σύνοψη

Μαμάσης Ν. και Κουτσογιάννης Δ.,1999, Προχωρημένη Υδρολογία – Γεωμορφολογία και Απορροή

Μαμάσης Ν.,2004, Διαχείριση Υδατικών Οικοσυστημάτων Πληθυσμοί οικολογικών συστημάτων-Στοιχεία Κλιματολογίας

ΥΠΑΝ,2008,Ανάπτυξη συστημάτων και εργαλείων διαχείρισης υδατικών πόρων, υδατικών διαμερισμάτων Πελοποννήσου (01, 02, 03)

ΥΠΑΝ,2008,Ανάπτυξη συστημάτων και εργαλείων διαχείρισης υδατικών πόρων, Υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (04)

Κουτσογιάννης, Δ., Α. Ανδρεαδάκης, Α. Μαυροδήμου κ.ά.  
, Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των  
Υδατικών Πόρων, Υποστήριξη της κατάρτισης Εθνικού  
Προγράμματος Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών  
Πόρων, 748 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων και  
Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα,  
Φεβρουάριος 2008.

Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) -  
Horizontal Guidance Document on the Role of Wetlands in the Water Framework Directive,  
Wetlands Horizontal Guidance,2003