

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

**Ι. Ναλμπάντης, Ν. Μαμάσης, Δ. Κουτσογιάννης,
Ε. Μπαλτάς, Ε. Αφτιάς, Μ. Μιμίκου και Θ. Ξανθόπουλος**

Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων,
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Ηρώων Πολυτεχνείου 5, 15700 Ζωγράφου, Αθήνα

Περίληψη

Στην εργασία αυτή αναλύονται στατιστικά τα ιστορικά υδρολογικά δείγματα των λεκανών Μόρνου και Β. Κηφισού-Υλίκης. Από την ανάλυση διαπιστώθηκαν σημαντικές πτωτικές τάσεις της βροχόπτωσης και της απορροής στην περιοχή Β. Κηφισού-Υλίκης (συνολική μείωση κατά 44% και 53%, αντίστοιχα, από το 1920 μέχρι σήμερα). Πτωτικές αλλά και αυξητικές τάσεις διαπιστώθηκαν και σε άλλες χρονοσειρές βροχόπτωσης της Δ. Ελλάδας. Ακόμη, διαπιστώθηκε σημαντική μείωση των ετήσιων απορροών της πρόσφατης ξηρής περιόδου (1987-88 έως 1992-93) και στις δύο λεκάνες με εμφάνιση τριών εξαιρετικά ξηρών υδρολογικών ετών. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται και σε άλλες λεκάνες του ελληνικού χώρου (Αλιάκμονας και Αχελώος). Η ανάλυση των βροχοπτώσεων έδειξε ότι σε ετήσια βάση δεν υπάρχει ανάλογη μείωση του συνολικού ύψους βροχής, αλλά ωστόσο η κατανομή της βροχής κατά μήνα εμφανίζεται σημαντικά διαφοροποιημένη. Ειδικότερα, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μείωση των βροχοπτώσεων του Ιανουαρίου και στις δύο λεκάνες την τελευταία εξαετία, γεγονός που θεωρούμε ως ένα από τα κυριότερα αίτια της μείωσης της απορροής. Η υδρολογική ξηρασία αποτελεί ίσως το σημαντικότερο αίτιο του φαινομένου της λειψυδρίας αλλά όχι και το μοναδικό καθώς υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που υπεισέρχονται, όπως είναι η κατανάλωση νερού και η διαχείριση του υδροδοτικού συστήματος. Το φετινό υδρολογικό έτος είναι αρκετά πιο υγρό από τα ξηρά έτη που προηγήθηκαν, με προφανή συνέπεια την αύξηση των αποθεμάτων του συστήματος, αλλά πάντως όχι σε ασφαλή επίπεδα. Ωστόσο, η φετινή αύξηση της απορροής δεν στοιχειοθετεί βέβαιη λήξη της ξηρασίας. Το ενδεχόμενο εμφάνισης και στο μέλλον παρόμοιων ξηρών περιόδων πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στη διαχείριση του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας καθώς και στον σχεδιασμό νέων έργων ύδρευσης.

1. Εισαγωγή

Κατά την τελευταία εξαετία (υδρολογικά έτη 1988-89 έως 1992-93) εμφανίστηκε στις υδρολογικές λεκάνες Μόρνου και Βοιωτικού Κηφισού, αλλά και στις περισσότερες λεκάνες του ελλαδικού χώρου, ένα έντονο φαινόμενο υδρολογικής ξηρασίας, δηλαδή μειωμένης απορροής των υδατορευμάτων (Dracup et al., 1980). Ο συνδυασμός αυτής της ξηρασίας με άλλους παράγοντες που έχουν σχέση με την κατανάλωση, τη διαχείριση των υδατικών αποθεμάτων, τις δυνατότητες των έργων αποθήκευσης και μεταφοράς νερού καθώς και με

και τον προγραμματισμό των έργων ενίσχυσης με νέους υδατικούς πόρους, οδήγησε σε κρίσιμη κατάσταση το υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας και κατέστησε ορατό τον κίνδυνο λειψυδρίας στην πρωτεύουσα. Ειδικότερα, την τελευταία εξαετία οι απορροές των ποταμών Μόρνου και Βοιωτικού Κηφισού ήταν σημαντικά μειωμένες σε σχέση με εκείνες των προηγούμενων ετών: Κατά το υδρολογικό έτος 1989-90 οι απορροές των δύο ποταμών ήταν οι μικρότερες που έχουν παρατηρηθεί ως σήμερα σύμφωνα με τα διαθέσιμα ιστορικά δεδομένα. Τα δύο τελευταία υδρολογικά έτη 1991-92 και 1992-93 ήταν επίσης πολύ ξηρά — τα ξηρότερα μετά το 1989-90 σε όλη την περίοδο των παρατηρήσεων.

Οι κύριες υδρολογικές μεταβλητές που ενδιαφέρουν είναι οι απορροές των ποταμών Μόρνου και Β. Κηφισού. Παράλληλα, εξετάζουμε και την βροχόπτωση που αποτελεί και το γενεσιουργό αίτιο της απορροής. Τίθενται επομένως τα ακόλουθα πέντε ερωτήματα: (α) Ποιά είναι η εικόνα της απορροής των ποταμών Μόρνου και Β. Κηφισού σύμφωνα με τα υπάρχοντα δεδομένα; (β) Πόσο η εικόνα αυτή διαφοροποιείται κατά την τελευταία ξηρή περίοδο; (γ) Σε ποιό βαθμό τα δεδομένα της βροχόπτωσης στις αντίστοιχες λεκάνες απορροής διευκολύνουν την απάντηση στα ερωτήματα α και β; (γ) Σε ποιο βαθμό δεδομένα από άλλες υδρολογικές λεκάνες του ελληνικού χώρου συνηγορούν σε συμπεράσματα ανάλογα με εκείνα των λεκανών Μόρνου και Β. Κηφισού και (δ) Ποιά είναι ειδικότερα η φετινή εικόνα της απορροής και της βροχόπτωσης σε σχέση με την προηγούμενη ξηρή περίοδο;

Η απάντηση στα ερωτήματα αυτά βασίζεται πρωτίστως στα υδρολογικά δεδομένα των λεκανών απορροής Μόρνου και Β. Κηφισού και συμπληρώνεται από τα δεδομένα άλλων λεκανών της Ελλάδας (Αλιάκμονας και Αχελώος). Πιο συγκεκριμένα, στην εργασία αυτή εξετάζονται τα διαθέσιμα ιστορικά δείγματα των παραπάνω μεταβλητών με στόχο την διάγνωση στατιστικά σημαντικών αποκλίσεων από τη συνήθη τυχαία διακύμανση που υπάρχει πάντα σε αυτές τις μεταβλητές. Στη περίπτωση που διαπιστώνονται τέτοιες αποκλίσεις τότε αυτές θα πρέπει να εκληφθούν ως προσωρινές ή μονιμότερες κλιματικές διακυμάνσεις.

Στην εποχή μας, οι ανθρωπογενείς επιδράσεις στο φυσικό περιβάλλον, όπως η συσσώρευση αερίων θερμοκηπίου στη ατμόσφαιρα, έχουν αρχίσει να θεωρούνται υπεύθυνες για αλλαγές στο κλίμα (Marchand et al, 1988). Για τον λόγο αυτό, φαινόμενα έντονης ξηρασίας προκαλούν φόβους για μονιμότερες κλιματικές αλλαγές. Ωστόσο, ανεξάρτητα από την επίδραση ανθρωπογενών παραγόντων, το κλίμα ενός τόπου δεν παραμένει σταθερό στο χρόνο αλλά μεταβάλλεται σε όλες τις χρονικές κλίμακες (π.χ. δεκαετίας, εκατονταετίας, χιλιετίας). Οι επιστήμονες των υδατικών πόρων έχουν επανειλημμένα ασχοληθεί με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στους υδατικούς πόρους (Klemes, 1985, Gleick, 1986, 1987). Ειδικότερα στον ελληνικό χώρο έχει μελετηθεί η επίδραση πιθανών σεναρίων μελλοντικής εξέλιξης των κλιματικών παραμέτρων στους υδατικούς πόρους από επιφανειακά νερά (Mimikou et al, 1990, Mimikou & Kounopoulos, 1991). Η

σημαντικότερη από τις παραμέτρους αυτές είναι η βροχόπτωση, η οποία έχει μελετηθεί στη χώρα μας από διάφορους ερευνητές με στόχο την διερεύνηση συστηματικών αλλαγών όπως π.χ. η ύπαρξη τάσεων (Αμανατίδης κ.α., 1992, Κουτσογιάννης κ.α., 1991). Η υδρολογική μεταβλητή που ενδιαφέρει εδώ είναι η απορροή η οποία έχει επίσης μελετηθεί στον ελληνικό χώρο (Κουτσογιάννης κ.α., 1991, Μιμίκου, 1993, Nalbantis et al., 1993).

2. Υδρολογικά δεδομένα

Οι κυριότερες υδρολογικές μεταβλητές που ενδιαφέρουν είναι οι απορροές των ποταμών Μόρνου και Β. Κηφισού. Τα ιστορικά δείγματα των υδρολογικών μεταβλητών των λεκανών αυτών προέρχονται από εκτεταμένες εργασίες συλλογής, αξιολόγησης και επεξεργασίας των δεδομένων τριών υδρομετρικών, εννέα βροχομετρικών και δύο μετεωρολογικών σταθμών, καθώς και δεδομένων λειτουργίας ταμιευτήρων. Η ποιότητα των δεδομένων είναι μέτρια με λίγες εξαιρέσεις ενώ αξιοσημείωτη είναι η ύπαρξη μεγάλου μήκους υδρολογικών χρονοσειρών στη λεκάνη Β. Κηφισού-Υλίκης.

Οι εισροές στη λίμνη Υλίκη προέρχονται κυρίως από τον Β. Κηφισό με λεκάνη απορροής έκτασης 2010 km² που μέσω της Σήραγγας Καρδίτσας τροφοδοτεί τη λίμνη. Η απορροή του Β. Κηφισού μετριέται από το 1906-07 με μικρές περιόδους ελλείψεων. Μέχρι το 1975-76 οι μετρήσεις γίνονταν στην Παλιά Διώρυγα Καρδίτσας και στη συνέχεια στη Νέα Διώρυγα, όπου υπάρχει σταθμήμετρο της ΕΥΔΑΠ. Η στάθμη ανάγεται σε παροχή με υδραυλικές μεθόδους αλλά ο συντελεστής τραχύτητας της διώρυγας έχει εκτιμηθεί από μία μόνο υδρομέτρηση. Η βροχόπτωση στη λεκάνη της Υλίκης μετριέται σε δύο βροχομετρικούς σταθμούς του ΥΠΕΧΩΔΕ (Μουρίκι και Καλλιθέα) και έναν της ΕΜΥ (Αλίαρτος). Οι μετρήσεις είναι σχετικά αξιόπιστες ενώ στον σταθμό της ΕΜΥ (Αλίαρτος) υπάρχουν μετρήσεις από το 1906-07, οι οποίες όμως προέρχονται από τρεις διαφορετικούς σταθμούς.

Η εισροή στον ταμιευτήρα του Μόρνου προέρχεται κυρίως από τον ομώνυμο ποταμό με λεκάνη απορροής 557 km² στη θέση του φράγματος. Το συνολικό δείγμα της απορροής του ποταμού Μόρνου περιλαμβάνει τρεις διαφορετικές περιόδους. Τα δεδομένα της πρώτης περιόδου βασίζονται σε μετρήσεις στο σταθμό Στενό (1951-52 έως 1955-56), της δεύτερης στις μετρήσεις του σταθμού Περιβόλι (1963-64 έως 1967-68), ενώ τα δεδομένα της τρίτης περιόδου προκύπτουν από το υδατικό ισοζύγιο του ταμιευτήρα (1979-80 έως σήμερα). Για την εκπόνηση του ισοζυγίου χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από τρεις βροχομετρικούς και ένα μετεωρολογικό σταθμό καθώς και δεδομένα από τη λειτουργία του ταμιευτήρα. Η βροχόπτωση στη λεκάνη του Μόρνου μετριέται σε επτά βροχομετρικούς σταθμούς από τους οποίους ο σημαντικότερος από την άποψη της διαθεσιμότητας δεδομένων βρίσκεται στο Λιδορίκι. Όλοι οι παραπάνω σταθμοί ανήκουν στο ΥΠΕΧΩΔΕ ενώ τα δεδομένα λειτουργίας του ταμιευτήρα συλλέγονται από την ΕΥΔΑΠ.

Πέρα από τα δεδομένα των λεκανών Μόρνου και Β. Κηφισού - Υλίκης, έγινε ανάλυση και δεδομένων από άλλες λεκάνες του ελληνικού χώρου. Πρόκειται για τα ιστορικά δείγματα απορροής των ποταμών Αχελώου στη θέση Αυλάκι (1349 km²) από το 1965 ως το 1990 και Αλιάκμονα στη θέση της Μονής Ιλαρίονα (5005 km²) από το 1962 ως σήμερα. Ακόμη, έγινε επεξεργασία τριών χρονοσειρών βροχόπτωσης μεγάλου μήκους. Πρόκειται για τους σταθμούς της Άρτας, της Πάτρας και του Αγρινίου που διαθέτουν δεδομένα από το 1904 ως σήμερα, χωρίς όμως η λειτουργία τους να είναι συνεχής.

3. Μεθοδολογία ανάλυσης των υδρολογικών δεδομένων

Η ανίχνευση των κλιματικών μεταβολών γίνεται κυρίως με στατιστικές μεθόδους, που ελέγχουν τη στασιμότητα των παρατηρημένων χρονοσειρών των υδρομετεωρολογικών μεταβλητών (Cavadias, 1992). Οι μεταβολές αυτές αφορούν (συνήθως) τη μέση τιμή της υπό εξέταση μεταβλητής και είναι είτε απότομες οπότε και αναφέρονται ως άλματα, είτε βαθμιαίες. Σε ότι αφορά την κατηγορία της βαθμιαίας μεταβολής γίνεται λόγος είτε για τάση εφόσον η μεταβολή είναι συνεχής στον χρόνο, είτε για περιοδικότητα εφόσον έχει περιοδικό χαρακτήρα. Η ανίχνευση τάσεων, περιοδικοτήτων και αλμάτων γίνεται με τη χρήση στατιστικών δοκιμών. Πάντως, πρέπει να τονιστεί ότι το μικρό μήκος των χρονοσειρών δυσκολεύει τον διαχωρισμό των επιδράσεων κλιματικών μεταβολών από τα σφάλματα μετρήσεων και τα στατιστικά σφάλματα.

Η τάση στις παρατηρημένες χρονοσειρές εντοπίζεται κατ' αρχήν με τη βοήθεια γραφημάτων που παρουσιάζουν την χρονική εξέλιξη της χρονοσειράς ή του κινούμενου μέσου όρου της. Κατόπιν, εξετάζεται με τη βοήθεια στατιστικών δοκιμών αν η τάση αυτή είναι στατιστικά σημαντική για συγκεκριμένο επίπεδο σημαντικότητας. Στην παρούσα ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν οι δοκιμές Kendall και γραμμικής συσχέτισης (βλ. Kottegodā 1980, σελ. 32-34).

Οι περιοδικότητες εντοπίζονται με τη βοήθεια της συνάρτησης φασματικής πυκνότητας που υπολογίζεται, για κάθε συχνότητα, με βάση τους συντελεστές αυτοσυσχέτισης. Αν η συνάρτηση αυτή υπερβαίνει, για μια συγκεκριμένη συχνότητα, την τιμή που αντιστοιχεί σε ορισμένο επίπεδο σημαντικότητας, τότε υπάρχει στατιστικά σημαντική περιοδικότητα σε αυτή τη συχνότητα (βλ. Kottegodā 1980, σελ. 54-56).

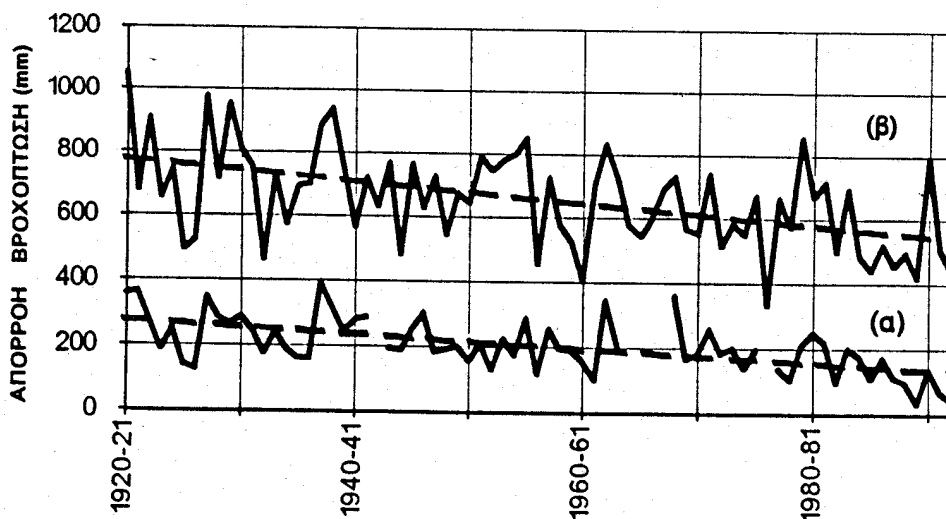
Τα άλματα εντοπίζονται κατ' αρχήν με τη βοήθεια γραφημάτων που παρουσιάζουν την εξέλιξη της χρονοσειράς στο χρόνο και στη συνέχεια εφαρμόζονται στατιστικές δοκιμές που εξετάζουν αν τα δύο τμήματα της χρονοσειράς (πριν και μετά το άλμα) προέρχονται από τον ίδιο στατιστικό πληθυσμό. Στην παρούσα ανάλυση προτιμήθηκε η χρήση της δοκιμής των Kruscal-Wallis (βλ. Freund et al. 1988, σελ. 498-499) που είναι μη παραμετρική και δεν απαιτεί κανονικούς πληθυσμούς με σταθερή διασπορά όπως άλλες παραμετρικές δοκιμές. Η δοκιμή ελέγχει ουσιαστικά αν τα δύο τμήματα της χρονοσειράς ανήκουν στον ίδιο στατιστικό πληθυσμό.

Ειδικά για την ανίχνευση της υδρολογικής ξηρασίας με βάση τις χρονοσειρές απορροής, εφαρμόστηκε και η μέθοδος των καμπυλών διάρκειας (Μιμίκου, 1993). Οι καμπύλες αυτές δείχνουν για κάθε τιμή της παροχής του ιστορικού δείγματος, το ποσοστό του χρόνου που η τιμή αυτή έχει ξεπεραστεί. Υπολογίζονται για διάφορα τμήματα του διαθέσιμου δείγματος και δίνουν μία σαφή εικόνα των ξηρών περιόδων.

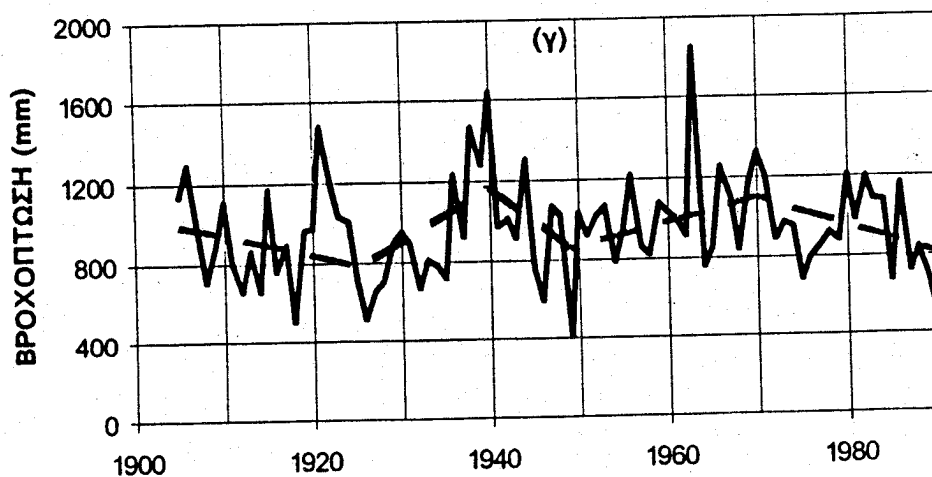
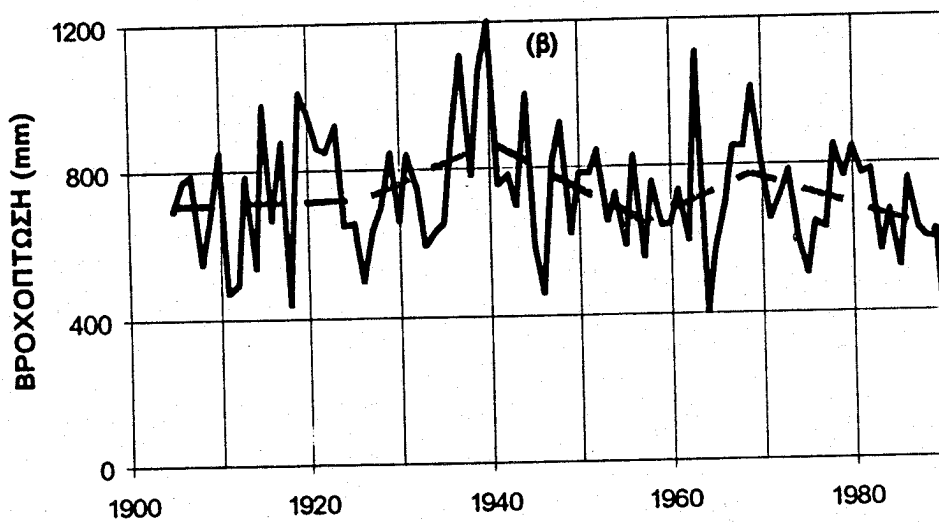
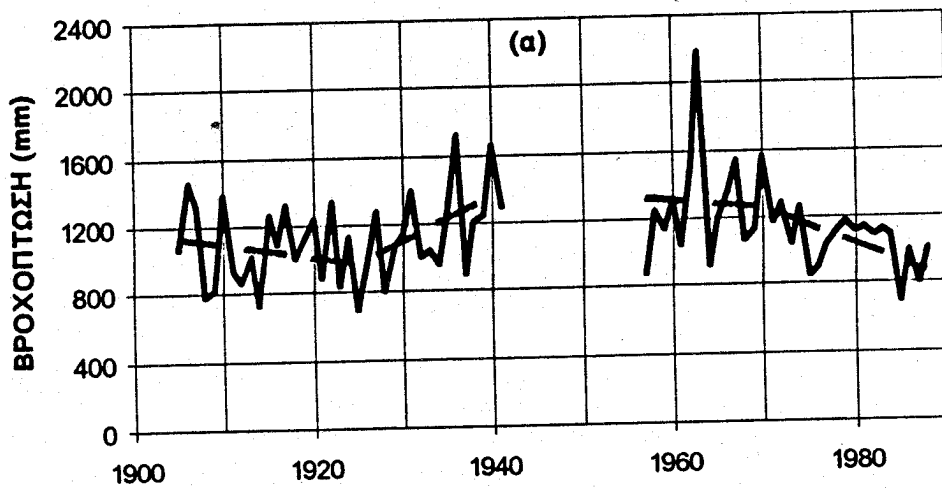
4. Διερεύνηση τάσεων και περιοδικότητων

Το μεγάλο μήκος των ιστορικών δειγμάτων της απορροής του Β. Κηφισού και της βροχόπτωσης στον σταθμό της Αλιάρτου επέτρεψε την διερεύνηση για τον εντοπισμό τάσεων και περιοδικότητων στις χρονοσειρές αυτές. Και στις δύο χρονοσειρές (απορροή, βροχόπτωση) διαπιστώθηκε μια στατιστικά σημαντική πτωτική τάση που ξεκινάει από το 1920-21 και φθάνει ως σήμερα. Η τάση αυτή μπορεί να περιγραφεί ικανοποιητικά με γραμμικές εξισώσεις ως προς τον χρόνο όπως φαίνεται στο Σχήμα 1 όπου παρουσιάζονται οι δύο χρονοσειρές μαζί με τις εξισώσεις της γραμμικής τάσης. Σύμφωνα με τις δοκιμές Kendall και γραμμικής συσχέτισης η τάση αυτή είναι στατιστικά σημαντική για όλα τα συνήθη επίπεδα σημαντικότητας ($\geq 1\%$). Το αποτέλεσμα της τάσης είναι η μείωση της απορροής του Β. Κηφισού κατά 53% και της βροχόπτωσης της Αλιάρτου κατά 44% από το 1920-21 έως το 1992-93. Διαπιστώνεται λοιπόν μια βαθμιαία αλλά σημαντική μείωση των υδατικών πόρων από επιφανειακά νερά στην περιοχή της Υλίκης.

Αντίθετα με την ύπαρξη τάσεων, καμιά στατιστικά σημαντική περιοδικότητα δεν ανιχνεύθηκε με την φασματική ανάλυση που εφαρμόστηκε και στις δύο χρονοσειρές του Β. Κηφισού.



Σχήμα 1. Ανίχνευση τάσης: (α) Ετήσια απορροή Β. Κηφισού και ευθεία της τάσης $Q(t) = 278.3 - 2.02t$ (β) Βροχόπτωση στην Αλιάρτο και ευθεία της τάσης $P(t) = 778.0 - 3.31t$ $Q(t)$ και $P(t)$ είναι αντίστοιχα οι μέσες τιμές της απορροής και της βροχόπτωσης στο χρόνο t σε mm. Οι ευθείες της τάσης δίνονται με διακεκομμένες γραμμές.



Σχήμα 2. Ανίχνευση τάσης σε άλλους βροχομετρικούς σταθμούς: της Δ. Ελλάδας: (α) Άρτα (β) Πάτρα και (γ) Αγρίνιο. Μαζί με τις χρονοσειρές παρουσιάζονται και ευθείες των τάσεων. Ο άξονας των τετμημένων παρουσιάζει το χρόνο σε υδρολογικά έτη τα οποία φαίνονται με το πρώτο από τα δύο συνθετικά τους (π.χ. 1980 σημαίνει 1980-81).

Στην λεκάνη του Μόρνου τα περιορισμένου μήκους δείγματα δεν επέτρεψαν την αναζήτηση τάσεων. Ωστόσο, σε άλλους σταθμούς της Δυτικής Ελλάδας, που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή των έργων Μόρνου και Ευήνου διατίθενται χρονοσειρές μεγάλου μήκους. Από τις χρονοσειρές αυτές ανιχνεύονται επίσης τάσεις, οι οποίες όμως δεν έχουν την ίδια εικόνα με αυτές της λεκάνης Βοιωτικού Κηφισού-Υλίκης. Πιο συγκεκριμένα, η βροχόπτωση στο σταθμό της Πάτρας έδειξε να υπάρχει τάση που είναι ανοδική κατά τις περιόδους 1926-40 και 1957-69 (+11 mm το χρόνο και για τις δύο περιόδους) και καθοδική για τις περιόδους 1940-57 (-13 mm το χρόνο) και 1969-90 (-8 mm το χρόνο). Ομόρροπες τάσεις με τις παραπάνω διαπιστώθηκαν και στους σταθμούς του Αγρινίου και της Άρτας όπως φαίνεται στο Σχήμα 2 όπου παρουσιάζονται οι χρονοσειρές μαζί με τις τεθλασμένες των τάσεων, χαραγμένες με μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων. Τα δεδομένα της βροχόπτωσης δεν επιτρέπουν να κάνουμε λόγο για σταθερή μέση τιμή του μεγέθους αυτού σε όλη την περίοδο των παρατηρήσεων. Μάλιστα, η μείωση της βροχόπτωσης κατά την εικοσαετία 1970-90 έχει ξαναεμφανισθεί στο παρελθόν (1940-57) και δεν αποτελεί πρωτόγνωρο φαινόμενο ούτε από άποψη διάρκειας ούτε από άποψη έντασης. Η μείωση επομένως της βροχόπτωσης ιδιαίτερα κατά την τελευταία ξηρή εξαετία 1987-88 έως 1992-93 είναι δυνατό να θεωρηθεί ότι βρίσκεται στα πλαίσια μιας συνεχιζόμενης πτωτικής τάσης που άρχισε τα προηγούμενα χρόνια. Αλλά τα δεδομένα της τελευταίας αυτής ξηρής περιόδου απαιτούν ιδιαίτερη σε βάθος ανάλυση και ιδιαίτερα την διερεύνηση της ύπαρξης ενδεχόμενου άλματος προς τα κάτω στη μέση τιμή των μεταβλητών που ενδιαφέρουν και ιδιαίτερα των απορροών. Η διερεύνηση αυτή παρουσιάζεται στην παράγραφο που ακολουθεί.

5. Υδρολογικά χαρακτηριστικά της πρόσφατης ξηρασίας (1987-88 έως 1992-93)

Η τελευταία εξαετία (1987-88 έως 1992-93) χαρακτηρίζεται από μειωμένες τιμές της απορροής στις λεκάνες Μόρνου και Β. Κηφισού - Υλίκης. Η εξαετής διάρκεια της ξηρής περιόδου εντοπίστηκε κατά προσέγγιση με στατιστική ανάλυση των ιστορικών δειγμάτων της ετήσιας απορροής στις λεκάνες Μόρνου και Β. Κηφισού. Πιο συγκεκριμένα, κάθε ιστορικό δείγμα χωρίζεται σε δύο επί μέρους δείγματα που το πρώτο περιλαμβάνει τα δεδομένα από την έναρξη των παρατηρήσεων μέχρι το υποθετικό υδρολογικό έτος πριν από την έναρξη της ξηρής περιόδου και το άλλο τα δεδομένα της ξηρής περιόδου. Στη συνέχεια ελέγχεται με τη δοκιμή Kruskal-Wallis αν τα δύο δείγματα προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό. Η μέθοδος αυτή επιτρέπει, μετά από επαναλήψεις, τον εντοπισμό της ξηρής περιόδου που είναι εκείνη η περίοδος για την οποία τα δυο δείγματα παρουσιάζουν την μεγαλύτερη στατιστική διαφορά μεταξύ τους. Στην εργασία αυτή παρουσιάζουμε τα τελικά αποτελέσματα της διερεύνησής μας και κάνουμε λόγο για το δείγμα προ του 1987 ή μέχρι το έτος 1986-87 και για την τελευταία ξηρή εξαετία από το 1987-88 έως το 1992-93.

Για τα έτη αυτά υπολογίστηκε, με βάση τις συναρτήσεις κατανομής Gauss και Γάμα, και η θεωρητική πιθανότητα εμφάνισης των παρατηρημένων τιμών των μεταβλητών που εξετάσαμε. Πάντως επισημαίνεται ότι ο υπολογισμός της πιθανότητας εμφάνισης είναι απλώς ενδεικτικός και έχει μικρή αξία εξ αιτίας του μικρού αριθμού των δεδομένων αλλά και της ανομογένειας των δειγμάτων.

Στη λεκάνη του Μόρνου εξετάστηκαν το δείγμα απορροής στη θέση του φράγματος, η βροχόπτωση στο Λιδορίκι καθώς και η μέση επιφανειακή βροχόπτωση στη λεκάνη όπως αυτή προέκυψε από την επεξεργασία επτά βροχομετρικών σταθμών της περιοχής. Στη περιοχή του Β. Κηφισού-Υλίκης εξετάστηκε το πρόσφατο (μετά το 1960) ιστορικό δείγμα απορροής του Β. Κηφισού στη θέση της Διώρυγας Καρδίτσας και η βροχόπτωση στους βροχομετρικούς σταθμούς Αλίαρτος και Μουρίκι,

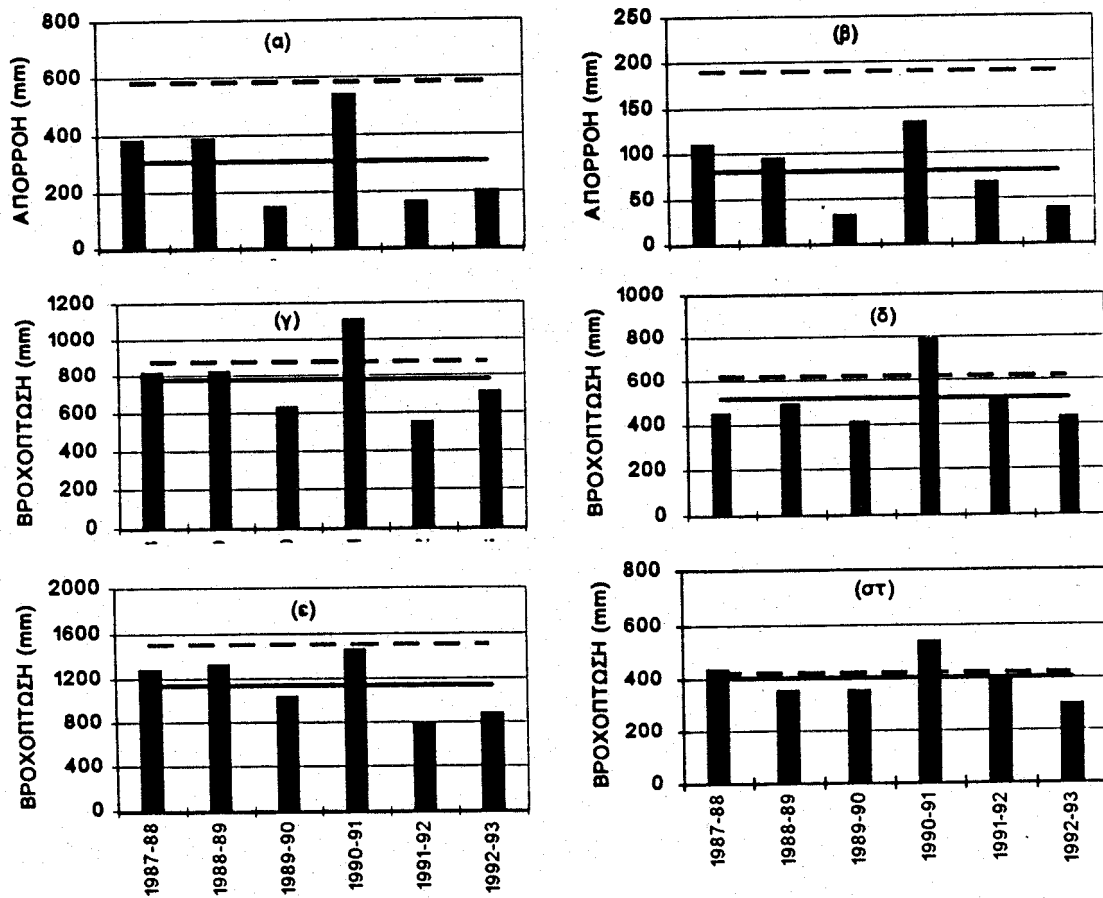
Εξετάζοντας τα δύο δείγματα απορροής παρατηρούμε την εμφάνιση τριών πολύ ξηρών ετών την τελευταία εξαετία. Το 1989-90 η απορροή του ποταμού Μόρνου ήταν η μικρότερη που έχει μετρηθεί στο μήκος 23 ετών ιστορικό δείγμα, ενώ η απορροή του Β. Κηφισού ήταν η μικρότερη από το 1906-07 και μάλιστα υποδιπλάσια της μέχρι τότε μικρότερης τιμής που είχε εμφανιστεί το 1916-17. Τα έτη 1991-92 και 1992-93 ήταν επίσης πολύ ξηρά και μάλιστα τα πιο ξηρά μετά το 1989-90 για όλη την περίοδο των παρατηρήσεων. Στον Πίνακα 1 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι πιθανότητες εμφάνισης των ετησίων απορροών για τα τρία πιο ξηρά έτη της εξαετίας.

Πίνακας 1: Ενδεικτικές θεωρητικές πιθανότητες εμφάνισης της ετήσιας απορροής και βροχόπτωσης κατά τα πρόσφατα ξηρά έτη (1989-90, 1991-92 και 1992-93).

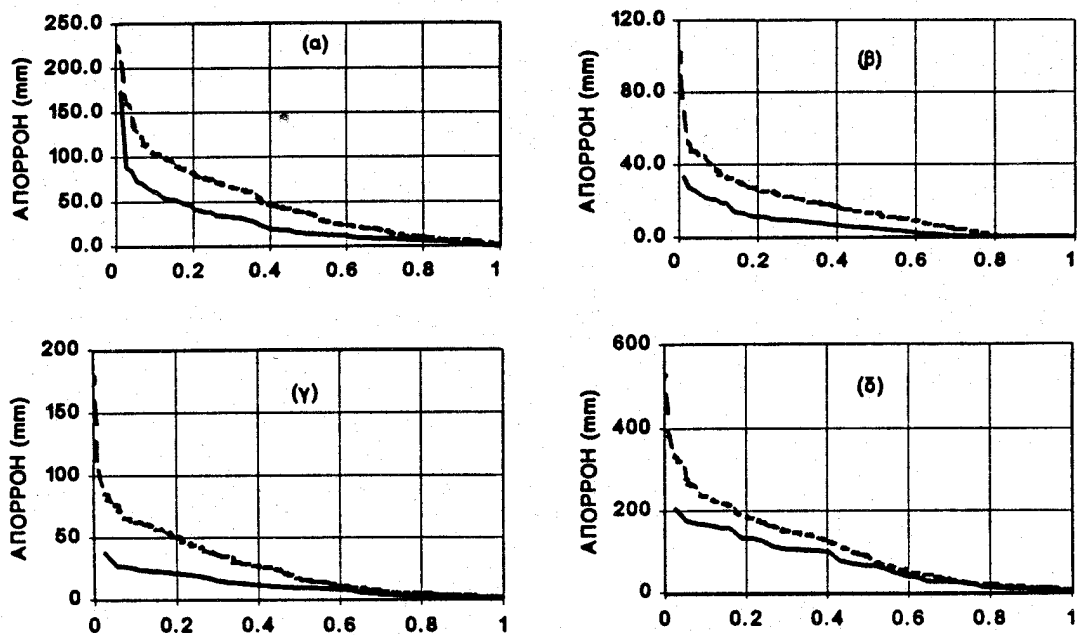
ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΚΑΤΑΝΟΜΗ GAUSS			ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΓΑΜΑ		
	1989-90	1991-92	1992-93	1989-90	1991-92	1992-93
ΑΠΟΡΡΟΗ						
Μόρνος	1 : 1350	1 : 860	1 : 323	<10 ⁻⁴	<10 ⁻⁴	1 : 7500
Β. Κηφισός	1 : 83	1 : 24	1 : 64	1 : 5500	1 : 77	1 : 1650
ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ						
Επιφ. Μόρνου	1 : 42	1 : 815	1 : 1000	1 : 69	1 : 7800	<10 ⁻⁴
Λιδορίκι	1 : 16	1 : 47	1 : 6	1 : 19	1 : 89	1 : 6
Αλίαρτος	1 : 16	1 : 5	1 : 12	1 : 21	1 : 5	1 : 15
Μουρίκι	1 : 3	1 : 2	1 : 5	1 : 3	1 : 2	1 : 5

Στα Σχήματα 3α και 3β παρουσιάζονται οι τιμές της ετήσιας απορροής σε mm, της τελευταίας εξαετίας για τα δύο ποτάμια καθώς και οι μέσες τιμές της μεταβλητής αυτής κατά την τελευταία εξαετία και την προγενέστερη περίοδο. Η μηδενική υπόθεση ότι οι στατιστικές κατανομές της απορροής των δύο περιόδων δεν διαφέρουν σημαντικά απορρίπτεται για όλα τα συνήθη επίπεδα σημαντικότητας (≥1%). Η στατιστική επιστήμη μας επι-

τρέπει δηλαδή να πούμε με αρκετή βεβαιότητα ότι η μείωση της απορροής είναι στατιστικά σημαντική. Η μείωση αυτή φαίνεται και στις καμπύλες διάρκειας της απορροής (Σχ. 4α και 4β) όπου διαπιστώνεται ότι αυτή φθάνει περίπου το 50% στην περιοχή των υψηλών τιμών της απορροής. Η ίδια διαπίστωση έγινε και σε δεδομένα απορροής από άλλες λεκάνες της Ελλάδας και συγκεκριμένα τις λεκάνες του Αλιάκμονα (θέση Ιλαρίονα) και του Αχελώου (θέση Αυλάκι). Οι καμπύλες διάρκειας για την απορροή του Αλιάκμονα δείχνει επίσης μια μείωση της απορροής κατά 50% την ξηρή εξαετία 1987-88 έως 1992-93 ενώ για τον Αχελώο η μείωση είναι μεν μικρότερη του 50% αλλά παραμένει πολύ σημαντική.



Σχήμα 3. Χρονική εξέλιξη υδρολογικών μεγεθών σε ετήσια βάση κατά την εξαετία 1987-88 έως 1992-93: (α) απορροή Μόρνου, (β) απορροή Β. Κηφισού, (γ) βροχόπτωση στο Λιδορίκι, (δ) βροχόπτωση στην Αλίαρτο, (ε) επιφανειακή βροχόπτωση λεκάνης Μόρνου και (στ) βροχόπτωση στο Μουρίκι. Οι οριζόντιες γραμμές παριστούν τις μέσες τιμές προ του 1987-88 (διακεκομμένη γραμμή) και της περιόδου 1987-88 έως 1992-93 (συνεχής γραμμή).

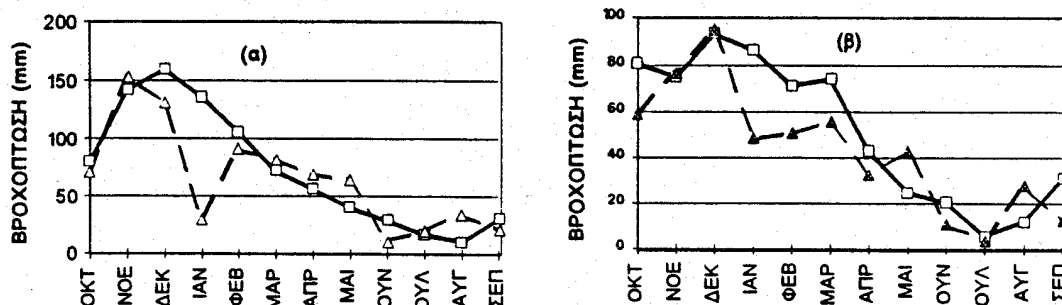


Σχήμα 4. Καμπύλες διάρκειας για την απορροή προ του 1987-88 (διακεκομμένη γραμμή) και την περίοδο 1987-88 έως 1992-93 (συνεχής γραμμή): (α) στο Μόρνο, (β) στον Β. Κηφισό, (γ) στον Αλιάκμονα (θέση Μονής Ιλαρίονα) και (δ) στον Αχελώ (θέση Αυλάκι).

Η εξέταση των ιστορικών δειγμάτων βροχόπτωσης δεν δείχνει ότι η τελευταία εξαετία ήταν από πλευράς βροχοπτώσεων τόσο φτωχή, ιδιαίτερα για την λεκάνη Β. Κηφισού-Υλίκης, στο βαθμό τουλάχιστον που παρατηρήθηκε για την απορροή. Η βροχόπτωση στη λεκάνη του Μόρνου κατά τα υδρολογικά έτη 1989-90, 1991-92 και 1992-93 εμφάνισε τις τρεις μικρότερες ιστορικές τιμές με απολύτως πιο ξηρό το 1991-92. Αντίθετα στα ιστορικά δείγματα βροχόπτωσης στην περιοχή Β. Κηφισού-Υλίκης οι τιμές στα τρία αυτά έτη δεν είναι οι ιστορικά μικρότερες, ενώ το 1991-92 είναι το πιο υγρό από τα τρία έτη. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι πιθανότητες εμφάνισης των ετησίων βροχοπτώσεων για τα τρία έτη, σύμφωνα με τις κατανομές Gauss και Γάμα. Στα Σχήματα 3α, 3β, 3γ και 3δ παρουσιάζονται οι ετήσιες τιμές της βροχόπτωσης της τελευταίας εξαετίας στις δύο λεκάνες, συγκριτικά με τις μέσες τιμές κατά την ξηρή εξαετία και την προγενέστερη περίοδο. Η μηδενική υπόθεση ότι οι στατιστικές κατανομές της βροχόπτωσης κατά τις δύο περιόδους είναι ίδιες, γίνεται δεκτή σε επίπεδο 5% για τους σταθμούς Αλιάρτο, Λιδορίκι και Μουρίκι, και μόνο για την επιφανειακή βροχόπτωση του Μόρνου δεν γίνεται δεκτή ούτε σε επίπεδο 1%. Συνεπώς, κατά την τελευταία εξαετία υπήρξε μία μείωση της βροχόπτωσης, ιδιαίτερα στη λεκάνη του Μόρνου, το μέγεθος όμως της οποίας δεν ήταν τέτοιο που να υποδηλώνει μια σημαντική αλλαγή του υπερετήσιου ύψους βροχόπτωσης στις δύο λεκάνες.

Από την προηγούμενη ανάλυση των ιστορικών δειγμάτων βροχόπτωσης και απορροής στις δύο λεκάνες προκύπτει ότι, ενώ δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στη μέση ετήσια βροχόπτωση της τελευταίας εξαετίας, η μέση ετήσια απορροή είναι δραματικά

μειωμένη, τείνοντας να φτάσει το μισό της μέσης τιμής των προηγούμενων ετών, γεγονός που αρχικά φαίνεται παράδοξο. Είναι όμως γνωστό ότι ο μετασχηματισμός της βροχόπτωσης σε επιφανειακή απορροή είναι μη γραμμικός και επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως είναι η διαίτα της εδαφικής υγρασίας, η κατάσταση των υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων και η εξατμοδιαπνοή. Η μείωση της βροχόπτωσης έχει ως συνέπεια την μεγαλύτερη μείωση της επιφανειακής απορροής κατά ένα συντελεστή που αναφέρεται ως παράγων μεγέθυνσης (magnification factor). Ο συντελεστής αυτός εξαρτάται από την εποχή ή τον μήνα που γίνεται η μείωση της βροχόπτωσης και εκτιμήθηκε για τρεις ελληνικές λεκάνες από τους Mimikou and Kouvoroulos (1991) για διάφορα υποθετικά σενάρια μεταβολής της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι για τη λεκάνη του Αχελώου στη Μεσοχώρα και για μείωση της χειμερινής βροχόπτωσης κατά 20% με παράλληλη αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1° C ο παράγων μεγέθυνσης εκτιμήθηκε σε 1.8.



Σχήμα 5. Μηνιαία κατανομή της βροχόπτωσης στους σταθμούς: (α) Λιδορίκι και (β) Αλιάρτος για τις περιόδους προ του 1987-88 (συνεχής γραμμή με τετράγωνα) και 1987-88 έως 1992-93 (διακεκομμένη γραμμή με τρίγωνα).

Για να διερευνήσουμε την επίδραση στη απορροή της μείωσης της βροχόπτωσης σε μηνιαία κλίμακα, εξετάσαμε την κατανομή της βροχόπτωσης στους μήνες του έτους. Στα Σχήματα 5α και 5β παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της βροχόπτωσης στο Λιδορίκι και στην Αλιάρτο. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της τελευταίας εξαετίας, συγκριτικά με τις μέσες μηνιαίες τιμές της προηγούμενης περιόδου. Παρατηρούμε ότι η χρονική κατανομή της βροχόπτωσης στη διάρκεια του υδρολογικού έτους είναι αισθητά διαφοροποιημένη την τελευταία εξαετία, σε σχέση με την παλαιότερη διαίτα της, και αυτό και για τις δύο λεκάνες απορροής. Συγκεκριμένα, η βροχόπτωση του Ιανουαρίου και στις δύο λεκάνες, είναι κατά πολύ μικρότερη από τη συνήθως αναμενόμενη. Η εξέλιξη της βροχόπτωσης του Ιανουαρίου σε όλη την ξηρή εξαετία παρουσιάζεται στο Σχήμα 6 και για τις δύο λεκάνες (σταθμοί Λιδορικού και Αλιάρτου) μαζί με τις μέσες τιμές της τελευταίας εξαετίας, και της προηγούμενης περιόδου. Η μηδενική υπόθεση ότι οι στατιστικές κατανομές της βροχόπτωσης του Ιανουαρίου για τις δύο περιόδους είναι ίδιες απορρίπτεται για επίπεδο σημαντικότητας 1% για

την επιφανειακή βροχόπτωση του Μόρνου και την βροχόπτωση στο Λιδορίκι, και για επίπεδο σημαντικότητας 5% για την Αλίαρτο. Αξίζει να υπογραμμίσουμε το γεγονός ότι κατά τα τρία ξηρά έτη είχαμε σχεδόν μηδενικές βροχοπτώσεις τον Ιανουάριο με πολύ μικρές θεωρητικές πιθανότητες εμφάνισης που παρουσιάζονται στον Πίνακα 2

Πίνακας 2: Ενδεικτικές θεωρητικές πιθανότητες εμφάνισης της βροχόπτωσης Ιανουαρίου κατά τα πρόσφατα ξηρά έτη (1989-90, 1991-92 και 1992-93).

ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ	GAUSS			ΓΑΜΑ		
	1989-90	1991-92	1992-93	1989-90	1991-92	1992-93
Επιφ. Μόρνου	1 : 24	1 : 23	1 : 13	<10 ⁻⁴	1 : 620	1 : 62
Λιδορίκι	1 : 25	1 : 22	1 : 9	<10 ⁻⁴	1 : 8200	1 : 15
Αλίαρτος	1 : 23	1 : 9	1 : 6	1 : 623	1 : 13	1 : 6
Μουρίκι	1 : 7	1 : 5	1 : 4	1 : 45	1 : 5	1 : 4

Από τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι το χαρακτηριστικό σχήμα της μηνιαίας κατανομής της βροχόπτωσης, αντί να παρουσιάζει την συνηθισμένη εικόνα με μία αιχμή τον Δεκέμβριο, εμφανίζει σημαντική πτώση τον Ιανουάριο με μία δευτερεύουσα αιχμή τον Φεβρουάριο ή τον Μάρτιο και μία μικρότερη αιχμή τον Αύγουστο. Μια τέτοια κατανομή, στην οποία διακόπτεται η ομαλή εξέλιξη των χειμερινών βροχοπτώσεων, έχει συνέπεια τη σημαντική μείωση της επιφανειακής απορροής όχι μόνο τον Ιανουάριο και τον Φεβρουάριο, αλλά και τους επόμενους μήνες. Το γεγονός αυτό αποδίδεται στους ιδιαίτερα πολύπλοκους και ευαίσθητους ως προς την κατανομή της βροχόπτωσης μηχανισμούς μετατροπής της βροχόπτωσης σε επιφανειακή απορροή, στους οποίους έχουμε αναφερθεί πιο πάνω.

Η πολυπλοκότητα του μετασχηματισμού της βροχόπτωσης σε απορροή φαίνεται και από τη δίαιτα της απορροής την τριετία 1991-93. Παρ' όλο που το 1990-91 ήταν πλούσιο σε βροχές (κοντά στο μέσο όρο στο Μόρνο και πολύ πάνω από αυτόν στην Υλίκη) οι απορροές δεν ήταν ανάλογες, επειδή, μεταξύ άλλων, το προηγούμενο υδρολογικό έτος ήταν ιδιαίτερα ξηρό.

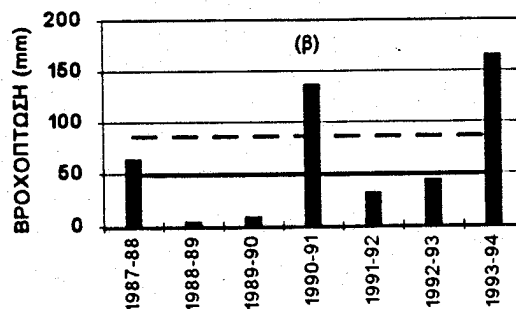
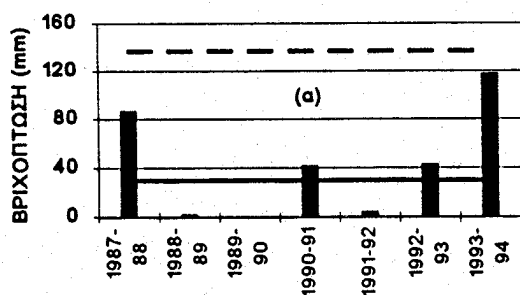
6. Υδρολογικά χαρακτηριστικά του φετινού υδρολογικού έτους (1993-94)

Τέλος, το υδρολογικό έτος 1993-94 που διανύουμε, δείχνει μέχρι στιγμής αρκετά υγρό έτος καθόσον η απορροή κατά την χειμερινή περίοδο Νοεμβρίου-Φεβρουαρίου είναι πολλαπλάσια εκείνης των προηγούμενων ξηρών ετών 1989-90, 1991-92 και 1992-93. Πάντως παραμένει σημαντικά μικρότερη από την μέση τιμή της προ του 1987-88 περιόδου και κυμαίνεται στα επίπεδα της απορροής των ετών 1987-88 και 1988-89. Σε σύγκριση με

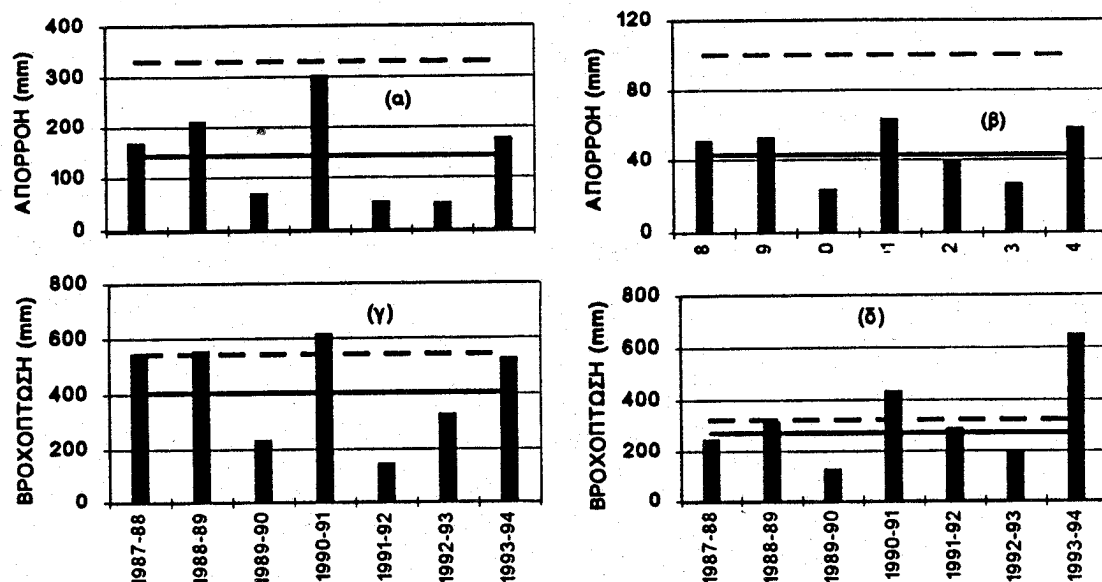
το υγρό έτος της εξαετίας, δηλαδή το 1990-91, η απορροή στο Μόρνο εμφανίζεται φέτος μικρότερη αλλά στο Β. Κηφισό η απορροή πλησιάζει την τιμή του έτους εκείνου. (Σχήματα 7α και 7β). Η βροχόπτωση στη λεκάνη του Μόρνου για την ίδια περίοδο (Νοέμβριος-Φεβρουάριος) κυμάνθηκε στα επίπεδα του μέσου όρου της προ του 1987-88 περιόδου παρατηρήσεων, ενώ η βροχόπτωση της Αλιάρτου ήταν περίπου διπλάσια της μέσης τιμής της περιόδου εκείνης. Στο Λιδορίκι η βροχόπτωση ήταν στα επίπεδα του 1990-91 ενώ στην Αλιάρτο ήταν πολύ μεγαλύτερη. Η εικόνα αυτή της αυξημένης βροχόπτωσης κατά το φετινό έτος είναι ακόμη πιο έντονη στη βροχόπτωση του Ιανουαρίου, ο οποίος, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, εμφάνισε μηδενικές βροχοπτώσεις κατά τα ξηρά έτη 1989-90, 1991-92 και 1992-93. Φέτος η βροχόπτωση εμφανίζει μια τιμή κοντά στο μέσο όρο της προ του 1987-88 περιόδου για την περιοχή του Μόρνου και μια τιμή σχεδόν διπλάσια της μέσης τιμής της περιόδου εκείνης για την περιοχή της Υλίκης. Διαπιστώνουμε ότι η αύξηση αυτή στη βροχόπτωση της χειμερινής περιόδου δεν συνοδεύεται μεν από ανάλογη αύξηση της απορροής για τους λόγους που ήδη αναφέραμε στο Κεφάλαιο 5, αλλά επέτρεψε την αύξηση των αποθεμάτων νερού στο σύστημα των δύο ταμιευτήρων Μόρνου και Υλίκης όπως φαίνεται στον Πίνακα 3 όπου παρουσιάζονται τα αποθέματα στους ταμιευτήρες του συστήματος την 1η Απριλίου κάθε έτους από το 1990 έως σήμερα.

Πίνακας 3: Αποθέματα νερού (σε hm³) στους ταμιευτήρες Μόρνου και Υλίκης (την 1η Απριλίου).

	1990	1991	1992	1993	1994
Μόρνος	229.2	245.3	201.5	156.0	217.2
Υλίκη	138.3	146.8	127.5	45.4	122.5
Σύνολο	367.5	392.0	329.0	201.4	339.7



Σχήμα 6. Χρονική εξέλιξη της βροχόπτωσης του Ιανουαρίου κατά την περίοδο 1987-88 έως 1992-93 καθώς και το 1993-94: (α) στο Λιδορίκι και (β) στην Αλιάρτο. Οι οριζόντιες γραμμές παριστούν την μέση τιμή προ του 1987-88 (διακεκομμένη γραμμή) και της περιόδου 1987-88 έως 1992-93 (συνεχής γραμμή).



Σχήμα 7. Χρονική εξέλιξη υδρολογικών μεγεθών της περιόδου Νοεμβρίου-Φεβρουαρίου κατά την εξαετία 1987-88 έως 1992-93 καθώς και το έτος 1993-94: (α) απορροή Μόρνου, (β) απορροή Β. Κηφισού, (γ) βροχόπτωση στο Λιδορίκι και (δ) βροχόπτωση στην Αλίαρτο. Οι οριζόντιες γραμμές παριστούν την μέση τιμή προ του 1987-88 (διακεκομμένη γραμμή) και της περιόδου 1987-88 έως 1992-93 (συνεχής γραμμή).

Πάντως, εάν τα επόμενα χρόνια είναι ξηρά όπως το 1989-90, το 1991-92 και το 1992-93 θα πρέπει να αναμένεται ότι οι απορροές θα παραμείνουν σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Αυτό είναι κάτι που παρατηρήθηκε ήδη το 1990-91 που ήταν ένα σχετικά υγρό έτος το οποίο ακολούθησαν δύο πολύ ξηρά έτη.

7. Συμπεράσματα

1. Στις χρονοσειρές απορροής και βροχόπτωσης του Βοιωτικού Κηφισού παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές πτωτικές τάσεις με αποτέλεσμα από το 1920-21 έως σήμερα να έχει μειωθεί η απορροή κατά 53% και η βροχόπτωση (στην Αλίαρτο) κατά 44%. Η φασματική ανάλυση δεν δείχνει περιοδικότητες στις χρονοσειρές αυτές.
2. Στη λεκάνη του Μόρνου τα περιορισμένα μήκη των υδρολογικών χρονοσειρών δεν επιτρέπουν την ανίχνευση τάσεων. Πάντως, η εξέταση άλλων χρονοσειρών βροχόπτωσης μεγάλου μήκους στη Δυτική Ελλάδα, έδειξε την εμφάνιση χρονικών περιόδων με κατά διαστήματα πτωτική αλλά και αυξητική τάση.
3. Οι μέσες τιμές των ετησίων απορροών της τελευταίας εξαετίας (1987-88 έως 1992-93) των δύο ποταμών που υδροδοτούν την Αθήνα παρουσιάζονται μειωμένες σχεδόν κατά 50% σε σχέση με τις μέσες τιμές της προηγούμενης περιόδου. Σημαντική μείωση της απορροής παρατηρήθηκε και σε άλλους ποταμούς του ελληνικού χώρου (Αλιάκμονας, Αχελώος).

4. Οι ετήσιες βροχοπτώσεις της τελευταίας εξαετίας δεν εμφανίζουν αντίστοιχη μείωση, κυρίως οι βροχοπτώσεις της περιοχής Β. Κηφισού-Υλίκης. Τα δεδομένα από τις δύο λεκάνες αλλά και η εμφάνιση πτωτικής τάσης στη βροχόπτωση σε σταθμούς από άλλες λεκάνες της Δυτικής Ελλάδας, δεν επιτρέπουν να συμπεράνουμε ότι η βροχόπτωση έχει διαφοροποιηθεί σημαντικά σε ετήσια χρονική κλίμακα κατά την τελευταία ξηρή περίοδο 1987-88 έως 1992-93, παρόλο που παρατηρήθηκαν ακραία περιστατικά ξηρασίας όπως αυτό του έτους 1989-90.
5. Αντίθετα με την όχι σημαντική μείωση της βροχόπτωσης σε ετήσια βάση, η ενδοετήσια κατανομή της βροχόπτωσης έχει διαφοροποιηθεί σημαντικά κατά την τελευταία ξηρή περίοδο. Το γεγονός αυτό προκάλεσε τις πολύ δραστικότερες μεταβολές στην απορροή και κατά συνέπεια στους υδατικούς πόρους του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας.
6. Η ποιότητα του συνόλου σχεδόν των υδρολογικών δεδομένων που διατίθενται στην ευρύτερη περιοχή των λεκανών Μόρνου και Β. Κηφισού-Υλίκης είναι χαμηλή. Η επεξεργασία των δεδομένων έφερε στο φως πολλά σφάλματα μέτρησης αλλά και την γενικότερη ανεπάρκεια του δικτύου των μετρητικών σταθμών. Ο άμεσος εκσυγχρονισμός του δικτύου αυτού είναι πρωταρχικής σημασίας για εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων σχετικά με τους υδατικούς πόρους του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας.
7. Οι επιστήμες της Μετεωρολογίας, της Κλιματολογίας και της Υδρολογίας δεν επιτρέπουν την πρόγνωση της εξέλιξης των υδρολογικών μεγεθών στον χρονικό ορίζοντα που ενδιαφέρει για την ύδρευση της Αθήνας. Ο επιθυμητός χρονικός ορίζοντας είναι μερικά έτη, καθόσον οι ταμειυτήρες του υδροδοτικού συστήματος είναι υπερετήσιας ρύθμισης.
8. Το φετινό υδρολογικό έτος (1993-94) ήταν αρκετά πλούσιο σε βροχοπτώσεις σε όλη την χειμερινή περίοδο. Πιο συγκεκριμένα, η βροχόπτωση της περιόδου Νοεμβρίου-Φεβρουαρίου κινήθηκε κοντά στο μέσο όρο της περιόδου προ του 1987 για την λεκάνη του Μόρνου ενώ για την περιοχή της Υλίκης ήταν αρκετά μεγαλύτερη από τον μέσο όρο της περιόδου εκείνης. Αυτό είχε αποτέλεσμα να αυξηθεί η απορροή των ποταμών Μόρνου και Β. Κηφισού χωρίς όμως η αύξηση να είναι ανάλογη με εκείνη της βροχόπτωσης. Πάντως, τα αποθέματα νερού στους ταμειυτήρες Μόρνου και Υλίκης αυξήθηκαν σημαντικά σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια χωρίς όμως να φθάσουν σε ασφαλή επίπεδα. Ωστόσο, η φετινή αύξηση της απορροής δεν στοιχειοθετεί βέβαιη λήξη της ξηρασίας. Το ενδεχόμενο εμφάνισης και στο μέλλον παρόμοιων ξηρών περιόδων πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στη διαχείριση του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας καθώς και στον σχεδιασμό νέων έργων ύδρευσης

Αναγνωρίσεις

Τα ιστορικά δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν, στα πλαίσια της εργασίας αυτής βασίζονται σε υδρομετεωρολογικά δεδομένα του ΥΠΕΧΩΔΕ, της ΔΕΗ, της ΕΥΔΑΠ και της ΕΜΥ και προέρχονται

κυρίως από τις Εκθέσεις των Ερευνητικών Έργων “Διερεύνηση προσφερομένων δυνατοτήτων για την ύδρευση της μείζονος περιοχής Αθηνών” και “Εκτίμηση και διαχείριση των υδατικών πόρων της Στερεάς Ελλάδας” που εκπονήθηκαν από ομάδα του Τομέα Υδατικών Πόρων του ΕΜΠ με επιστημονικό υπεύθυνο τον Θ. Ξανθόπουλο. Για τις ανάγκες της εργασίας αυτής τα ιστορικά δείγματα συμπληρώθηκαν με πρόσφατα δεδομένα. Οι συγγραφείς εκφράζουν θερμές ευχαριστίες προς τους φορείς για την χορήγηση των δεδομένων και ιδιαίτερα στους Π. Αναστασοπούλου και Κ. Αλεξοπούλου (ΥΠΕΧΩΔΕ), Χ. Μαντέλη και Δ. Κεντούρη (ΕΥΔΑΠ) και Α. Νιάνιο και Ι. Παπαγεωργίου (ΕΜΥ) για την έγκαιρη χορήγηση και αρχική αξιολόγηση των πιο πρόσφατων δεδομένων. Τέλος ευχαριστούν τον Α. Μανέτα (ΕΜΠ) για τη βοήθειά του στον προγραμματισμό Η/Υ και την Π. Χατζησάββα (ΔΕΗ) για τη βοήθειά της στην επεξεργασία δεδομένων.

Αναφορές

- Αμανατίδης, Γ.Θ., Ρεπάπης, Χ.Κ., Παλιάτσος, Α.Γ., Μπάρτζης, Ι.Γ., 1992. Η χωρική κατανομή των τάσεων των βροχοπτώσεων στην Ελλάδα, *Πρακτικά συνεδρίου ΕΕΔΥΠ, “Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από έργα αξιοποίησης υδατικών πόρων”*, Αθήνα, 225-233.
- Κουτσογιάννης, Δ., Ναλμπάντης, Ι., και Μαμάσης, Ν., 1992. Εκτίμηση του κινδύνου ανεπάρκειας του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας σε συνθήκες έμμονης ξηρασίας,, *Πρακτικά ημερίδας ΕΥΔΑΠ*.
- Μιμίκου, Μ., 1993. Ακραίας μεταβολές του υδρολογικού κύκλου στην Ελλάδα. Μεταβλητότητα ή αλλαγή; *Τεχνικά Χρονικά Α*, 13(4), Αθήνα.
- Cavadias, G., 1992. A survey of current approaches to modelling of hydrological time-series with respect to climate variability and change, *Report prepared for World Climate Programme, Project A2*.
- Dracup, J. A., Lee, K. S. and Paulson, Jr., E. G., 1980. On the definition of droughts, *Water Resour. Res.*, 16(2), 297-302.
- Freund, J. E., Williams, F. J., Perles, B. M., 1988. *Elementary business statistics*, Prentice Hall.
- Gleick, P. H., 1987. Regional hydrologic consequences of increasing atmosphere CO² and other trace gases. *Clim. Change*, 10(2), 137-160.
- Kottegoda, N.T., 1980. *Stochastic water resources technology*, McMillan Press, Hong Kong.
- Klemeš, V., and Klemeš, I., 1988. Cycles in finite samples and cumulative processes of higher orders. *Water Resour. Res.*, 24(1), 93-104.
- Marchand, D., Sanderson, M., Howe, D., and Albauch, C., 1988. Climate change and Great Lake levels- The impact on shipping, *Clim. Change*, 12(2), 107-134.
- Mimikou, M.A., and Kouvopoulos, Y.S., 1991. Regional climate change impacts: 1. Impacts on water resources, *Hydrol. Sci. J.*, 36(3), 247-270.
- Mimikou, M.A., Kouvopoulos, Y.S., Cavadias, G., and Vayianos, N., 1990. Regional hydrological effects of climate change, *J. Hydrol.*, 123, 119-146.
- Nalbantis, I., Mamassis, N., et Koutsoyiannis, D., 1994. Le phénomène récent de sécheresse persistante et l'alimentation en eau de la cité d'Athènes, *Comptes-rendus du 6ème Colloque International de Association Internationale de Climatologie (AIC)*, Thessalonique, Septembre 1993. A paraître dans les publications de l'AIC.