

Μέτσοβο: Η υδρολογική καρδιά της Ελλάδας

Δ. Κουτσογιάννης, Επίκουρος Καθηγητής, ΕΜΠ

Ν. Μαμάσης, Διδάκτωρ Μηχανικός, ΕΜΠ

Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων,

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ

Περίληψη

Στην περιοχή του Μετσόβου συναντώνται οι πέντε σημαντικότερες υδρολογικές λεκάνες της Ελλάδας: του Αράχθου, του Αχελώου, του Πηνειού, του Αλιάκμονα και του Αώου. Από εκεί ξεκινά ο Μετσοβίτικος, παραπόταμος του Αράχθου, ενώ σε μικρή απόσταση πηγάζουν ο Αχελώος, ο Αώος και παραπόταμοι του Πηνειού και του Αλιάκμονα. Έτσι, μεταφορικά αλλά χωρίς υπερβολή, μπορούμε να πούμε ότι η περιοχή του Μετσόβου αποτελεί την υδρολογική καρδιά της Ελλάδας, απ' όπου ξεκινούν οι σημαντικότερες υδρολογικές αρτηρίες της. Στην εργασία αυτή αποτιμάται το επιφανειακό υδατικό δυναμικό της περιοχής. Για το σκοπό αυτό συγκεντρώνονται και διερευνώνται στατιστικά οι κατάλληλες υδρομετεωρολογικές χρονοσειρές της περιοχής και συγκεκριμένα οι χρονοσειρές βροχόπτωσης και απορροής. Παράλληλα, ελέγχεται στατιστικά η μακροχρόνια μεταβλητότητα των χρονοσειρών προκειμένου να διαπιστωθούν τυχόν μεταβολές στα χαρακτηριστικά τους κατά τα τελευταία σαράντα χρόνια. Επίσης, γίνεται αναφορά στην εμφάνιση ακραίων περιστατικών, σε συσχέτισμό και με αντίστοιχα φαινόμενα σε άλλες περιοχές της Ελλάδας.

Εισαγωγή

Το Μέτσοβο βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα της οροσειράς της Πίνδου και σε υψόμετρο περίπου 1.150 m. Η οροσειρά έχει κατεύθυνση από βορειοδυτικά προς

τα νοτιοδυτικά, σχηματίζοντας ένα φυσικό τείχος που χωρίζει την Ήπειρο από τη Μακεδονία και τη Θεσσαλία. Το ανάγλυφο της Πίνδου βόρεια του Μετσόβου παρουσιάζεται σχετικά ομαλό, ενώ νοτιότερα γίνεται πιο πολύπλοκο. Ο αυχένας του Ζυγού, κοντά στον οποίο βρίσκεται το Μέτσοβο, χωρίζει τα δύο τμήματα της Πίνδου. Η θέση αυτή του Μετσόβου αποτελεί (ήδη από τον 5ο αι. π.Χ.) το κλειδί της πιο σημαντικής στρατηγικής και εμπορικής διάβασης από τη Δυτική προς την Ανατολική Ελλάδα (άξονας Ιωαννίνων-Μετσόβου-Καλαμπάκας), γιατί η διαδρομή μέσω του αυχένα του Ζυγού είναι η μόνη αδιάτμητη από ποτάμια.

Στην περιοχή του Μετσόβου συναντώνται οι πέντε κυριότερες υδρολογικές λεκάνες της Ελλάδας: του Αράχθου, του Αχελώου, του Πηνειού, του Αλιάκμονα και του Αώου (σχήμα 1). Από εκεί ξεκινά ο Μετσοβίτικος, παραπόταμος του Αράχθου, ενώ σε μικρή απόσταση πηγάζουν ο Αχελώος, ο Αώος και παραπόταμοι του Πηνειού και του Αλιάκμονα (Βενέτικος). Έτσι, μεταφορικά αλλά χωρίς υπερβολή, μπορούμε να πούμε ότι η περιοχή του Μετσόβου αποτελεί την υδρολογική καρδιά της Ελλάδας, απ' όπου ξεκινούν οι σημαντικότερες υδρολογικές αρτηρίες της.

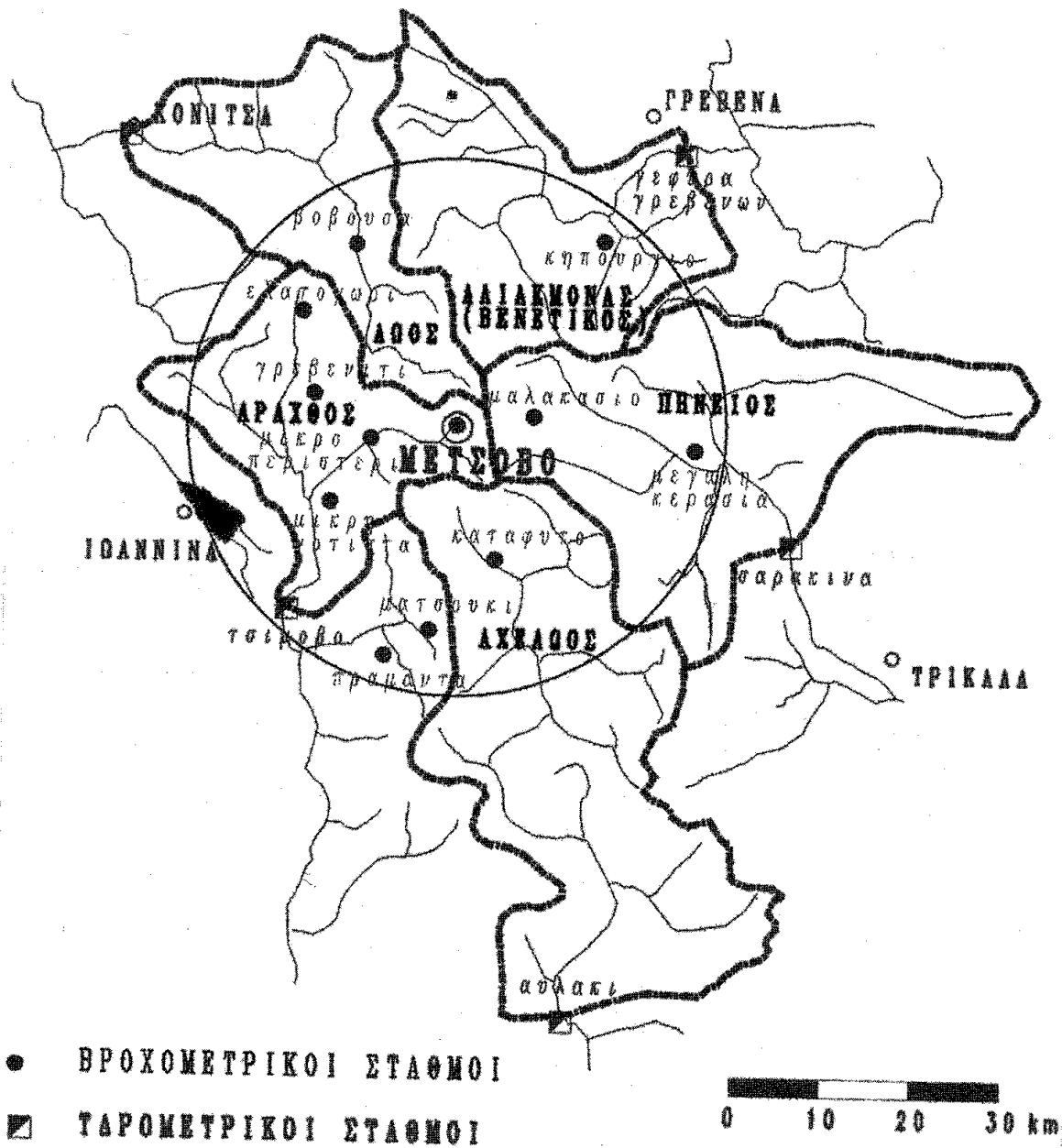
Από γεωλογική άποψη, η περιοχή του Μετσόβου βρίσκεται πάνω στο φλύσχη της γεωτεκτονικής ζώνης της Πίνδου που είναι επωθημένη στην Αδριατικοϊόνιο ζώνη. Στην ευρύτερη περιοχή εμφανίζονται τα υπερβασικά πετρώματα των οφιόλιθων τα οποία είναι επωθημένα στη ζώνη της Πίνδου. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί του φλύσχη και των οφιόλιθων έχουν μειωμένη περατότητα και γενικά χαρακτηρίζονται αδιαπέρατοι. Έτσι δεν ευνοείται ο σχηματισμός υπόγειων υδροφορέων και η υπόγεια απορροή. Ωστόσο, λόγω της ανεπτυγμένης δασοκάλυψης, εμφανίζεται φρεάτιος υδροφόρος ορίζοντας στη ζώνη εφαλλοίωσης των παραπάνω σχηματισμών. Επιπροσθέτως, στην επώθηση των υπερβασικών πετρωμάτων έχουν συμπαρασυρθεί μεγάλα ασβεστολιθικά τεμάχια, τα οποία παρουσιάζουν εξαιρετικά ανεπτυγμένη περατότητα, με αποτέλεσμα να συμβάλλουν στη δίαυτα των πηγών Αώου (περίπου $3 \text{ m}^3/\text{s}$).

Αντίθετα, η επιφανειακή απορροή στην περιοχή πραγματοποιείται με εντονότερους ρυθμούς, διαμορφώνοντας έτσι το πλουσιότερο υδατικό δυναμικό της περιοχής. Σε αυτό συντελούν (α) το σημαντικό μέγεθος των κατακρημνισμάτων (βροχής και χιονιού) στην περιοχή, (β) οι αδιαπέρατοι γεωλογικοί σχηματισμοί, και (γ) το μεγάλο υψόμετρο της περιοχής, που έχει ως συνέπεια τη μειωμένη θερμοκρασία και εξατμοδιαπνοή. Μια άλλη συνέπεια του μεγάλου υψομέτρου είναι η σημαντική παρουσία χιονιού, που συντελεί στην ομαλοποίηση του ρυθμού απορροής κατά τη διάρκεια του έτους, επιμηκύνοντας την περίοδο της υψηλής υδροφορίας.



Σχήμα 1: Οι πέντε κύριες υδρολογικές λεκάνες της Ελλάδας γύρω από το Μέτσοβο.

Στην εργασία αυτή αποτιμάται το επιφανειακό υδατικό δυναμικό της περιοχής. Για το σκοπό αυτό συγκεντρώνονται και διερευνώνται στατιστικά οι κατάλληλες υδρομετεωρολογικές χρονοσειρές της περιοχής, και συγκεκριμένα οι χρονοσειρές βροχόπτωσης και απορροής. Παράλληλα ελέγχεται στατιστικά η μακροχρόνια μεταβλητότητα των χρονοσειρών προκειμένου να διαπιστωθούν τυχόν μεταβολές στα χαρακτηριστικά τους κατά τα τελευταία σαράντα έτη. Επίσης, γίνεται αναφορά στην εμφάνιση ακραίων υδρολογικών περιστατικών, σε συσχέτισμό και με αντίστοιχα φαινόμενα σε άλλες περιοχές της Ελλάδας.



Σχήμα 2: Υπολεκάνες μελέτης, υδρομετρικοί και βροχομετρικοί σταθμοί.

Υδρολογικοί σταθμοί και δεδομένα

Στις πέντε υδρολογικές λεκάνες που ενδιαφέρουν σε αυτή την εργασία καθορίστηκαν οι υπολεκάνες μελέτης που φαίνονται στο σχήμα 2. Ο καθορισμός τους έγινε με αναφορά σε έναν επαρκώς αξιόπιστο υδρομετρικό σταθμό σε κάθε λεκάνη, και συγκεκριμένα στον κοντινότερο προς το Μέτσοβο. Οι υδρομετρικοί σταθμοί αναφοράς και οι εκτάσεις των αντίστοιχων υπολεκανών φαίνονται στον πίνακα 1.

Τα υδρομετρικά δεδομένα στους σταθμούς αναφοράς προέρχονται από υδρο-

λογικές μελέτες και έρευνες, σε μερικές περιπτώσεις πρόσφατες (ΥΔΡΟΕΞΥΓΙΑΝΤΙΚΗ, 1995, για τον Αχελώο· Mimikou, 1995, για τον Αλιάκμονα) και σε άλλες πιο παλιές (PPC, 1978, για τον Αώο· Mimikou et al., 1981, για τον Άραχθο· Κουτσογιάννης, 1988, για τον Πηνειό). Έτσι τα επεξεργασμένα υδρομετρικά δεδομένα, στα οποία βασίστηκε η εργασία αυτή δεν αναφέρονται σε κοινή χρονική περίοδο, αλλά υπάρχουν υποπερίοδοι με ταυτόχρονες μετρήσεις, γεγονός που επιτρέπει τη συγκριτική μελέτη των απορροών στις πέντε λεκάνες. Το μεγαλύτερο σε μέγεθος ιστορικό δείγμα είναι αυτό του Αχελώου στο Αυλάκι (1950-1994), οι τιμές του οποίου προέρχονται είτε από την επεξεργασία των άμεσων μετρήσεων στο Αυλάκι (περίοδος 1965-1991) είτε από συσχετισμούς με τις παροχές στην κατάντη θέση Κρεμαστών (βάσει μοντέλου βροχής-απορροής ή στατιστικούς).

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι μέχρι σήμερα δεν έχει κατορθωθεί η συνεχής και αδιάλειπτη αρχειοθέτηση και επεξεργασία των υδρομετρικών δεδομένων της χώρας, αλλά οι εργασίες αυτές γίνονται περιστασιακά, στα πλαίσια μελετών συγκεκριμένων έργων. Η ολοκλήρωση και επιχειρησιακή λειτουργία της Εθνικής Τράπεζας Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας (ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟ· Τολίκας κ.ά., 1993· Parakostas et al., 1994) αναμένεται να συμβάλει αποφασιστικά στην επίλυση αυτού του προβλήματος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1
ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ
ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΙ ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ

Ποταμός	Όνομασία σταθμού	Έκταση λεκάνης (km ²)	Υπηρεσία	Περίοδος επεξεργασμένων μετρήσεων
Αχελώος	Αυλάκι	1.349	ΔΕΗ	1950-1994
Άραχθος	Τσίμοβο	640	ΔΕΗ	1950-1980
Αώος	Κόνιτσα	665	ΔΕΗ	1963-1977
Αλιάκμονας (Βενέτικος)	Γέφυρα Γρεβενών	817	ΔΕΗ	1961-1991
Πηνειός	Σαρακίνα	1.063	ΥΠΕΧΩΔΕ	1960-1985

Για τη μελέτη των ατμοσφαιρικών κατακορημισμάτων της περιοχής Μετσόβου έγινε συλλογή και επεξεργασία του μηνιαίου ύψους βροχής δώδεκα βροχομετρικών σταθμών οι οποίοι βρίσκονται σε ακτίνα 30 km γύρω από το Μέτσοβο (πίνακας 2

και σχήμα 2). Η επιλογή των σταθμών έγινε με βάση την αξιοπιστία και το μήκος των ιστορικών χρονοσειρών. Ορισμένες από τις χρονοσειρές προέρχονται από την πιλοτική βάση δεδομένων του ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟΥ, ενώ για άλλες χρειάστηκε αναζήτηση από τους φακέλους των υπηρεσιών που λειτουργούν τους βροχομετρικούς σταθμούς.

Βροχόπτωση

Ο προσανατολισμός και το έντονο ανάγλυφο της οροσειράς της Πίνδου, καθώς και η γειτνίασή της με τη θάλασσα, έχει ως αποτέλεσμα την εκδήλωση έντονων ορογραφικών κατακρημνίσεων στην ευρύτερη περιοχή της ορεινής Ηπείρου, και ειδικότερα στην περιοχή γύρω από το Μέτσοβο. Οι κατακρημνίσεις εκδηλώνονται σε όλη τη διάρκεια του έτους και τα μηνιαία και ετήσια ύψη βροχής είναι από τα μεγαλύτερα στην Ελλάδα, διαμορφώνοντας καθοριστικά το κλίμα της περιοχής.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2
ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ

Όνομασία σταθμού	Λεκάνη απορροής	Υψόμετρο (m)	Υπηρεσία	Περίοδος παρατηρήσεων
Μέτσοβο	Άραχθος	1.157	ΥΠΕΧΩΔΕ	1950-1994
Ελατοχώρι	Άραχθος	1.014	ΔΕΗ	1963-1994
Γρεβενίτι	Άραχθος	976	ΥΠΕΧΩΔΕ	1961-1994
Μικρό Περιστέρι	Άραχθος	1.040	ΔΕΗ	1960-1994
Μικρή Γότιστα	Άραχθος	850	ΔΕΗ	1959-1994
Ματσούκι	Άραχθος	1.079	ΔΕΗ	1963-1994
Πράμαντα	Άραχθος	817	ΔΕΗ	1964-1994
Κατάφυτο	Αχελώος	980	ΥΠΕΧΩΔΕ	1952-1994
Βοβούσα	Αώος	1.000	ΔΕΗ	1967-1994
Κηπουργιό	Αλιάκμονας	868	ΔΕΗ	1962-1994
Μαλακάσιο	Πηνειός	842	ΥΠΕΧΩΔΕ	1950-1994
Μεγάλη Κερασιά	Πηνειός	500	ΥΠΕΧΩΔΕ	1973-1994

Οι χρονοσειρές των υψών βροχής των δώδεκα βροχομετρικών σταθμών που προαναφέρθηκαν παρουσιάζουν γενικά καλή εικόνα ως προς την πληρότητα και την αξιοπιστία τους. Διευκρινίζεται ότι στο ύψος βροχής των χρονοσειρών αυ-

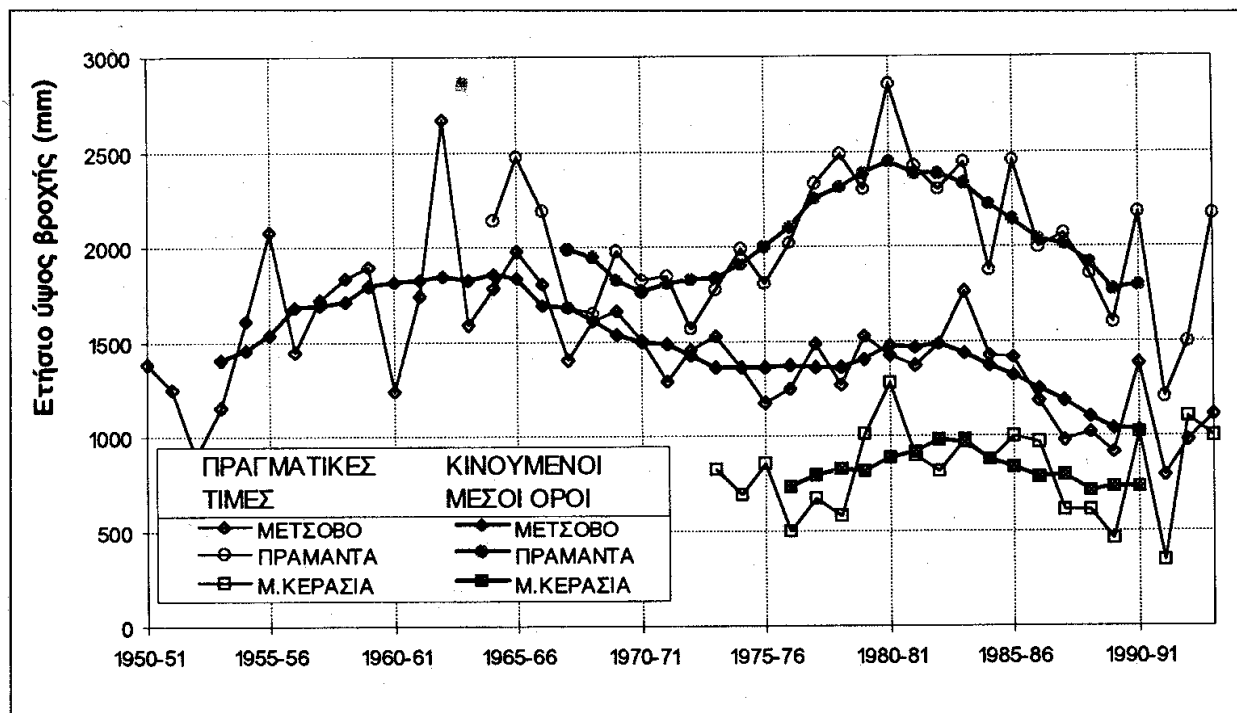
τών έχουν συμπεριληφθεί και τα άλλα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (χιόνι και χαλάζι). Τα πρωτογενή μηνιαία ύψη βροχής παρουσιάζουν υψηλές συσχετίσεις μεταξύ των δώδεκα σταθμών, με συντελεστές συσχέτισης που κυμαίνονται από 0,6 έως 0,9 για τους χειμερινούς και από 0,35 έως 0,8 για τους θερινούς μήνες. Στις χρονοσειρές υπήρχαν μικρές χρονικές περιόδους με ελλείψεις μετρήσεων, οι οποίες συμπληρώθηκαν με βάση τα μηνιαία δεδομένα γειτονικών σταθμών, εφόσον υπήρχε υψηλή συσχέτιση μεταξύ των αντίστοιχων χρονοσειρών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3
ΜΕΣΑ ΕΤΗΣΙΑ ΥΨΗ ΒΡΟΧΗΣ ΤΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ

Όνομασία σταθμού	Λεκάνη απορροής	Υψόμετρο (m)	Περίοδος παρατηρήσεων	Μέσο ετήσιο ύψος βροχής περιόδου παρατηρήσεων	Μέσο ετήσιο ύψος βροχής περιόδου 1950-1994*
Μέτσοβο	Άραχθος	1.157	1950-1994	1.451	1.450
Ελατοχώρι	Άραχθος	1.014	1963-1994	1.480	1.500
Γρεβενίτι	Άραχθος	976	1961-1994	1.500	1.500
Μικρό Περιστερί	Άραχθος	1.040	1960-1994	1.334	1.350
Μικρή Γότιστα	Άραχθος	850	1959-1994	1.203	1.210
Ματσούκι	Άραχθος	1.079	1963-1994	1.738	1.760
Πράμαντα	Άραχθος	817	1964-1994	2.033	2.060
Κατάφυτο	Αχελώος	980	1952-1994	1.377	1.360
Βοβούσα	Αώος	1.000	1967-1994	1.403	1.440
Κηπουργιό	Αλιάκμονας	868	1962-1994	941	970
Μαλακάσιο	Πηνειός	842	1950-1994	1.204	1.200
Μεγάλη Κερασιά	Πηνειός	500	1973-1994	817	850

* Εκτίμηση με βάση και γειτονικούς βροχομετρικούς σταθμούς, με ακρίβεια 10 mm.

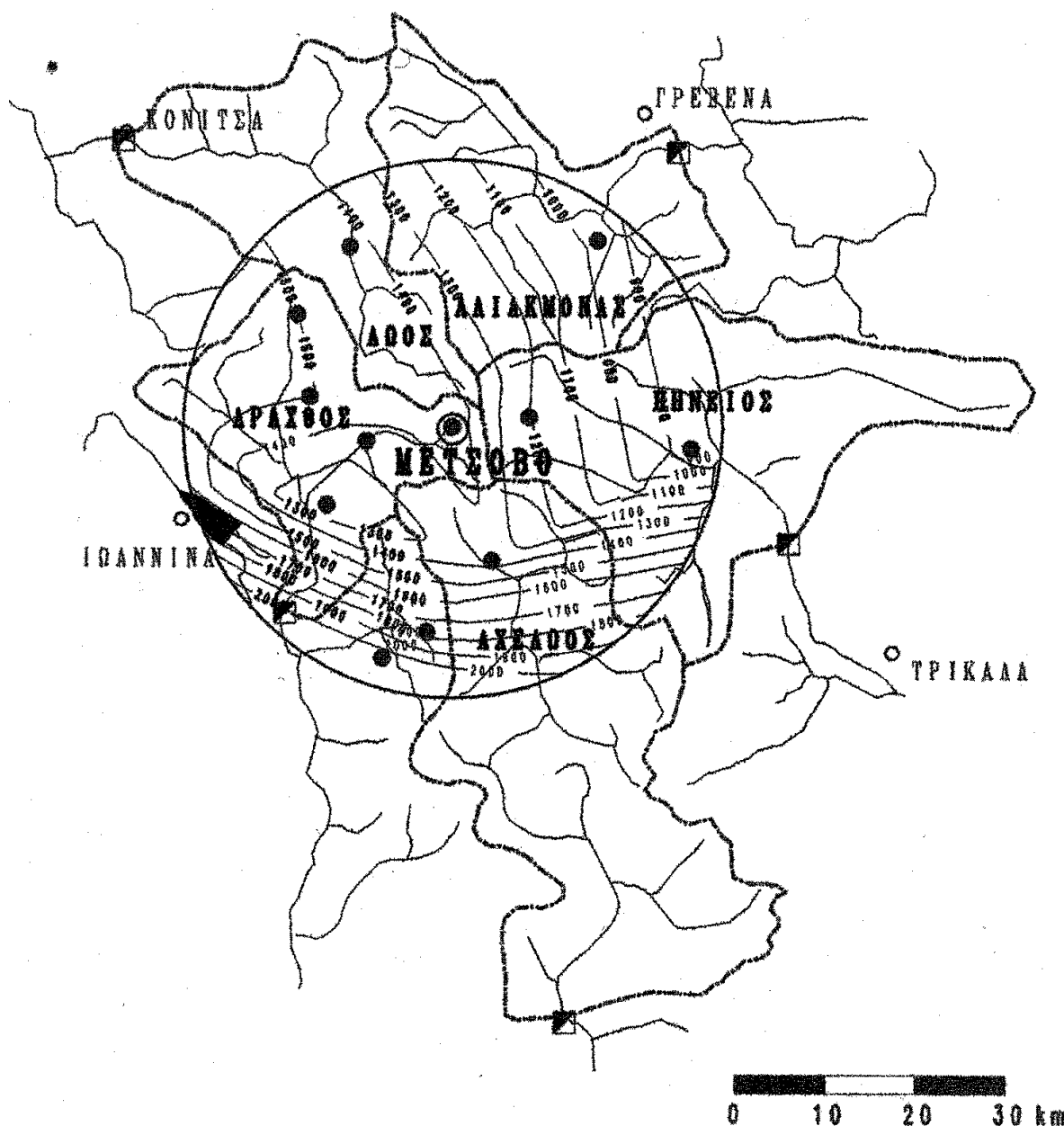
Στο σχήμα 3 έχουν απεικονιστεί τρεις χαρακτηριστικές από τις δώδεκα χρονοσειρές σε ετήσια βάση. Συγκεκριμένα έχουν απεικονιστεί οι χρονοσειρές των σταθμών με το μεγαλύτερο (Πράμαντα) και το μικρότερο (Μεγάλη Κερασιά) ετήσιο ύψος βροχής στην περιοχή. Η χρονοσειρά του Μετσόβου που διαθέτει το μεγαλύτερο μήκος (1950-1994) τοποθετείται περίπου στο μέσο μεταξύ των δύο α-



Σχήμα 3: Γραφική απεικόνιση χρονοσειρών ετήσιου ύψους βροχής και κινούμενων μέσων όρων επταετίας για τρεις χαρακτηριστικούς σταθμούς της Περιοχής Μελέτης.

κραίων χρονοσειρών. Γενικά παρατηρείται συμφωνία των τριών χρονοσειρών μεταξύ τους, πράγμα που ισχύει και για τις υπόλοιπες εννιά χρονοσειρές που δεν απεικονίζονται στο σχήμα 3. Στο ίδιο σχήμα έχουν απεικονιστεί και οι σειρές κινούμενων μέσων όρων επταετίας των τριών σταθμών, οι οποίες, εξομαλύνοντας τις ετήσιες τυχαίες διακυμάνσεις, επιτρέπουν την καλύτερη οπτική σύγκριση των διάφορων χρονοσειρών μεταξύ τους, αλλά και τον εντοπισμό των μακροχρόνιων περιόδων με ανοδικές και καθοδικές μεταβολές στα αντίστοιχα μεγέθη.

Στον πίνακα 3 δίνονται τα μέσα ετήσια ύψη βροχής υπολογισμένα από τις αντίστοιχες χρονοσειρές για την περίοδο λειτουργίας του κάθε σταθμού, καθώς και εκτιμήσεις για την περίοδο 1950-1994. Για την εξαγωγή των τελευταίων εκτιμήσεων αξιοποιήθηκαν με στατιστικές μεθόδους οι συσχετίσεις με γειτονικούς σταθμούς που είχαν πλήρεις χρονοσειρές στην εν λόγω περίοδο. Με βάση τις τελευταίες εκτιμήσεις χαράχτηκαν οι μέσες ετήσιες ισοϋέτιες καμπύλες (σχήμα 4), οι οποίες δίνουν σαφή εικόνα της έντονης γεωγραφικής μεταβλητότητας της βροχής στην Περιοχή Μελέτης. Το μέσο υπερετήσιο ύψος βροχής της περιοχής με ακτίνα 30 km γύρω από το Μέτσοβο προέκυψε περί τα 1.350 mm. Τα υψηλότερα ύψη βροχής σημειώνονται νότια του Μετσόβου, όπου και φτάνουν τα 2.000 mm (από τις υψηλότερες βροχοπτώσεις στην Ελλάδα). Κοντά στο Μέτσοβο και στη βόρεια περιοχή τα ύψη είναι της τάξης των 1.400-1.500 mm. Η αποφόρτιση, μέσω

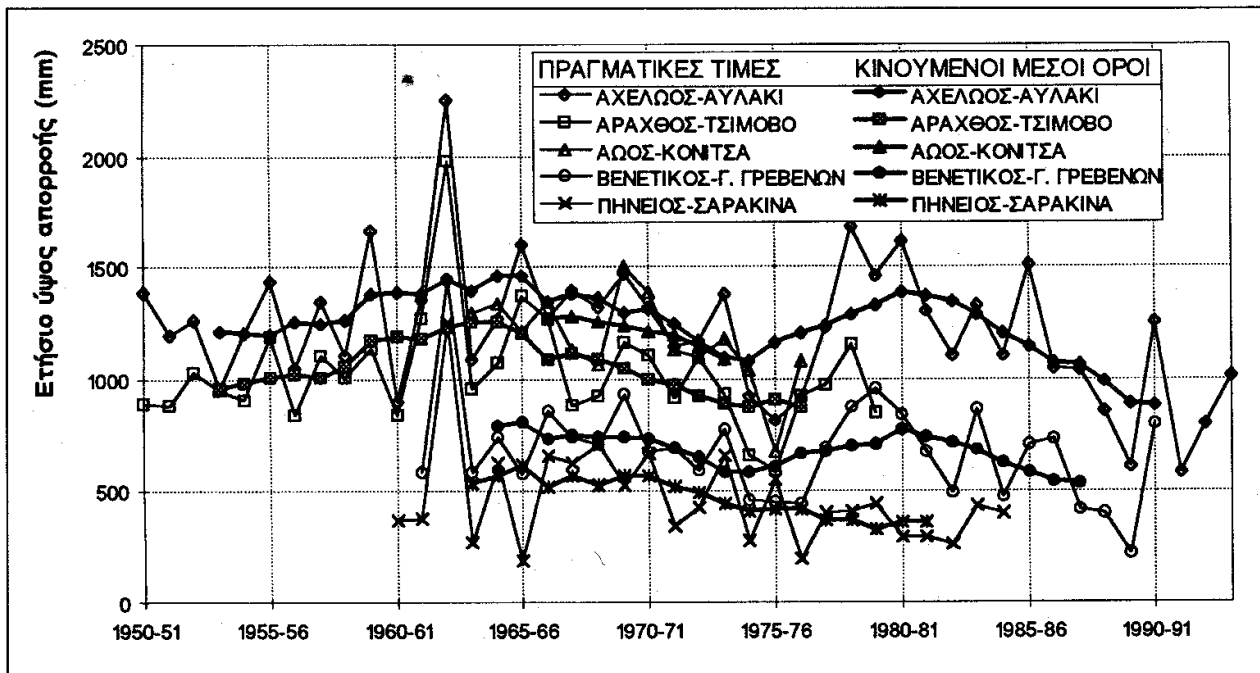


Σχήμα 4: Μέσες ετήσιες ισοϋέτιες καμπύλες γύρω από το Μέτσοβο για την περίοδο 1950-1994.

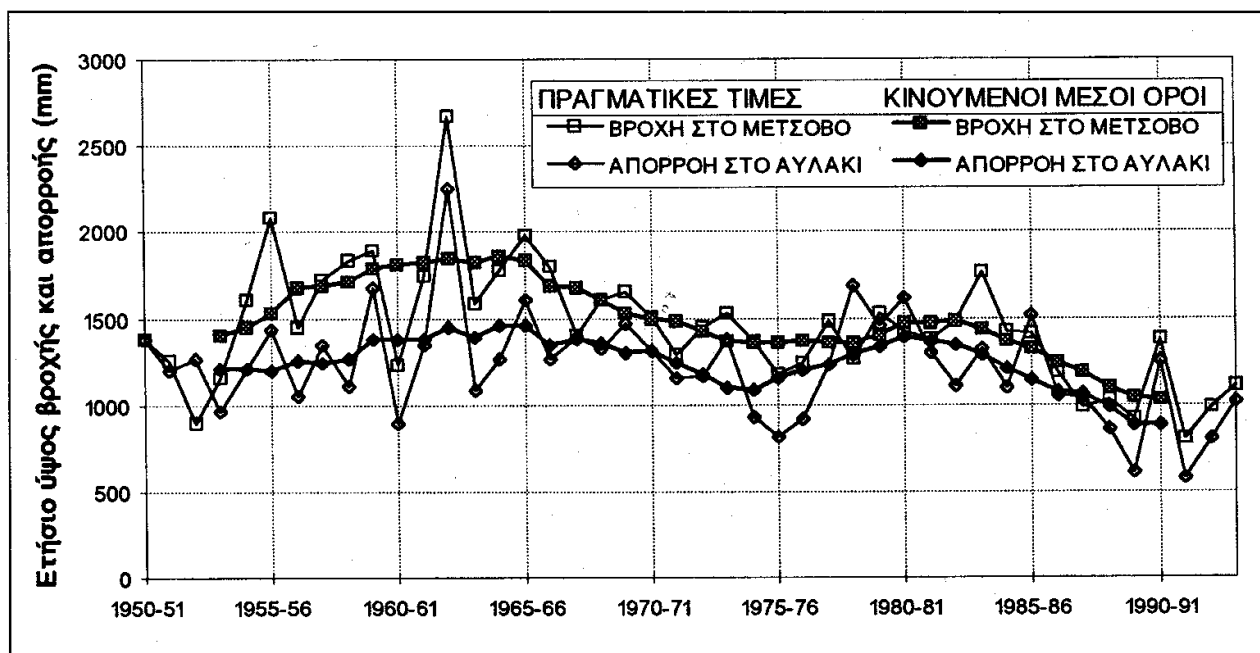
των κατακρημνισμάτων, των υδρατιμών των αερίων μαζών όταν αυτές ανέρχονται και υπερπηδούν την οροσειρά της Πίνδου έχει ως αποτέλεσμα τις μειωμένες βροχοπτώσεις στις πλαγιές με ανατολικό προσανατολισμό (λεκάνες Αλιάκμονα και Πηνειού), όπου το ετήσιο ύψος είναι της τάξης των 800-900 mm.

Απορροή – Επιφανειακό υδατικό δυναμικό

Όπως προαναφέρθηκε, οι ισχυρές βροχοπτώσεις, οι αδιαπέρατοι γεωλογικοί



Σχήμα 5: Γραφική απεικόνιση χρονοσειρών ετήσιου ύψους απορροής και κινούμενων μέσων όρων επταετίας για τις πέντε υδρολογικές λεκάνες της περιοχής μελέτης.



Σχήμα 6: Συγκριτική γραφική απεικόνιση των χρονοσειρών του ετήσιου ύψους βροχής στο Μέτσοβο και του ετήσιου ύψους απορροής της υπολεκάνης ανάντη Αυλακιού του Αχελώου, καθώς και των αντίστοιχων κινούμενων μέσων όρων επταετίας.

σηματισμοί και τα μεγάλα υψόμετρα της περιοχής οδηγούν σε εντονότατους ρυθμούς επιφανειακής απορροής.

Οι χρονοσειρές των παροχών στους πέντε υδρομετρικούς σταθμούς που προαναφέρθηκαν παρουσιάζουν γενικά καλή έως μέτρια εικόνα ως προς την αξιοπι-

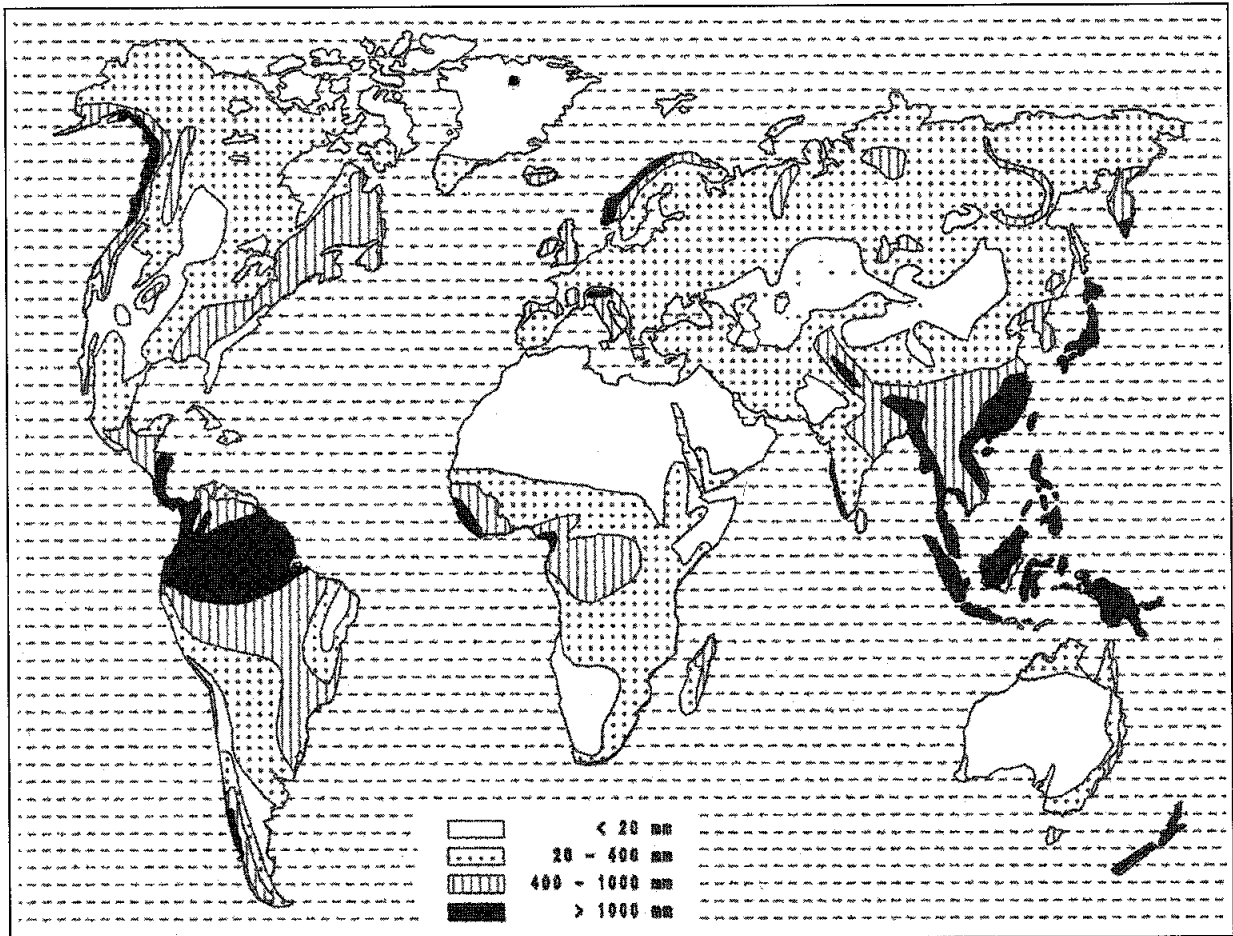
στία τους, ενώ η πληρότητά τους δεν είναι ικανοποιητική, αφού υπάρχουν ελλείψεις στην πιο πρόσφατη περίοδο για λόγους που προαναφέρθηκαν (με εξαίρεση το σταθμό Αυλάκι στον Αχελώο). Στο σχήμα 5 έχουν απεικονιστεί οι πέντε χρονοσειρές σε ετήσια βάση μαζί με τις αντίστοιχες σειρές κινούμενων μέσων όρων επταετίας, αφού προηγουμένως έγινε αναγωγή της παροχής σε ισοδύναμο ύψος απορροής που εκφράζεται σε mm. Γενικά παρατηρείται συμφωνία των πέντε χρονοσειρών μεταξύ τους. Στο σχήμα 6 έχουν απεικονιστεί για σύγκριση οι χρονοσειρές βροχής στο Μέτσοβο και απορροής στο Αυλάκι· είναι εμφανής η συμφωνία βροχής και απορροής (παράλληλες περίοδοι με ανοδικούς ή καθοδικούς κλάδους), πράγμα ενδεικτικό της αξιοπιστίας των μετρήσεων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4
ΜΕΣΑ ΕΤΗΣΙΑ ΥΨΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ
ΣΤΙΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ποταμός	Όνομασία σταθμού	Έκταση λεκάνης (km ²)	Περίοδος επεξεργασμένων μετρήσεων	Μέσο ετήσιο ύψος απορροής περιόδου παρατηρήσεων	Μέσο ετήσιο ύψος απορροής περιόδου 1950-1994*
Αχελώος	Αυλάκι	1.349	1950-1994	1.222	1.200
Άραχθος	Τσίμοβο	640	1950-1980	1.029	1.000
Αώος	Κόνιτσα	665	1963-1977	1.177	1.200
Αλιάκμονας	Γέφ. Γρεβενών	817	1961-1991	682	650
Πηνειός	Σαρακίνα	1.063	1960-1985	468	400

* Εκτίμηση με βάση και βροχομετρικούς ή γειτονικούς υδρομετρικούς σταθμούς, με ακρίβεια 50 mm.

Στον πίνακα 4 δίνονται τα μέσα ετήσια ύψη απορροής υπολογισμένα από τις αντίστοιχες χρονοσειρές για την περίοδο λειτουργίας του κάθε σταθμού, καθώς και εκτιμήσεις για την περίοδο 1950-1994. Για την εξαγωγή των τελευταίων εκτιμήσεων αξιοποιήθηκαν με στατιστικές μεθόδους οι συσχετίσεις είτε με την απορροή γειτονικών σταθμών είτε με τη βροχή σταθμών της λεκάνης. Στον πίνακα αυτό είναι εμφανή δύο διαφορετικά καθεστάτα απορροής: στις δυτικές λεκάνες (Αχελώος, Άραχθος, Αώος) το μέσο ετήσιο ύψος απορροής είναι 1.000-1.200 mm,



Σχήμα 7: Απλοποιημένη παγκόσμια κατανομή του ύψους απορροής. Πηγή: Lvonitch, 1973 (American Geophysical Union).

ενώ στις ανατολικές λεκάνες (Πηνειός, Αλιάκμονας) είναι 400-650 mm. Από προκαταρκτικές εκτιμήσεις προέκυψε ότι ο συντελεστής απορροής για τις δυτικές λεκάνες και τον Αλιάκμονα κυμαίνεται από 0,60 μέχρι 0,70, ενώ για τον Πηνειό είναι μικρότερος (περίπου 0,45).

Για να γίνει σαφές το μέγεθος της απορροής των δυτικών λεκανών παραθέτουμε στο σχήμα 7 προσεγγιστικό χάρτη που δείχνει την παγκόσμια γεωγραφική κατανομή του ύψους απορροής (Lvonitch, 1973). Παρατηρούμε ότι σε ελάχιστες περιοχές της Ευρώπης αλλά και παγκοσμίως το ύψος απορροής ξεπερνά τα 1.000 mm. Το γεγονός αυτό κατατάσσει την περιοχή στις πλουσιότερες παγκοσμίως λεκάνες από πλευράς υδατικού δυναμικού ανά μονάδα επιφάνειας.

Διερεύνηση τάσεων

Στα σχήματα 3, 5 και 6 διακρίνονται ανοδικοί και καθοδικοί κλάδοι στα γραφή-

ΠΙΝΑΚΑΣ 5
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΤΩΤΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΣΕ ΤΕΣΣΕΡΙΣ
ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

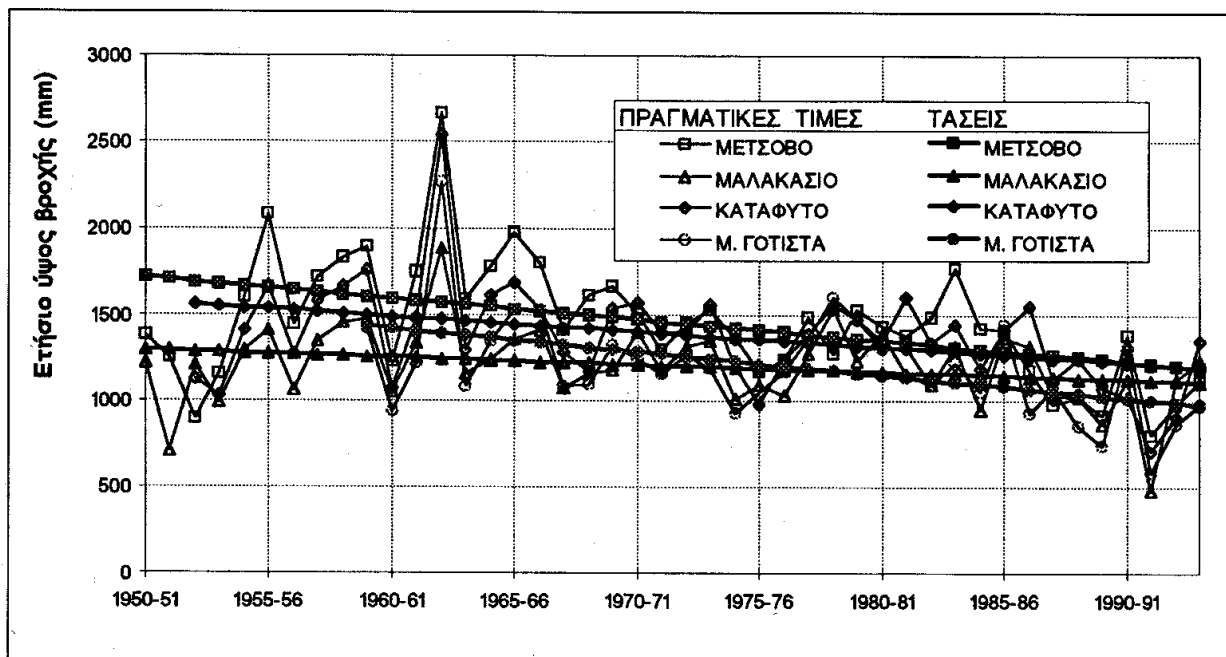
Όνομασία σταθμού	Λεκάνη απορροής	Μέγεθος δείγματος (έτη)	Ετήσια μείωση ύψους βροχής (mm)	Ποσοστό ετήσιας μείωσης (%)	Στατιστική σημαντικότητα δοκιμής Kendall	Στατιστική σημαντικότητα δοκιμής γραμμικής συσχέτισης
Μέτσοβο	Άραχθος	44	12,1	0,84	Ναι	Ναι
Μικρή Γότιστα	Άραχθος	35	13,5	1,12	Ναι	Ναι
Κατάφυτο	Αχελώος	42	8,8	0,64	Ναι	Ναι
Μαλακάσιο	Πηνειός	44	4,3	0,36	Ναι	Ναι

ματα των χρονοσειρών βροχόπτωσης και απορροής της περιοχής. Τα γραφήματα των κινούμενων μέσων όρων επταετίας στα σχήματα αυτά επιτρέπουν τον εντοπισμό των περιόδων στις οποίες εμφανίζονται οι ανοδικές ή καθοδικές μεταβολές. Έτσι στις περισσότερες από τις χρονοσειρές διακρίνουμε ανοδική μεταβολή στις υποπεριόδους 1950-1951 μέχρι 1965-1966 και 1975-1976 μέχρι 1980-1981 και καθοδική στις υποπεριόδους 1965-1966 μέχρι 1975-1976 και 1980-1981 μέχρι 1993-1994.

Ωστόσο το μικρό μήκος αυτών των υποπεριοδών (πέντε έως δεκαπέντε χρόνια) δεν επιτρέπει τη συναγωγή ασφαλών στατιστικών συμπερασμάτων ως προς την ύπαρξη ή όχι τάσεων. Από στατιστικής πλευράς οι παρατηρούμενοι ανοδικοί και καθοδικοί κλάδοι μπορούν να αποδοθούν στη συνήθη τυχαία διακύμανση των υδρολογικών μεταβλητών. Ο στατιστικός έλεγχος της ύπαρξης σημαντικών τάσεων, που δεν εξηγούνται από τη συνήθη τυχαία διακύμανση, προϋποθέτει την ύπαρξη μεγάλου μήκους χρονοσειρών. Για τις συγκεκριμένες χρονοσειρές, αυτό που μπορεί να ελεγχθεί στατιστικά είναι εάν στο σύνολό τους εμφανίζεται ή όχι μια ενιαία μονόπλευρη (αυξητική ή πτωτική) τάση.

Στον πίνακα 5 δίνονται τα αποτελέσματα του στατιστικού ελέγχου μονόπλευρων τάσεων για τις τέσσερις χρονοσειρές ετήσιων υψών βροχής, και συγκεκριμένα αυτές που είχαν μήκος τριάντα πέντε έτη ή μεγαλύτερο. Η υπό έλεγχο στατιστική υπόθεση αφορά την ύπαρξη ή όχι πτωτικής τάσης στο σύνολο της κάθε χρονοσειράς. Εφαρμόστηκαν δύο στατιστικές δοκιμές σε επίπεδο σημαντικότητας 5%: η δοκιμή του Kendall ελέγχει την ύπαρξη τάσης χωρίς να κάνει καμιά υπόθεση σχετικά

με το νόμο που ακολουθεί η συγκεκριμένη τάση. Η δοκιμή γραμμικής συσχέτισης ελέγχει την ύπαρξη τάσης που περιγράφεται από γραμμική συνάρτηση του χρόνου. Όπως φαίνεται στον πίνακα 5, τα αποτελέσματα και των δύο στατιστικών δοκιμών επιβεβαιώνουν την ύπαρξη πτωτικής τάσης για όλες τις χρονοσειρές. Οι τάσεις είναι εμφανείς και στο σχήμα 8. Η ετήσια ποσοστιαία μείωση της βροχής κατά τη διάρκεια των σαράντα τεσσάρων ετών που υπάρχουν δεδομένα κυμαίνεται από 0,36% μέχρι 1,12% (πίνακας 5). Στο Μέτσοβο η συνολική μείωση του μέσου ύψους βροχής κατά τη διάρκεια των σαράντα τεσσάρων ετών είναι περίπου 30%.



Σχήμα 8: Γραφική απεικόνιση των χρονοσειρών ετήσιου ύψους βροχής για τέσσερις χαρακτηριστικούς σταθμούς της Περιοχής Μελέτης και των αντίστοιχων υπερετήσιων πτωτικών τάσεων.

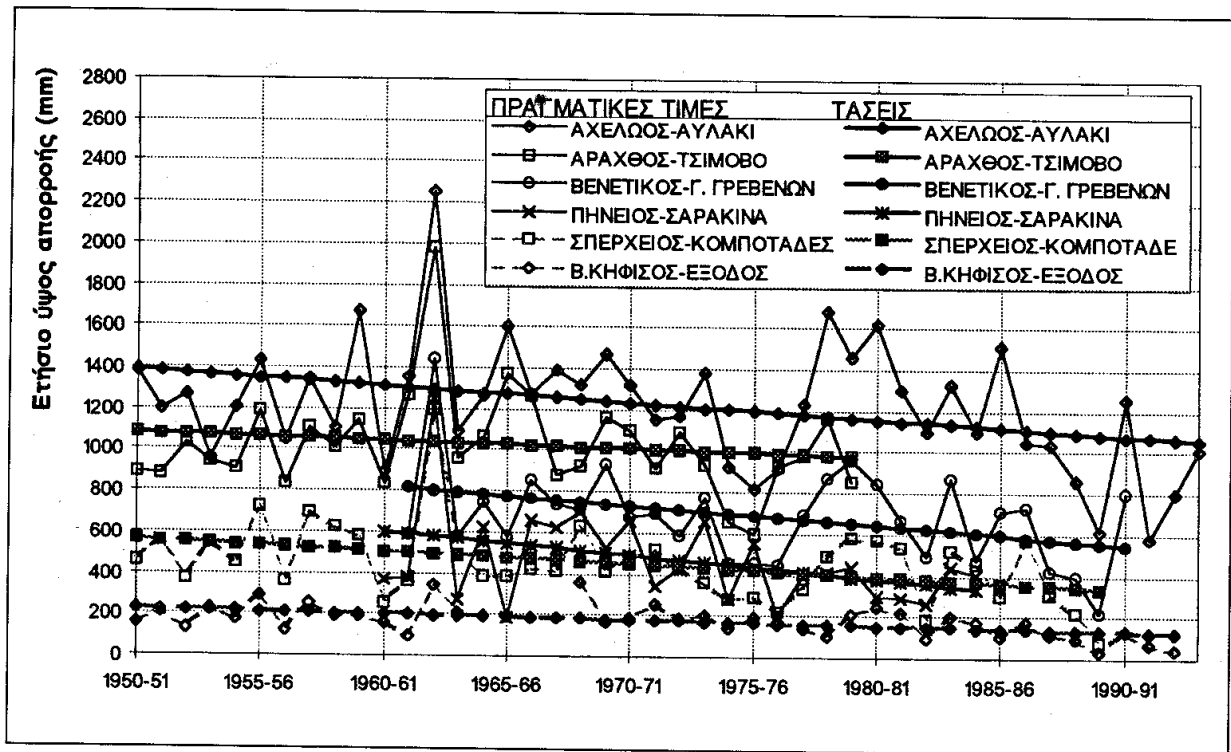
Είναι αυτονόητο ότι η διαπιστωμένη πτωτική τάση των βροχοπτώσεων έχει συνέπεια αντίστοιχη τάση και στην επιφανειακή απορροή. Πράγματι, αυτό επιβεβαιώνεται άμεσα στη χρονοσειρά απορροής του Αχελώου στο Αυλάκι, η οποία έχει επαρκές μήκος (σαράντα τέσσερα χρόνια). Και οι δύο στατιστικές δοκιμές που προαναφέρθηκαν συνηγορούν στην ύπαρξη πτωτικής τάσης (πίνακας 6), το μέγεθος της οποίας είναι 7,8 mm ή 0,64% ετησίως. Για τις χρονοσειρές των άλλων ποταμών, λόγω του μικρότερου μεγέθους δειγμάτων και ιδιαίτερα των ελλείψεων δεδομένων για την πιο πρόσφατη περίοδο, τα αποτελέσματα των στατιστικών δοκιμών δεν είναι κατηγορηματικά (πίνακας 6). Ωστόσο σε όλες τις περιπτώσεις οι τάσεις είναι πτωτικές και περίπου ίδιας τάξης μεγέθους με αυτή του Αχελώου, όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στο σχήμα 9. Επιπλέον, στο σχήμα 9 έχουν απεικον-

ΠΙΝΑΚΑΣ 6
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΤΩΤΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΣΕ ΤΕΣΣΕΡΙΣ
ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Λεκάνη απορροής	Όνομασία σταθμού	Μέγεθος δείγματος (έτη)	Ετήσια μείωση ύψους απορροής (mm)	Ποσοστό ετήσιας μείωσης (%)	Στατιστική σημαντικότητα δοκιμής Kendall	Στατιστική σημαντικότητα δοκιμής γραμμικής συσχέτισης
Αχελώος	Αυλάκι	44	7,8	0,64	Ναι	Ναι
Αραχθος	Τσίμοβο	30	3,6	0,35	Όχι	Όχι
Αλιάκμονας	Γέφ.	30	9,2	1,34	Όχι	Ναι
Πηνειός	Γρεβενών Σαρακίνα	25	11,1	2,38	Όχι	Ναι

νιστεί για λόγους σύγκρισης και οι χρονοσειρές απορροής, μαζί με τις αντίστοιχες τάσεις, δύο ποταμών της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, του Βοιωτικού Κηφισού και του Σπερχειού. Και σε αυτούς τους ποταμούς εμφανίζονται παρόμοιες πτωτικές τάσεις, οι οποίες έχουν ελεγχθεί και βρέθηκαν να είναι στατιστικά σημαντικές (Κουτσογιάννης κ.ά., 1990· Μαμάσης κ.ά., 1990· Κουτσογιάννης κ.ά., 1992· Ναλμπάντης κ.ά., 1994· Κουτσογιάννης και Τσακαλίας, 1995). Η ομοιότητα της εξέλιξης των χρονοσειρών της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας με αυτές της περιοχής Μετσόβου είναι εντυπωσιακή, εάν μάλιστα ληφθεί υπόψη και το σημαντικά διαφορετικό υδροκλιματικό καθεστώς των υδρολογικών λεκανών Σπερχειού και Βοιωτικού Κηφισού (μικρότερες βροχοπτώσεις, πολύ μικρότεροι συντελεστές απορροής). Η ομοιότητα αυτή μας επιτρέπει να αξιοποιήσουμε το μεγαλύτερο σε μέγεθος ιστορικό δείγμα μετρήσεων του Βοιωτικού Κηφισού, που ξεκινά από το 1907 (το μεγαλύτερο μάλλον δείγμα απορροής στην Ελλάδα), και να συμπεράνουμε ότι η πτωτική τάση υπήρχε και προ του 1950-1951. Συγκεκριμένα, στο Βοιωτικό Κηφισό η πτωτική τάση ξεκινά από το 1920-1921 (Κουτσογιάννης κ.ά., 1990· Μαμάσης κ.ά., 1990· Κουτσογιάννης κ.ά., 1992· Ναλμπάντης κ.ά., 1994).

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι οι πτωτικές τάσεις στην απορροή αποτελούν φαινόμενο με μεγάλη γεωγραφική έκταση, αφού συναντάται τουλάχιστον στην Ήπειρο, στη Δυτική και Ανατολική Στερεά Ελλάδα, στη Θεσσαλία και στη Δυτική Μακεδονία. Η σημασία του φαινομένου αυτού είναι μεγάλη για τους υδατικούς πόρους της χώρας και θα πρέπει να του δοθεί η δέουσα προσοχή, τόσο σε επίπεδο ερευνών και μελετών, όσο και σε επίπεδο διαχείρισης υδατικών πόρων. Ως

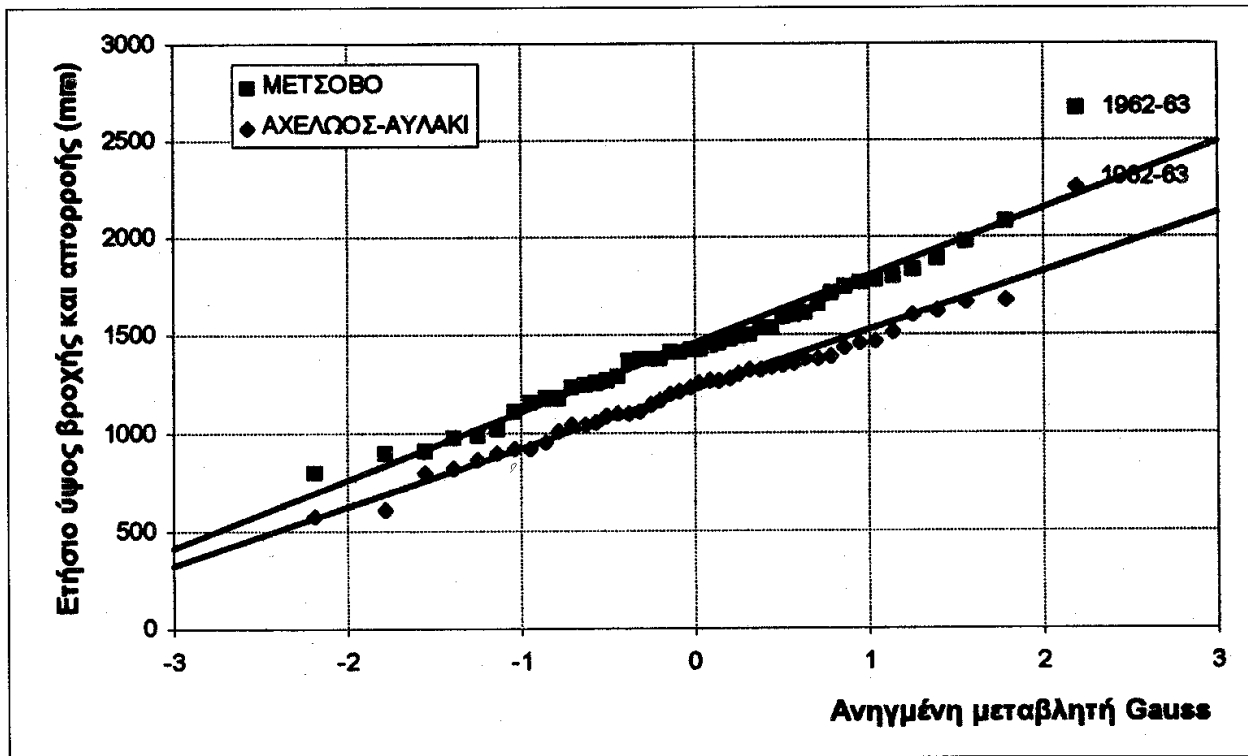


Σχήμα 9: Γραφική απεικόνιση των χρονοσειρών ετήσιου ύψους απορροής τεσσάρων υδρολογικών λεκανών της Περιοχής Μελέτης και των αντίστοιχων υπερετήσιων πωτικών τάσεων. Για σύγκριση έχουν απεικονιστεί και τα αντίστοιχα μεγέθη δύο λεκανών της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (Βοιωτικού Κηφισού και Σπερχείου).

προς τη διάγνωση των αιτιών του φαινομένου αυτού και τη δυνατότητα πρόγνωσης της εξέλιξής του στο μέλλον, η υδρολογική επιστήμη δεν επιτρέπει συγκεκριμένες απαντήσεις. Πάντως δε θα είχε νόημα η συσχέτισή του με το φαινόμενο θερμοκηπίου, γιατί κάτι τέτοιο δεν μπορεί να αποδειχτεί με κατηγορηματικό τρόπο. Άλλωστε δεν είναι απαραίτητο να καταφύγουμε σε τέτοια εξήγηση, αφού, σύμφωνα με τη διατύπωση του Αμερικανικού National Research Council (1991), γενικά «το κλίμα αλλάζει με ακανόνιστο τρόπο, για άγνωστους λόγους, σε όλες τις χρονικές κλίμακες» (βλ. και Κουτσογιάννης, 1993).

Ακραία υδρολογικά φαινόμενα

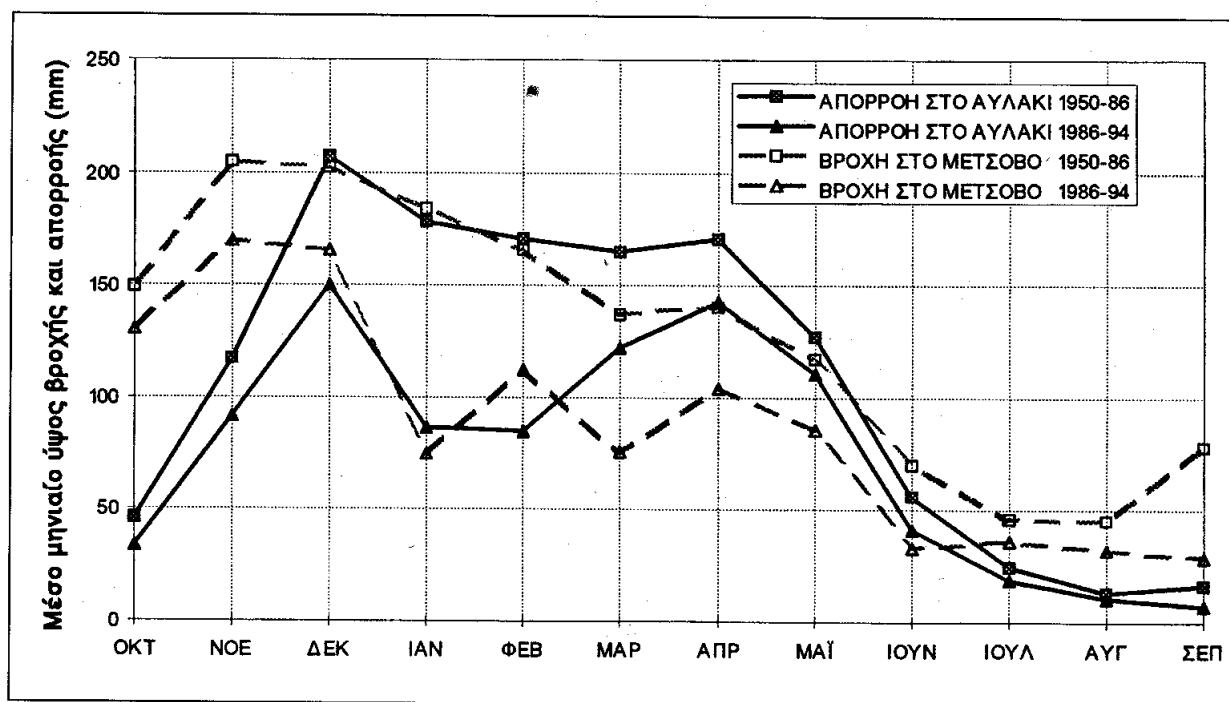
Σκοπός της ενότητας αυτής είναι ο εντοπισμός και η ανάλυση περιόδων εξαιρετικά υψηλής ή εξαιρετικά χαμηλής υδροφορίας μέσα στις διαθέσιμες ιστορικές χρονοσειρές, σε ετήσια ή υπερετήσια χρονική κλίμακα (δεν αναφερόμαστε σε πλημμυρικά επεισόδια, τα οποία εξελίσσονται σε πολύ μικρή χρονική κλίμακα, όπως ωριαία ή ημερήσια). Για το σκοπό αυτό απεικονίσαμε σε χαρτί κανονικής



Σχήμα 10: Απεικόνιση σε χαρτί κανονικής κατανομής των εμπειρικών συναρτήσεων κατανομής (σημεία) και των αντίστοιχων θεωρητικών συναρτήσεων κατανομής Gauss (ευθείες) για τη βροχοπτώση στο Μέτσοβο και την απορροή του Αχελώου στο Αυλάκι.

κατανομής τις εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής δύο χαρακτηριστικών δειγμάτων σε ετήσια κλίμακα: της βροχής στο Μέτσοβο και της απορροής του Αχελώου στο Αυλάκι (σχήμα 10). Όπως θα αναμέναμε για μια ιδιαίτερα πλούσια σε υδατικό δυναμικό περιοχή, οι δειγματικές συναρτήσεις κατανομής τείνουν προς την κανονική κατανομή, πράγμα που διαπιστώνεται από την ευθύγραμμη διάταξη των σημείων των δειγματικών συναρτήσεων. Η σημαντική απόκλιση που εμφανίζεται σε ένα σημείο αντιστοιχεί στις ιδιαίτερα μεγάλες απορροές του 1962-1963. Το εν λόγω σημείο μπορεί να προσδιοριστεί ως εξωκείμενο (outlier). Όπως άλλωστε επιβεβαιώνεται και από όλα τα προηγούμενα σχήματα, κατά το έτος 1962-1963 είχαμε ασυνήθιστα υψηλές βροχοπτώσεις και απορροές σε όλη σχεδόν την Ελλάδα.

Αντίθετα, στην περιοχή των χαμηλών παροχών δεν παρατηρούμε εξωκείμενες τιμές, παρόλο που ενδεχομένως θα ανέμενε κανείς τέτοιες, λόγω της έντονης πρόσφατης ξηρασίας (ιδιαίτερα κατά τα υδρολογικά έτη 1989-1990, 1991-1992 και 1992-1993), αφού μάλιστα έχουν σημειωθεί σε άλλες λεκάνες του ελλαδικού χώρου (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1990· Μαμάσης κ.ά., 1990· Κουτσογιάννης κ.ά., 1992· Ναλμπάντης κ.ά., 1994). Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι στην ευρύτερη περιοχή Μετσόβου η ξηρασία δεν εκδηλώθηκε με την εμφάνιση ενός ή περισσότε-



Σχήμα 11: Μηνιαία κατανομή του ετήσιου ύψους βροχής στο Μέτσοβο και του ετήσιου ύψους απορροής της υπολεκάνης ανάντη Αυλακιού του Αχελώου για τις περιόδους (α) 1950-1986, και (β) 1986-1994.

ρων πολύ ακραίων υδρολογικών ετών, αλλά με τη συνεχή διαδοχή ξηρών (αλλά όχι τόσο ακραίων) υδρολογικών ετών. Πράγματι, στα σχήματα 3, 5 και 6 είναι εμφανής η συσσώρευση πολλών σχετικά φτωχών υδρολογικών ετών κατά την πρόσφατη οκταετία 1986-1994. Η ομαδοποίηση των φτωχών υδρολογικών ετών (όπως και των πλούσιων) δεν είναι βέβαια πρωτόγνωρο φαινόμενο, αλλά γνωστό στην υδρολογία από παλιά, έχει μάλιστα αποκληθεί από τον Mandelbrot (1977) φαινόμενο *Ιωσήφ* (από τη γνωστή βιβλική ιστορία). Προσπαθώντας να διερευνήσουμε περαιτέρω το διαφορετικό υδροκλιματικό καθεστώς της τελευταίας οκταετίας, έχουμε απεικονίσει στο σχήμα 10 τη μηνιαία κατανομή του ετήσιου ύψους βροχής στο Μέτσοβο και του ετήσιου ύψους απορροής του Αχελώου στο Αυλάκι, ξεχωριστά για τις περιόδους 1950-1986 και 1986-1994. Είναι εμφανείς οι μειωμένοι ρυθμοί βροχής της περιόδου 1986-1994. Η πιο χαρακτηριστική διαφοροποίηση σε σχέση με την προηγούμενη περίοδο εντοπίζεται στους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο. Έτσι η μορφή της ενδοετήσιας κατανομής της βροχής και απορροής έχει διαφοροποιηθεί αισθητά τα τελευταία χρόνια και, αντί να παρουσιάζει τη συνηθισμένη για το ελληνικό κλίμα εικόνα με μια αιχμή το Δεκέμβριο και ομαλή πτώση τους επόμενους μήνες, εμφανίζει δευτερεύουσα αιχμή περί τον Απρίλιο. Αυτή η διαφοροποιημένη εικόνα έχει παρατηρηθεί και σε άλλες περιοχές της Ελλάδας (Κουτσογιάννης κ.ά., 1992· Ναλμπάντης κ.ά., 1994).

Συμπεράσματα

- Η περιοχή του Μετσόβου αποτελεί την υδρολογική καρδιά της Ελλάδας, απ' όπου ξεκινούν οι πέντε σημαντικότερες υδρολογικές αρτηρίες της: ο Αχελώος, ο Άραχθος, ο Αώος, ο Αλιάκμονας και ο Πηνειός.
- Η περιοχή χαρακτηρίζεται από πολύ μεγάλα ύψη βροχής που σε μέση ετήσια βάση φτάνουν στα 1.500 mm, αλλά και από έντονη γεωγραφική διακύμανση της βροχής, που οφείλεται στην ορογραφία της περιοχής. Έτσι, το μέσο ετήσιο ύψος ξεπερνά τα 2.000 mm σε μικρή απόσταση από το Μέτσοβο προς τα νοτιοδυτικά, ενώ πέφτει κάτω από τα 800 mm σε μικρή απόσταση προς τα ανατολικά.
- Το επιφανειακό υδατικό δυναμικό των τριών λεκανών της δυτικής πλευράς (Αχελώος, Άραχθος, Αώος) φτάνει ή ξεπερνά τα 1.000 mm, γεγονός που τις κατατάσσει στις πλουσιότερες παγκοσμίως λεκάνες από πλευράς υδατικού δυναμικού ανά μονάδα επιφάνειας. Το δυναμικό των ανατολικών λεκανών (Αλιάκμονα και Πηνειού) είναι επίσης σημαντικό, αλλά αρκετά χαμηλότερο (περί τα 650 mm και 400 mm, αντίστοιχα).
- Από την ανάλυση των χρονοσειρών βροχής και απορροής της περιοχής διαπιστώνονται στατιστικά σημαντικές πτωτικές τάσεις για τα τελευταία σαράντα σαράντα πέντε έτη, στο σύνολο σχεδόν των μεταβλητών για τις οποίες υπάρχουν μεγάλου μήκους χρονοσειρές.

Αναγνωρίσεις

Τα ιστορικά δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία αυτή καταρτίστηκαν με βάση πρωτογενή υδρολογικά δεδομένα της ΔΕΗ και του ΥΠΕΧΩΔΕ. Οι συγγραφείς εκφράζουν θερμές ευχαριστίες προς τους φορείς αυτούς, και ιδιαίτερα στους Α. Ξανθουλέα (ΔΕΗ) και Π. Τζούκα (ΥΠΕΧΩΔΕ), για την έγκαιρη χορήγηση των δεδομένων. Επίσης, ευχαριστούν τη Μ. Μιμίκου για τη βοήθειά της στην αξιολόγηση των δεδομένων. Τέλος, ευχαριστούν τους Π. Μαρίνο και Χ. Σμυρνιώτη για τη βοήθειά τους στην κατανόηση της γεωλογίας της περιοχής.

Βιβλιογραφία

1. Κουτσογιάννης Δ., Τελική Έκθεση, Τεύχος 7, *Υδρολογική διερεύνηση του υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας*, Τομέας Υδατικών Πόρων, ΕΜΠ, Αθήνα, 1988.
2. Κουτσογιάννης Δ., Ο χαρακτήρας της ξηρασίας, *ΠΥΡΦΟΡΟΣ*, 7, 6-7, Μάιος-Ιούνιος 1993.
3. Κουτσογιάννης Δ., Μαμάσης Ν. και Ναλμπάντης Ι., Στοχαστική προσομοίωση υδρολογικών μεταβλητών, τεύχος 13, *Διερεύνηση προσφερομένων δυνατοτήτων για την ενίσχυση της ύδρευσης μείζονος περιοχής Αθηνών*, ΕΜΠ, Τομέας ΥΠΥΘΕ, Αθήνα, 1990.
4. Κουτσογιάννης Δ., Ναλμπάντης Ι., Μαμάσης Ν., «Εκτίμηση του κινδύνου ανεπάρκειας του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας σε συνθήκες έμμονης ξηρασίας», Πρακτικά ημερίδας της ΕΥΔΑΠ «Πιθανότητα εμμένουσας ξηρασίας και υδροδότηση της Πρωτεύουσας», 1992.
5. Κουτσογιάννης Δ., Ξανθόπουλος Θ., Συνοπτική έκθεση, τεύχος 19, *Διερεύνηση προσφερομένων δυνατοτήτων για την ενίσχυση της ύδρευσης μείζονος περιοχής Αθηνών*, ΕΜΠ, Τομέας ΥΠΥΘΕ, Αθήνα, 1990.
6. Κουτσογιάννης Δ., Τσακαλίας Γ., Υδρολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης Σπερχειού, Πρακτικά της ημερίδας *Σπερχειός 2000*, Λαμία, 4 Μαΐου 1995.
7. Μαμάσης Ν., Ρώτη Σ., Κουτσογιάννης Δ., Ξανθόπουλος Θ., Υδρολογικά χαρακτηριστικά των λεκανών Μόρνου, Ευήνου και Υλίκης, Πρακτικά ημερίδας της ΕΕΔΥΠ «Προοπτικές επίλυσης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας», Γ. Φούντας, σσ. 55-64, 1990.
8. Ναλμπάντης Ι., Μαμάσης Ν., Κουτσογιάννης Δ., Μπαλτάς Ε., Αφτιάς Ε., Μιμίκου Μ., Ξανθόπουλος Θ., Υδρολογικά χαρακτηριστικά της λειψυδρίας, Πρακτικά της ημερίδας του Τομέα Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων, *Το υδροδοτικό πρόβλημα της Αθήνας*, Αθήνα, 12 Απριλίου 1994, σσ. 13-28, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1994.
9. Τολίκας Δ., Κουτσογιάννης Δ., Ξανθόπουλος Θ., ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟ: «Ένα σύστημα πληροφοριών για τη μελέτη των υδροκλιματικών φαινομένων στην Ελλάδα», Πρακτικά του δού σεμιναρίου για την προστασία του περιβάλλοντος, σσ. 36-44, Θεσσαλονίκη, 1993.
10. ΥΔΡΟΕΞΥΓΙΑΝΤΙΚΗ, Μελέτη υδατικών συστημάτων, Παράρτημα Α, *Εχτροπή Αχελώου, Συνολική μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων*, Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, Αθήνα, 1995.
11. Lvovitch M. I., *The global water balance*, United States, International Hydrological Decade Bulletin 23, in Trans. AGU, 54, pp. 28-42.
12. Mimikou M., Vlachantonis T., Final hydrology report, in *Upper Arachthos river, Stenon-Kalaritikos Project*, Public Power Corporation, Athens, 1981.
13. Mimikou M., Third Progress Report, *Impact of climate change in water resources and hydrological regimes in the European Community*, Department of Water Resources, National Technical University of Athens, 1995.

14. National Research Council, Committee on Opportunities in the Hydrologic Sciences, *Opportunities in the Hydrologic Sciences*, National Academy Press, Washington DC, 1991.
15. Papakostas N., Nalbantis I., Koutsoyiannis D., «Modern computer technologies in hydrologic data management», 2nd European Conference on Advances in Water Resources Technology and Management, Lisbon, 14-18.6.1994.
16. Public Power Corporation (PPC), Hydrology Report, in *Aoos river Hydroelectric development, Pigai hydroelectric Project*, Engineering report, Public Power Corporation, Athens, 1978.

Metsovo: The hydrological heart of Greece

D. Koutsoyiannis, Ass. Professor, NTUA

N. Mamassis, Dr. Eng., NTUA

Department of Water Resources,

Hydraulic and Maritime Engineering/Faculty of Civil Engineering, NTUA

Summary

The area of Metsovo is the place where the five most important river basins of Greece, those of Arachthos, Acheloos, Pinios, Aliakmon and Aoos rivers adjoin. From this area the Metsovitikos, tributary of Arachthos, rises whereas in a short distance Acheloos, Aoos and some tributaries of Pinios and Aliakmon originate. Thus, metaphorically but with no exaggeration, we could say that the area of Metsovo is the hydrological heart of Greece, where the most important hydrological arteries start. In this study, the surface water potential of the area is appraised. To this aim, appropriate hydrological time series, especially those of rainfall and runoff, are examined using statistical tools. Moreover, the long term variability of time series is statistically tested to trace possible changes of their characteristics in the last forty years. Also the occurrence of extreme events is examined and also related to corresponding phenomena of other regions in Greece.