

Παράρτημα Επιφανειακών υδατικών πόρων (ΕΥΠ)

Δ. Κουτσογιάννης, Γ. Τσακαλίας, Ν. Μαμάσης και Α. Κουκουβίνος
Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Περίληψη

Στο τεύχος αυτό παρουσιάζουμε και αναλύουμε τα υδρολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης του ποταμού Σπερχειού. Για τους σκοπούς της εργασίας, συλλέξαμε και επεξεργαστήκαμε όλες τις υδρολογικές μετρήσεις της λεκάνης του Σπερχειού, οι οποίες ξεκινούν από το 1949, καθώς και μετρήσεις γειτονικών λεκανών. Ιδιαίτερη σημασία δώσαμε στις υδρομετρήσεις στις θέσεις Γέφυρα Καστριού και Γέφυρα Κομποτάδων οι οποίες δεν είχαν αξιοποιηθεί μέχρι σήμερα. Από τα δείγματα που σχηματίσαμε, προκύπτει η εκτίμηση του επιφανειακού υδατικού δυναμικού του Σπερχειού, το οποίο είναι από τα πιο σημαντικά στο υδατικό διαμέρισμα της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας. Επιπλέον, παρουσιάζουμε ανάλυση τάσεων των χρονοσειρών βροχής και απορροής, από την οποία διαφαίνεται η ύπαρξη πτωτικών τάσεων και στα δύο μεγέθη. Τέλος, δίνουμε πρόγνωση των πλημμυρικών παροχών σε διάφορες θέσεις, κατά μήκος του Σπερχειού για διάφορες περιόδους επαναφοράς.

Appendix: Surface Water Resources

D. Koutsoyiannis, G. Tsakalias, N. Mamassis and A. Koukouvinos
Department of Water Resources, Hydraulic and Maritime Engineering
National Technical University of Athens

Abstract

In this volume we present and analyse the hydrologic characteristics of the Sperchios river basin. To this aim we have collected and compiled all hydrologic measurements of the Sperchios basin, starting at 1949, as well as measurements at neighbouring hydrologic basins. We gave special emphasis to the discharge measurements at the locations Kastri Bridge and Kompotades Bridge, which had remained unprocessed until today. From the records we formed, we estimated the surface water potential of the Sperchios basin, which proves to be one of the most important in the water district of the Eastern Sterea Hellas. Furthermore, we present trend analysis for the rainfall and runoff series, which indicates the existence of falling trends in both series. Finally we provide forecasts of the flood discharge at various locations along the Sperchios river for different return periods.

Παράρτημα Επιφανειακών υδατικών πόρων (ΕΥΠ)

Δ. Κουτσογιάννης, Γ. Τσακαλίας, Ν. Μαμάσης και Α. Κουκουβίνος
Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Περιεχόμενα

| | |
|--|----|
| 1. Υδρομετρικοί και βροχομετρικοί σταθμοί | 1 |
| 2. Κατάρτιση και επεξεργασία υδρολογικών δειγμάτων | 1 |
| 3. Επιφανειακό υδατικό δυναμικό | 5 |
| 4. Ανίχνευση τάσεων | 6 |
| 5. Στατιστική πρόγνωση πλημμυρικών παροχών | 7 |
| 5.1 Γενικά | 7 |
| 5.2 Όμβριες καμπύλες | 7 |
| 5.3 Μοναδιαία υδρογραφήματα | 8 |
| 5.4 Καταιγίδες σχεδιασμού | 10 |
| 5.5 Πλημμύρες σχεδιασμού | 11 |
| 6. Συμπεράσματα | 13 |
| 7. Αναφορές | 13 |

Κατάλογος Πινάκων

| | |
|--|----|
| Πίν. 1. Πληροφορίες βροχομετρικών σταθμών..... | 1 |
| Πίν. 2 Σταθμοί αναφοράς για τη συμπλήρωση των βροχομετρικών δεδομένων..... | 2 |
| Πίν. 3 Συντελεστές Thiessen για τους βροχομετρικούς σταθμούς και για τις υπολεκάνες Γέφυρας Καστριού και Γέφυρας Κομποτάδων. | 2 |
| Πίν. 4 Συντελεστές απορροής στις τρεις υπολεκάνες του Σπερχειού. | 5 |
| Πίν. 5 Επιφανειακό υδατικό δυναμικό του Σπερχειού..... | 6 |
| Πίν. 6 Παράμετροι ομβρίων καμπυλών επιφανειακής βροχόπτωσης και χαρακτηριστικά ύψη βροχής για διάφορες περιόδους επαναφοράς. | 8 |
| Πίν. 7 Εκτίμηση συνθετικών μοναδιαίων υδρογραφημάτων στο Σπερχειό με τις μεθόδους του Βρετανικού Ινστιτούτου Υδρολογίας και Snyder | 9 |
| Πίν. 8 Βασικά χαρακτηριστικά καταιγίδων και πλημμυρών σχεδιασμού για διάφορες περιόδους επαναφοράς (Η περίοδος επαναφοράς αναφέρεται στη βροχόπτωση). | 11 |
| Πίν. 9 Συγκεντρωτικά χαρακτηριστικά καταιγίδων και πλημμυρών για τις τρεις ενδιαφέρουσες θέσεις του Σπερχειού. (Η περίοδος επαναφοράς αναφέρεται στη βροχόπτωση). | 12 |

Κατάλογος Σχημάτων

| | |
|--|---|
| Σχ. 1 Η λεκάνη του Σπερχειού και οι υδρομετρικοί και βροχομετρικοί σταθμοί της..... | 1 |
| Σχ. 2 Ανίχνευση περιόδων σταθερής καμπύλης στάθμης-παροχής για τον υδρομετρικό σταθμό Γέφυρα Καστριού..... | 3 |
| Σχ. 3 Διακύμανση μηνιαίας απορροής στις λεκάνες απορροής ανάντη των υδρομετρικών σταθμών Κομποτάδες και Καστρί του Σπερχειού για την κοινή περίοδο μετρήσεων. (Έχουν διορθωθεί οι απορροές του υδρολογικού έτους 1971-72 στους Κομποτάδες.)..... | 4 |
| Σχ. 4 Διακύμανση των ετήσιων χρονοσειρών βροχής και απορροής στις τρεις υπολεκάνες του Σπερχειού..... | 5 |
| Σχ. 5 Εμπειρική και θεωρητική συνάρτηση κατανομής της ετήσιας βροχής και απορροής στη λεκάνη ανάντη Κομποτάδων σε χαρτί κανονικής κατανομής. | 6 |
| Σχ. 6 Ανίχνευση τάσης στις χρονοσειρές ετήσιας βροχής και απορροής στη λεκάνη ανάντη Κομποτάδων. | 7 |
| Σχ. 7 Μηκοτομή του ποταμού Σπερχειού. | 9 |

| | | |
|-------|--|----|
| Σχ. 8 | Συνθετικά μοναδιαία υδρογραφήματα στις τρεις θέσεις του Σπερχειού, σύμφωνα με τη μέθοδο του Βρετανικού Ινστιτούτου Υδρολογίας..... | 10 |
| Σχ. 9 | Πλημμυρική παροχή συναρτήσει της περιόδου επαναφοράς. | 11 |

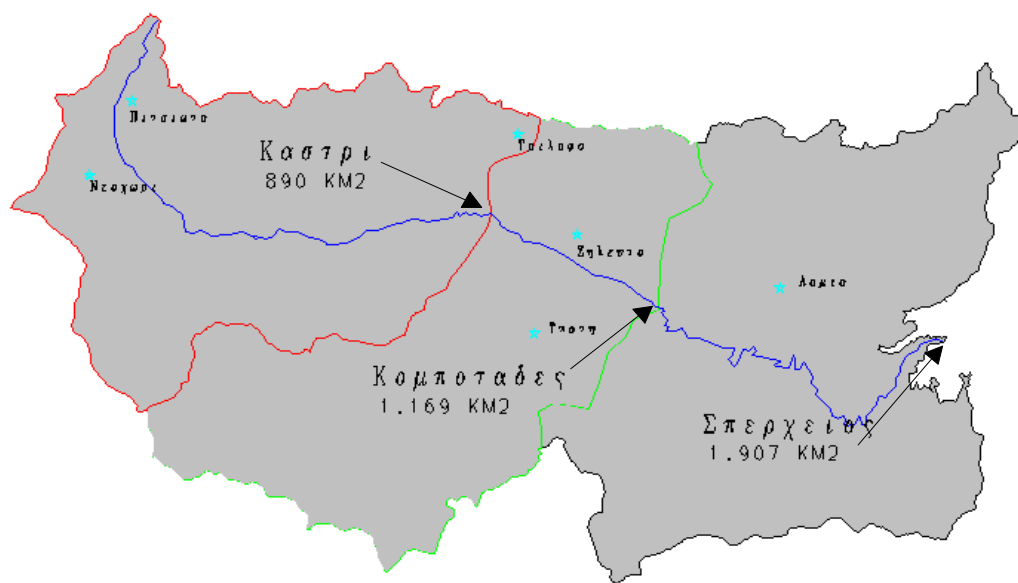
Κατάλογος συμπληρωματικών Παραρτημάτων

| | |
|-------|---|
| ΕΥΠ1: | Πίνακες δεδομένων και υπολογισμών βροχόπτωσης |
| ΕΥΠ2: | Πίνακες δεδομένων και υπολογισμών απορροής |
| ΕΥΠ3: | Πίνακες μελέτης πλημμυρών |

1. Υδρομετρικοί και βροχομετρικοί σταθμοί

Η λεκάνη του Σπερχειού έχει ολική έκταση 1907.2 km². Εκτός από τη συνολική λεκάνη, στη μελέτη αυτή μας ενδιαφέρουν και οι υπολεκάνες που βρίσκονται ανάντη των υδρομετρικών σταθμών (α) Γέφυρα Καστριού με έκταση 889.8 km² και (β) Γέφυρα Κομποτάδων με έκταση 1168.9 km² (Σχ. 1).

Για την εκτίμηση των βροχοπτώσεων χρησιμοποιήσαμε τις μετρήσεις των 13 βροχομετρικών σταθμών που φαίνονται στον Πίν. 1. Από αυτούς, οι έξι πρώτοι βρίσκονται εντός της λεκάνης του Σπερχειού (Σχ. 1) ενώ οι υπόλοιποι επτά βρίσκονται σε γειτονικές λεκάνες.



Σχ. 1 Η λεκάνη του Σπερχειού και οι υδρομετρικοί και βροχομετρικοί σταθμοί της.

Πίν. 1. Πληροφορίες βροχομετρικών σταθμών.

| Όνομα σταθμού | Υπηρεσία | Υψόμετρο (m) | Γεωγραφικό πλάτος | Γεωγραφικό μήκος |
|----------------------|----------|--------------|-------------------|------------------|
| Πιτσιώτα | ΔΕΗ | 800 | 39.01.00 | 21.54.00 |
| Λαμία | ΕΜΥ | 144 | 38.54.00 | 22.26.00 |
| Τρίλοφο | ΥΠΕΧΩΔΕ | 580 | 39.00.00 | 22.13.00 |
| Νεοχώρι (Τυμφρηστού) | ΔΕΗ | 800 | 38.58.00 | 21.52.00 |
| Ζηλευτό | ΥΠΕΧΩΔΕ | 120 | 38.56.00 | 22.16.00 |
| Υπάτη | ΕΜΥ | 500 | 38.52.00 | 22.14.00 |
| Καρπενήσι | ΥΠΕΧΩΔΕ | 960 | 38.55.00 | 21.48.00 |
| Γραμμένη Οξυά | ΥΠΕΧΩΔΕ | 1160 | 38.44.00 | 22.00.00 |
| Κρίκελλο | ΔΕΗ | 1120 | 38.48.00 | 21.51.00 |
| Δρυμαία | ΥΠΕΧΩΔΕ | 580 | 38.43.00 | 22.34.00 |
| Άνω Μπράλος | ΥΠΕΧΩΔΕ | 600 | 38.44.00 | 22.28.00 |
| Πυρά | ΥΠΕΧΩΔΕ | 1140 | 38.45.00 | 22.16.00 |
| Αθ. Διάκος | ΥΠΕΧΩΔΕ | 1050 | 38.42.00 | 22.11.00 |

Για την εκτίμηση της επιφανειακής απορροής, χρησιμοποιήσαμε τους υδρομετρικούς σταθμούς που βρίσκονται στη Γέφυρα Καστριού (με γεωγραφικό πλάτος και μήκος 38.57.00 και 22.12.00 αντίστοιχα) και στη Γέφυρα Κομποτάδων (με γεωγραφικό πλάτος και μήκος 38.51.00 και 22.22.00). Και οι δύο σταθμοί λειτουργούν με ευθύνη του ΥΠΕΧΩΔΕ. Για τη Γέφυρα Καστριού, οι διαθέσιμες μετρήσεις παροχής αρχίζουν από τον Μάρτιο του 1961 και τελειώνουν τον Οκτώβριο του 1981. Για τη θέση Γέφυρα Κομποτάδων οι διαθέσιμες μετρήσεις βρίσκονται

στο διάστημα από τον Αύγουστο του 1949 έως και το Νοέμβριο του 1980. Οι μετρήσεις στάθμης, και για τις δύο θέσεις, συνεχίζονται μέχρι και το 1991. Δεν υπάρχει σταθμηγράφος σε κανέναν από τους δύο σταθμούς.

2. Κατάρτιση και επεξεργασία υδρολογικών δειγμάτων

Για τη μελέτη των κατακρημνισμάτων, πραγματοποιήσαμε έλεγχο ομογένειας των σημειακών βροχομετρικών δεδομένων σε ετήσιο χρονικό βήμα και για τους 13 σταθμούς. Χρησιμοποιήσαμε τη μέθοδο της διπλής αθροιστικής καμπύλης και δεν ανιχνεύσαμε καμία στατιστικά σημαντική ανομογένεια. Συμπληρώσαμε τα κενά των χρονοσειρών των 13 βροχομετρικών σταθμών, σε μηνιαία κλίμακα, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης. Οι σταθμοί αναφοράς που χρησιμοποιήθηκαν για τη συμπλήρωση φαίνονται στον Πίν. 2. Με βάση τις τελικές σημειακές χρονοσειρές βροχής, εκτιμήσαμε τις σειρές μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης για τις τρεις λεκάνες, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Thiessen. Οι συντελεστές επιρροής των διάφορων σταθμών φαίνονται στον Πίν. 3. Για τις ανάγκες της εκτίμησης πλημμυρικών παροχών, εξαγάγαμε τις χρονοσειρές μεγίστων υψών βροχής για διάρκεια βροχόπτωσης μίας και δύο ημερών, τόσο σε σημειακή όσο και σε επιφανειακή βάση.

Πίν. 2 Σταθμοί αναφοράς για τη συμπλήρωση των βροχομετρικών δεδομένων.

| Σταθμός προς συμπλήρωση | Σταθμοί αναφοράς για τη συμπλήρωση |
|-------------------------|------------------------------------|
| Άνω Μπράλος | Δρυμαία, Πυρά |
| Γραμμένη Οξιά | Κρίκελλο, Υπάτη |
| Ζηλευτό | Υπάτη |
| Καρπενήσι | Νεοχώρι (Τυμφρηστού) |
| Κρίκελο | Ανιάδα, Γραμμένη Οξιά |
| Λαμία | Υπάτη |
| Νεοχώρι | Πιτσιώτα |
| Πυρά | Υπάτη |
| Τρίλοφο | Υπάτη |
| Υπάτη | Ζηλευτό, Τρίλοφο |

Πίν. 3 Συντελεστές Thiessen για τους βροχομετρικούς σταθμούς και για τις υπολεκάνες Γέφυρας Καστριού και Γέφυρας Κομποτάδων.

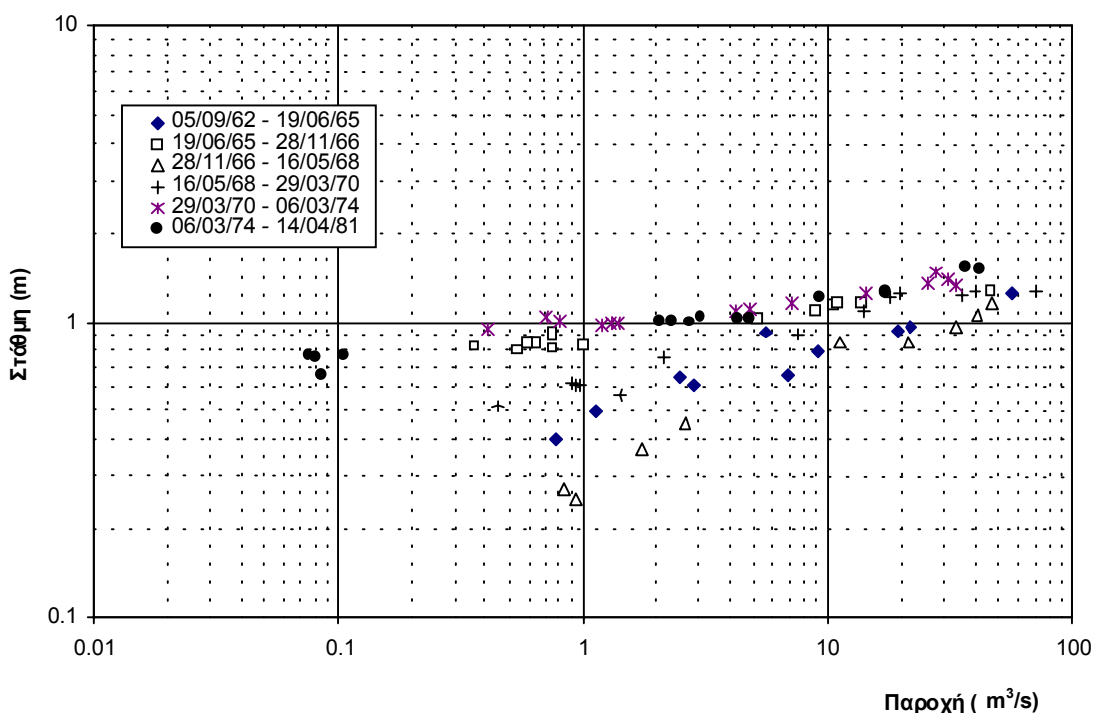
| Όνομα σταθμού | Συντελεστές πολυγώνων Thiessen | | |
|----------------------|--------------------------------|-------------------|----------------|
| | Γέφυρα Καστριού | Γέφυρα Κομποτάδων | Σύνολο λεκάνης |
| Πιτσιώτα | 0.153 | 0.116 | 0.071 |
| Λαμία | 0.000 | 0.000 | 0.221 |
| Τρίλοφο | 0.165 | 0.152 | 0.094 |
| Νεοχώρι (Τυμφρηστού) | 0.181 | 0.137 | 0.084 |
| Ζηλευτό | 0.018 | 0.112 | 0.074 |
| Καρπενήσι | 0.004 | 0.014 | 0.008 |
| Υπάτη | 0.141 | 0.209 | 0.143 |
| Γραμμένη Οξιά | 0.175 | 0.133 | 0.082 |
| Κρίκελλο | 0.083 | 0.063 | 0.039 |
| Δρυμαία | 0.000 | 0.000 | 0.030 |
| Άνω Μπράλος | 0.000 | 0.000 | 0.066 |
| Πυρά | 0.024 | 0.018 | 0.062 |
| Αθ. Διάκος | 0.056 | 0.043 | 0.026 |

Η διερεύνηση της επιφανειακής απορροής απαιτήσε πολύ μεγαλύτερη προσπάθεια, δεδομένου ότι οι μετρήσεις και στους δύο υδρομετρικούς σταθμούς δεν είχαν αναλυθεί στο παρελθόν. Καταρτίσαμε καμπύλες στάθμης-παροχής για τις δύο θέσεις μέτρησης παροχής. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήσαμε το σύστημα τεχνητής νοημοσύνης PINAX (Tsakalias and

Koutsogiannis, 1995), το οποίο λειτουργεί στα πλαίσια της τράπεζας υδρολογικών και μετεωρολογικών πληροφοριών ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟ (Parakostas et al., 1994). Στο Σχ. 2, το οποίο αποτελεί ένα από τα αποτελέσματα του συστήματος PINAX, φαίνονται οι μετρήσεις που ορίζουν τις περιόδους σταθερής καμπύλης στάθμης-παροχής, για τη Γέφυρα Καστριού.

Με χρήση των ημερήσιων δεδομένων στάθμης και των καμπυλών στάθμης-παροχής υπολογίσαμε σειρές ημερήσιων παροχών για τις δύο υδρομετρικές θέσεις. Επίσης, καταρτίσαμε χρονοσειρές μέσης μηνιαίας και ετήσιας παροχής και για τις δύο θέσεις. Τέλος, εξαγάγαμε και χρονοσειρές μέγιστων μέσων παροχών, για διάρκεια μίας και δύο ημερών. Όλες οι εργασίες κατάρτισης χρονοσειρών έγιναν με βάση προγράμματα του ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟΥ.

Ο έλεγχος των μηνιαίων χρονοσειρών επιφανειακής απορροής έγινε με σύγκριση των χρονοσειρών των δύο σταθμών μεταξύ τους καθώς και με τις σειρές των επιφανειακών βροχοπτώσεων των αντίστοιχων λεκανών. Γενικά υπήρξε καλή συμφωνία ανάμεσα στις διάφορες χρονοσειρές, όπως διαπιστώνεται και από το Σχ. 3. Σε ορισμένα, όμως, τμήματα των χρονοσειρών ανιχνεύτηκαν σφάλματα. Έτσι, στη σειρά της μηνιαίας απορροής της λεκάνης ανάντη Κομποτάδων διαπιστώσαμε πρόβλημα για τα δεδομένα του υδρολογικού έτους 1971-72, όπου οι υπολογισμένες παροχές ήταν υπερβολικά χαμηλές. Τα δεδομένα αυτά δεν τα χρησιμοποιήσαμε περαιτέρω. Αντίστοιχο πρόβλημα φαίνεται να υπάρχει στις απορροές της λεκάνης ανάντη του Καστριού από το υδρολογικό έτος 1976-77 και μετά (βλ. Σχ. 3). Ενδεχομένως, το πρόβλημα αυτό οφείλεται στην αστάθεια της κοίτης του υδατορεύματος Βιστρίτσα, το οποίο συμβάλλει στο Σπερχειό στην περιοχή της Γέφυρας Καστριού. Παρόλο που η βασική κοίτη του υδατορεύματος συμβάλλει ανάντη της Γέφυρας Καστριού, υπάρχουν δευτερεύουσες κοίτες (Δέλτα) που συμβάλλουν κατάντη και έτσι είναι δυνατό κατά περιόδους να διασκορπίζεται η παροχή του υδατορεύματος σε περισσότερες κοίτες, πράγμα που οδηγεί σε αβεβαιότητα ως προς την έκταση της συμβάλλουσας λεκάνης απορροής.



Σχ. 2 Ανίχνευση περιόδων σταθερής καμπύλης στάθμης-παροχής για τον υδρομετρικό σταθμό Γέφυρα Καστριού.

Για την πιο αξιόπιστη αλλά και πιο ενδιαφέρουσα χρονοσειρά απορροής της λεκάνης ανάντη Κομποτάδων κάναμε εκτεταμένες εργασίες συμπλήρωσης των κενών, διόρθωσης των σφαλμάτων και επέκτασης, και εξαγάγαμε τελικά μια πλήρη σειρά μηνιαίων απορροών που ξεκινά από το υδρολογικό έτος 1949-50 και φτάνει μέχρι το 1989-90 (41 έτη). Για τις εργασίες αυτές αξιοποιήσαμε τη συσχέτιση της μηνιαίας απορροής (α) είτε με τη μηνιαία απορροή του προηγούμενου μήνα (για τους θερινούς μήνες), (β) είτε με την επιφανειακή βροχόπτωση της

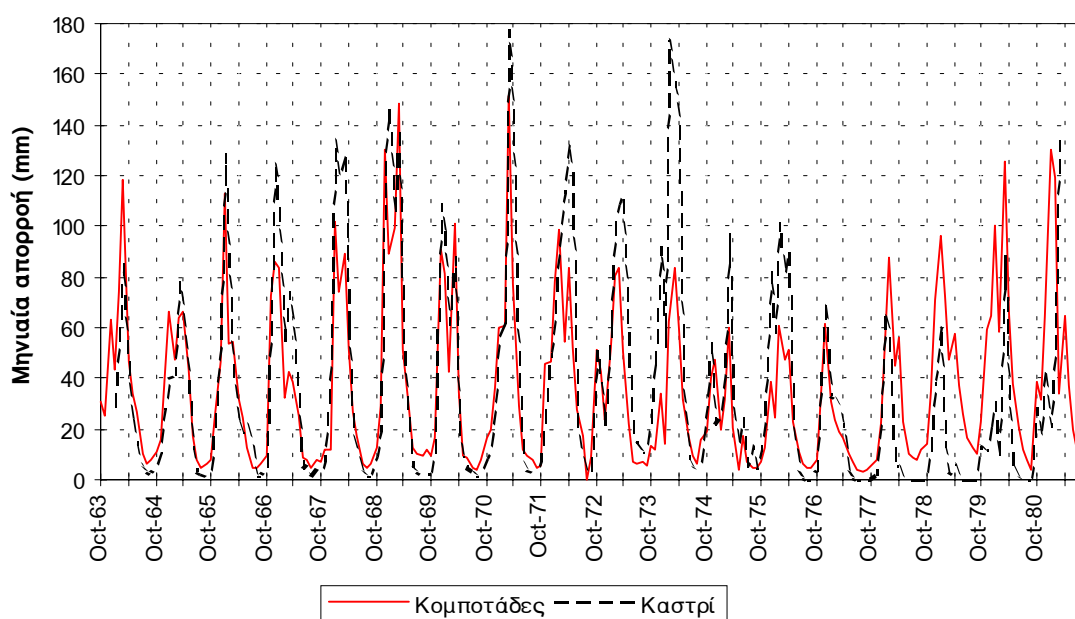
ίδιας λεκάνης για τον ίδιο μήνα (για ορισμένους χειμερινούς μήνες), (γ) είτε, τέλος, με την απορροή για τον ίδιο μήνα της γειτονικής λεκάνης του Βοιωτικού Κηφισού (από μετρήσεις στη Σήραγγα Καρδίτσας, για τους υπόλοιπους μήνες). Για τις εκτιμήσεις χρησιμοποιήσαμε τη μέθοδο MOVE.1 (Maintenance Of Variance Extension), γνωστή και ως οργανική συσχέτιση (Hirsch κ.ά., 1993, σ. 17.48). Πρόκειται για παραλλαγή της γραμμικής παλινδρόμησης

$$\tilde{Y} = aX + b \quad (1)$$

όπου όμως οι συντελεστές a και b προσδιορίζονται από τις εξισώσεις

$$a = \sqrt{s_Y / s_X} \operatorname{sgn}(r_{XY}) \quad b = \bar{y} - a\bar{x} \quad (2)$$

όπου \bar{y} και \bar{x} 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. Η παραλλαγή αυτή αίρει το μειονέκτημα της μεροληπτικής εκτίμησης της διασποράς, το οποίο έχει η τυπική μέθοδος γραμμικής παλινδρόμησης.



Σχ. 3 Διακύμανση μηνιαίας απορροής στις λεκάνες απορροής ανάντη των υδρομετρικών σταθμών Κομποτάδες και Καστρί του Σπερχειού για την κοινή περίοδο μετρήσεων. (Έχουν διορθωθεί οι απορροές του υδρολογικού έτους 1971-72 στους Κομποτάδες.)

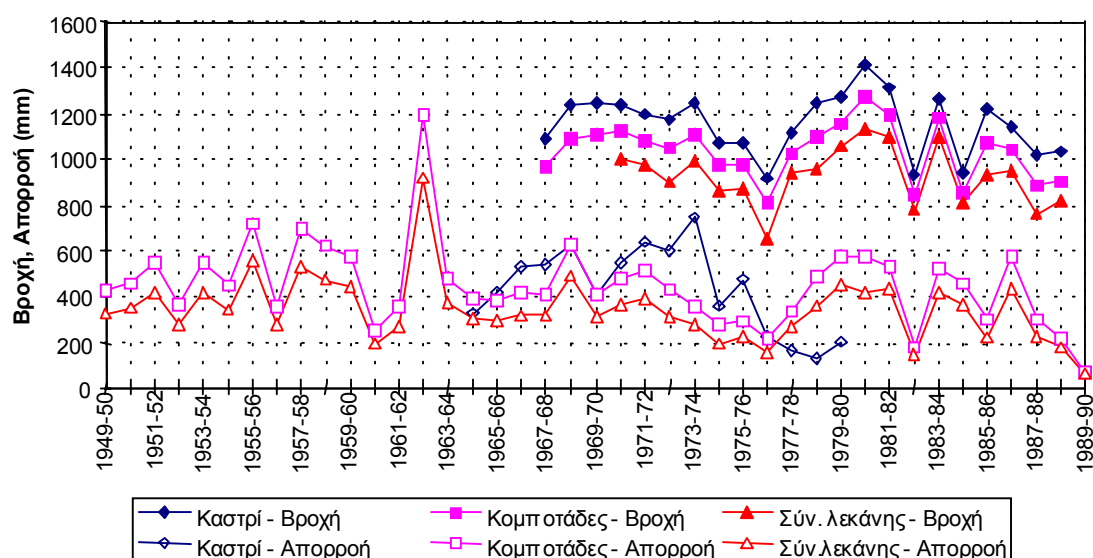
Με αναγωγή της χρονοσειράς απορροής στους Κομποτάδες εκτιμήσαμε μια αντίστοιχη χρονοσειρά απορροής για το σύνολο της λεκάνης του Σπερχειού. Για το σκοπό αυτό πήραμε υπόψη τις βροχοπτώσεις στις δύο λεκάνες και θεωρήσαμε ότι για κάθε μήνα ο συντελεστής απορροής της συνολικής λεκάνης είναι μειωμένος κατά 15% σε σχέση με τον αντίστοιχο συντελεστή της λεκάνης ανάντη Κομποτάδων. Αυτή είναι μια εύλογη παραδοχή που δικαιολογείται από τον πιο πεδινό χαρακτήρα αλλά και το μικρότερο ύψος βροχής της ενδιάμεσης υπολεκάνης (κατάντη των Κομποτάδων), αλλά πάντως αποτελεί μια υποκειμενική επιλογή. Μαθηματικά, η μέθοδος αναγωγής εκφράζεται με την απλή σχέση

$$Q_2 = \lambda Q_1 \frac{F_2}{F_1} \frac{h_2}{h_1} \quad (5.3)$$

όπου Q_1 η μέση παροχή στη λεκάνη όπου υπάρχουν μετρήσεις για μια δεδομένη περίοδο, F_1 το εμβαδό της ίδιας λεκάνης, h_1 η επιφανειακή βροχόπτωση της ίδιας λεκάνης για την ίδια περίοδο, Q_2 , F_2 , h_2 τα αντίστοιχα μεγέθη για τη λεκάνη που δεν έχει μετρήσεις και λ συντελεστής διαφοροποίησης, που εδώ θεωρήθηκε ίσος με 0.85.

Για την περίοδο όπου δεν υπήρχαν μετρήσεις βροχόπτωσης κάναμε επέκταση της χρονοσειράς απορροής στο σύνολο της λεκάνης, παίρνοντας ως βάση την αντίστοιχη χρονοσειρά στους Κομποτάδες και χρησιμοποιώντας τη μέθοδο MOVE.1.

Οι ετήσιες χρονοσειρές επιφανειακής βροχής και απορροής απεικονίζονται στο Σχ. 4.



Σχ. 4 Διακύμανση των ετήσιων χρονοσειρών βροχής και απορροής στις τρεις υπολεκάνες του Σπερχειού.

3. Επιφανειακό υδατικό δυναμικό

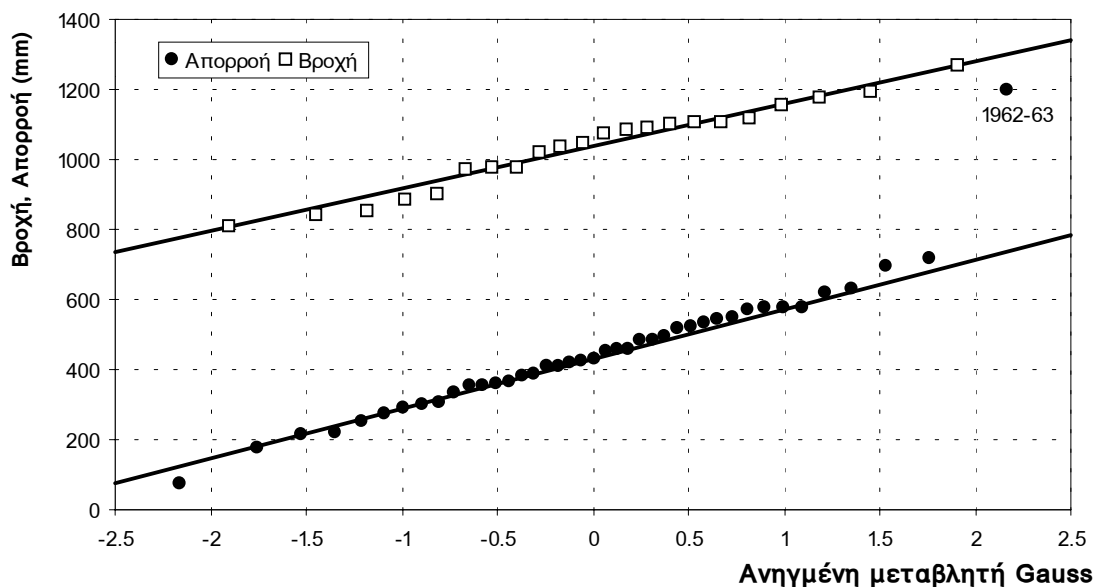
Από την επεξεργασία των χρονοσειρών βροχής και απορροής προκύπτει ότι η μέση ετήσια βροχόπτωση στο σύνολο της λεκάνης του Σπερχειού υπερβαίνει τα 925 mm και ο ετήσιος συντελεστής απορροής κυμαίνεται από 0.19 μέχρι 0.46 με μέση τιμή 0.33. Το επιφανειακό υδατικό δυναμικό του συνόλου της λεκάνης υπερβαίνει τα 650 hm³, πράγμα που την κατατάσσει πρώτη ανάμεσα στις λεκάνες του υδατικού διαμερίσματος της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας. Περισσότερα στοιχεία για τους συντελεστές απορροής δίνονται στον Πίν. 4 και για το επιφανειακό υδατικό δυναμικό στον Πίν. 5. Ας σημειωθεί ότι το επιφανειακό υδατικό δυναμικό της γειτονικής λεκάνης του Βοιωτικού Κηφισού, η οποία έχει παρόμοια (ελαφρά μεγαλύτερη) έκταση είναι υποδιπλάσιο της παραπάνω τιμής (333 hm³, Μαμάσης κ.ά., 1990).

Πίν. 4 Συντελεστές απορροής στις τρεις υπολεκάνες του Σπερχειού.

| Υπολεκάνη | Ανάτη Καστριού | Ανάτη Κομποτάδων | Σύνολο (Εκτίμηση) |
|--|----------------|------------------|-------------------|
| Έκταση (km ²) | 889.8 | 1168.9 | 1907.0 |
| Περίοδος ταυτόχρονων μετρήσεων βροχής και απορροής | 1967-77 | 1967-89 | 1970-89 |
| Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm) | 1149.6 | 1037.7 | 926.6 |
| Μέση ετήσια απορροή (mm) | 518.1 | 414.8 | 309.3 |
| Μέσος ετήσιος συντελεστής απορροής | 0.45 | 0.40 | 0.33 |
| Ελάχιστη-μεγιστή ετήσια τιμή συντελεστή απορροής | 0.25 - 0.60 | 0.21 - 0.58 | 0.19 - 0.46 |

Πίν. 5 Επιφανειακό υδατικό δυναμικό του Σπερχειού

| Υπολεκάνη | Ανάτη Καστριού | | Ανάτη Κομποτάδων | | Σύνολο (Εκτίμηση) | |
|---|----------------|-------|------------------|-------|-------------------|-------|
| | Μ.Τ. | Τ.Α. | Μ.Τ. | Τ.Α. | Μ.Τ. | Τ.Α. |
| Έκταση (km ²) | 889.8 | | 1168.9 | | 1907.0 | |
| Περίοδος μετρήσεων | 1964-80 | | 1949-90 | | 1949-90 | |
| Μέσο ετήσιο ύψος απορροής (mm) | 435.2 | 185.4 | 450.7 | 185.3 | 345.5 | 142.6 |
| Μέσος ετήσιος όγκος απορροής (hm ³) | 387.2 | 165.0 | 526.8 | 216.6 | 658.9 | 271.9 |
| Μέση υπερετήσια παροχή (m ³ /s) | 12.3 | 5.3 | 16.7 | 6.9 | 20.9 | 8.6 |

**Σχ. 5** Εμπειρική και θεωρητική συνάρτηση κατανομής της ετήσιας βροχής και απορροής στη λεκάνη ανάτη Κομποτάδων σε χαρτί κανονικής κατανομής.

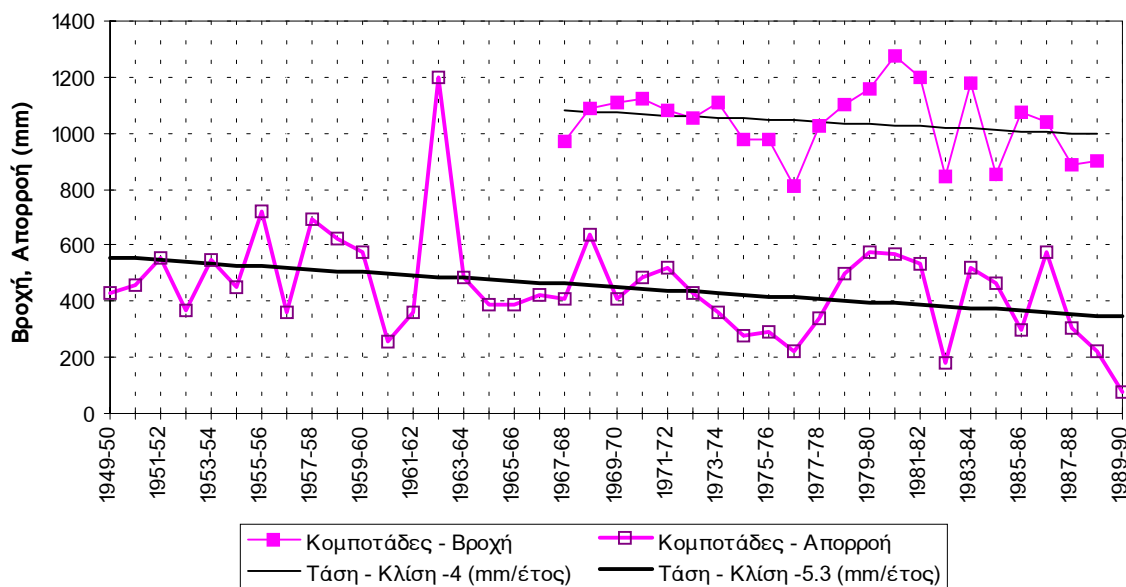
Η διακύμανση της ετήσιας βροχής και απορροής δεν χαρακτηρίζεται από υπερετήσια μνήμη, αφού οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης των χρονοσειρών δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικοί. Όπως φαίνεται στο Σχ. 5, οι δειγματικές συναρτήσεις κατανομής και των δύο μεγεθών περιγράφονται ικανοποιητικά από την κατανομή Gauss, η οποία χαρακτηρίζει τις πλούσιες σε υδατικό δυναμικό περιοχές. Η σημαντική απόκλιση που εμφανίζεται σε ένα σημείο, αντιστοιχεί στο υδρολογικό έτος 1962-63, κατά το οποίο σημειώθηκαν ιδιαίτερα μεγάλες βροχές και απορροές σε πολλές υδρολογικές λεκάνες της Ελλάδας. Το εν λόγω σημείο μπορεί να χαρακτηριστεί ως εξωκείμενο (outlier). Αντίθετα, στην περιοχή των χαμηλών παροχών δεν παρατηρούμε εξωκείμενες τιμές, παρόλο που ενδεχομένως θα ανέμενε κανείς τέτοιες λόγω της έντονης ξηρασίας του 1989-90, αφού μάλιστα έχουν σημειωθεί σε άλλες λεκάνες του ελλαδικού χώρου, όπως σε αυτήν του Βοιωτικού Κηφισού. Ας σημειωθεί, πάντως, ότι η αξιοπιστία της τιμής της απορροής που εκτιμήθηκε για το 1989-90 είναι μειωμένη, επειδή δεν προέκυψε από άμεσες μετρήσεις στάθμης και παροχής αλλά από αναγωγή με βάση άλλες χρονοσειρές, όπως αναλυτικότερα περιγράψαμε παραπάνω.

4. Ανίχνευση τάσεων

Η φυσική κλιματική μεταβλητότητα εκδηλώνεται με βαθμιαίες ανοδικές ή πτωτικές τάσεις στις χρονοσειρές των υδρομετεωρολογικών μεταβλητών, ή ακόμη και με απότομες μεταβολές (άλματα) σε αυτές. Η ανάλυση για τη λεκάνη του Σπερχειού δείχνει έντονες πτωτικές τάσεις στις χρονοσειρές της βροχής και της απορροής. Στο Σχ. 6 είναι έκδηλη η πτωτική τάση των δύο μεγεθών στη λεκάνη ανάτη Κομποτάδων (το ίδιο συμβαίνει και με τις άλλες θέσεις). Οι ρυθμοί μείωσης της βροχής και της απορροής είναι 4.0 mm/έτος και 5.3 mm/έτος, αντίστοιχα. Με εφαρμογή της στατιστικής δοκιμής του Kendall προκύπτει ότι η πτωτική τάση είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο 5% για την απορροή, αλλά όχι και για τη βροχόπτωση, επειδή το μικρό

μέγεθος του δείγματος της τελευταίας δεν επιτρέπει ασφαλή στατιστικά συμπεράσματα. Στα ίδια αποτελέσματα οδηγεί και ο έλεγχος της γραμμικής συσχέτισης ανάμεσα στην απορροή (ή τη βροχή) και το χρόνο.

Η παραπάνω ανίχνευση τάσεων επιβεβαιώνει πρόσφατες αναλύσεις που έγιναν στη γειτονική υδρολογική λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού. Και εκεί διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές πτωτικές τάσεις στη βροχή, την απορροή και την εξάτμιση, οι οποίες μάλιστα ξεκινούν από το 1920-21 (Μαμάσης κ.ά., 1990· Κουτσογιάννης κ.ά., 1992· Ναλμπάντης κ.ά., 1994). Οι ποσοστιαίοι ρυθμοί μεταβολής στις δύο λεκάνες είναι παρόμοιοι.



Σχ. 6 Ανίχνευση τάσης στις χρονοσειρές ετήσιας βροχής και απορροής στη λεκάνη ανάντη Κομποτάδων.

5. Στατιστική πρόγνωση πλημμυρικών παροχών

5.1 Γενικά

Οι πλημμυρικοί κίνδυνοι είναι ιδιαίτερα σημαντικοί στην πεδινή περιοχή του Σπερχειού, όπου τα υπάρχοντα αντιπλημμυρικά έργα δεν παρέχουν επαρκή ασφάλεια. Τα διαθέσιμα υδρολογικά δεδομένα δεν παρέχουν άμεση εικόνα της πλημμυρικής διαίτας του Σπερχειού. Ποτέ δεν έχει μετρηθεί η παροχή σημαντικών πλημμυρών, αλλά ούτε έχουν εγκατασταθεί σταθμηγράφοι στους υδρομετρικούς σταθμούς, ώστε να γίνει δυνατή η ανασύνθεση ιστορικών πλημμυρογραφημάτων. Έτσι η στατιστική πρόγνωση των πλημμυρικών παροχών για διάφορες περιόδους επαναφοράς έχει σημαντικό βαθμό αβεβαιότητας.

5.2 Όμβριες καμπύλες

Στη μελέτη μας στηριχτήκαμε σε δεδομένα ισχυρών καταιγίδων, όπως αυτά έχουν καταγραφεί στα βροχόμετρα της περιοχής. Από τα δεδομένα ετήσιων μέγιστων επιφανειακών υψών βροχής 24 και 48 ωρών, αφού εφαρμόσαμε κατάλληλη διόρθωση για το σφάλμα διακριτοποίησης, εξαγάγαμε, μετά από στατιστική ανάλυση κατά Gumbel, όμβριες καμπύλες της μορφής

$$h = a d^n \quad (4)$$

όπου

$$a = (c - \ln[-\ln(1 - 1/T)]) / l \quad (5)$$

Στις παραπάνω εξισώσεις, h είναι το ύψος βροχής που αντιστοιχεί σε διάρκεια βροχής d και περίοδο επαναφοράς T , και c , l , n είναι αριθμητικοί συντελεστές (παράμετροι). Για την έκφραση

του a συναρτήσεως της περιόδου επαναφοράς προτιμήσαμε την εξίσωση (5), η οποία είναι άμεση συνέπεια της κατανομής Gumbel, αντί της πιο συχνής εξίσωσης δύναμης $a = κT^μ$. Με ξεχωριστή εφαρμογή σε καθένα από τα δείγματα των 24 και 48 ωρών της συνάρτησης κατανομής Gumbel και στη συνέχεια εκτίμηση των υψών βροχής για περιόδους επαναφοράς 2 - 100 έτη, προέκυψαν μέσες τιμές της παραμέτρου n για το εν λόγω διάστημα μεταβολής της περιόδου επαναφοράς ίσες με 0.46, 0.48 και 0.61 για τις τρεις λεκάνες, δηλ., ανάντη Καστριού, ανάντη Κομποτάδων και συνολική, αντίστοιχα. Ωστόσο, η εκτίμηση της παραμέτρου n δεν είναι επαρκώς αξιόπιστη όταν προέρχεται μόνο από δεδομένα 24ώρων και 48ώρων υψών βροχής, αλλά κανονικά απαιτεί τη χρήση βροχών μικρότερης διάρκειας. Έτσι ανατρέξαμε σε παλιότερες μελέτες που είχαν χρησιμοποιήσει βροχές μικρότερης διάρκειας. Συγκεκριμένα, στη μελέτη Δαούλα (1985, σ. 65), από δεδομένα του βροχομέτρου της Λαμίας για μικρές διάρκειες, εκτιμήθηκε η παράμετρος n ίση με 0.44, ενώ στη μελέτη των Ρώτη και Κουτσογιάννη (1986), από δεδομένα μικρών διαρκειών του βροχογράφου του Τριλόφου, η τιμή αυτή βρέθηκε ίση με 0.47. Οι εν λόγω τιμές αναφέρονται σε σημειακά ύψη βροχής. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η τιμή της παραμέτρου n για επιφανειακά ύψη βροχής αυξάνεται με την αύξηση της έκτασης της λεκάνης, υιοθετήσαμε τελικά τις τιμές 0.48, 0.50 και 0.55 για τις τρεις λεκάνες, δηλ. ανάντη Καστριού, ανάντη Κομποτάδων και συνολική, αντίστοιχα. Μετά τον καθορισμό της παραμέτρου n επανεκτιμήσαμε τις συναρτήσεις κατανομής Gumbel και προσδιορίσαμε τις τιμές των παραμέτρων c και $λ$ της εξίσωσης (5) χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα τα δεδομένα και των δύο διαρκειών (24 και 48 ωρών). Οι παράμετροι των τελικών ομβρίων καμπυλών, καθώς και χαρακτηριστικά ύψη βροχής για διάφορες περιόδους επαναφοράς φαίνονται στον Πίν. 6.

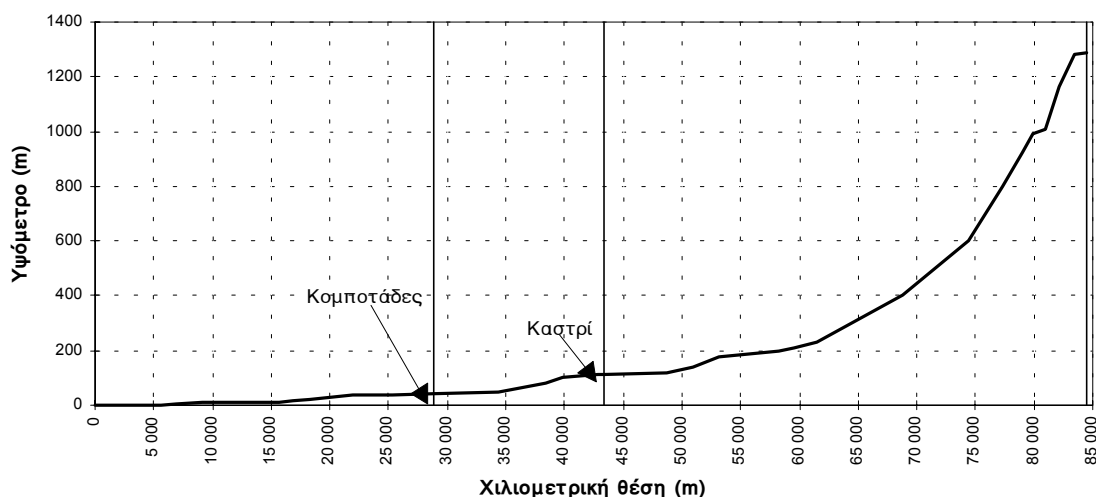
Πίν. 6 Παράμετροι ομβρίων καμπυλών επιφανειακής βροχόπτωσης και χαρακτηριστικά ύψη βροχής για διάφορες περιόδους επαναφοράς.

| ΘΕΣΗ | | ΚΑΣΤΡΙ | | | ΚΟΜΠΟΤΑΔΕΣ | | | ΣΥΝΟΛΟ ΛΕΚΑΝΗΣ | | |
|----------------------|-------|--------|--------|--------|------------|--------|--------|----------------|--------|--------|
| Παράμετροι $n, λ, c$ | | 0.48 | 0.3305 | 10.183 | 0.5 | 0.3804 | 8.4354 | 0.55 | 0.4736 | 6.5369 |
| T | $1/T$ | 1 ημ. | 2 ημ. | a | 1 ημ. | 2 ημ. | a | 1 ημ. | 2 ημ. | a |
| 2 | 0.5 | 51.9 | 72.4 | 11.29 | 46.0 | 65.1 | 9.40 | 42.0 | 61.5 | 7.31 |
| 5 | 0.2 | 67.7 | 94.4 | 14.72 | 60.6 | 85.8 | 12.38 | 55.7 | 81.6 | 9.70 |
| 10 | 0.1 | 78.1 | 109.0 | 16.99 | 70.3 | 99.4 | 14.35 | 64.8 | 94.9 | 11.29 |
| 20 | 0.05 | 88.1 | 122.9 | 19.17 | 79.6 | 112.5 | 16.24 | 73.6 | 107.7 | 12.81 |
| 50 | 0.02 | 101.1 | 141.0 | 21.99 | 91.6 | 129.5 | 18.69 | 84.8 | 124.2 | 14.78 |
| 100 | 0.01 | 110.8 | 154.5 | 24.10 | 100.6 | 142.2 | 20.53 | 93.3 | 136.6 | 16.25 |
| 250 | 0.004 | 123.6 | 172.4 | 26.88 | 112.4 | 159.0 | 22.94 | 104.5 | 152.9 | 18.19 |
| 500 | 0.002 | 133.2 | 185.8 | 28.98 | 121.3 | 171.6 | 24.77 | 112.9 | 165.3 | 19.66 |
| 1000 | 0.001 | 142.9 | 199.3 | 31.08 | 130.3 | 184.2 | 26.59 | 121.3 | 177.6 | 21.12 |

5.3 Μοναδιαία υδρογραφήματα

Για την εκτίμηση των πλημμυρών σχεδιασμού υιοθετήσαμε τη μέθοδο του μοναδιαίου υδρογραφήματος αντί της συνηθέστερης αλλά λιγότερο αξιόπιστης ορθολογικής μεθόδου. Η άμεση κατάρτιση μοναδιαίων υδρογραφημάτων, από υδρομετρικά/σταθμηγραφικά και βροχογραφικά δεδομένα δεν είναι δυνατή στο Σπερχειό επειδή σε καμιά θέση δεν υπάρχει σταθμηγράφος. Έτσι, καταφύγαμε στην κατάρτιση συνθετικών μοναδιαίων υδρογραφημάτων για τις τρεις θέσεις χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του Βρετανικού Ινστιτούτου Υδρολογίας, τα οποία επαληθεύσαμε και με τη μέθοδο Snyder.

Η μέθοδος του Βρετανικού Ινστιτούτου Υδρολογίας χρησιμοποιεί τοπογραφικά, υδρολογικά και άλλα δεδομένα της λεκάνης, τα οποία φαίνονται μαζί με τους σχετικούς υπολογισμούς στον Πίν. 7. Τα δεδομένα κλίσεων προέκυψαν από τη μηκοτομή του ποταμού που φαίνεται στο Σχ. 7. Η μέθοδος Snyder χρησιμοποιεί δεδομένα μόνο από την οριζοντιογραφία της λεκάνης, τα οποία φαίνονται, μαζί με τους σχετικούς υπολογισμούς στον Πίν. 7. Τα τελικά τριγωνικά μοναδιαία υδρογραφήματα που συνθέσαμε για τις τρεις θέσεις φαίνονται στο Σχ. 8.

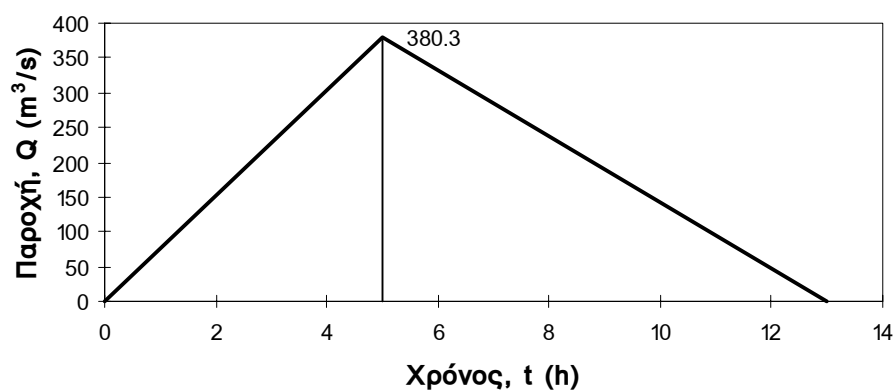


Σχ. 7 Μηκοτομή του ποταμού Σπερχειού.

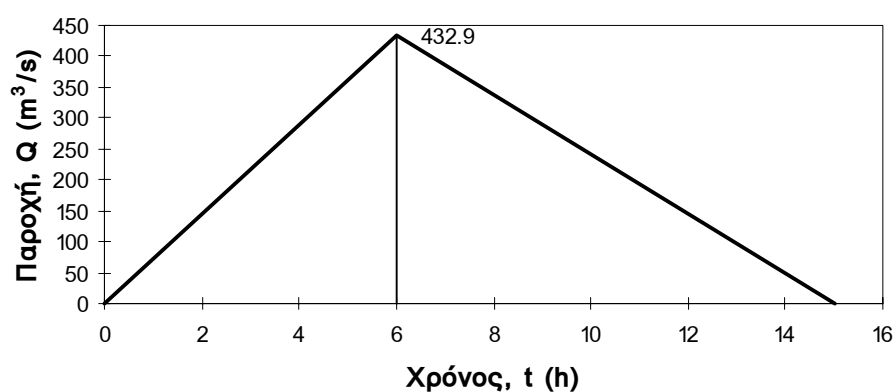
Πίν. 7 Εκτίμηση συνθετικών μοναδιαίων υδρογραφημάτων στο Σπερχειό με τις μεθόδους του Βρετανικού Ινστιτούτου Υδρολογίας και Snyder.

| Λεκάνη | Ανάπη Καστριού | Ανάπη Κομποτάδων | Συνολική |
|--|----------------|------------------|----------|
| Έκταση, A (km ²) | 889.8 | 1168.9 | 1907 |
| Μήκος υδατορεύματος, L (m) | 41.2 | 55.6 | 84.5 |
| Μήκος υδατορεύματος από την έξοδο της λεκάνης μέχρι την προβολή του κ.β. της λεκάνης, L _c (m) | 15.5 | 19.7 | 28.6 |
| Υψόμετρο υδατορεύματος στην έξοδο της λεκάνης, z _E (m) | 115 | 41 | 0 |
| Υψόμετρο υδατορεύματος στην αρχή του, z _A (m) | 1288 | 1288 | 1288 |
| Υψόμετρο υδατορεύματος στο 10% του μήκους του, z ₁₀ (m) | 119 | 52 | 9 |
| Υψόμετρο υδατορεύματος στο 85% του μήκους του, z ₈₅ (m) | 872 | 721 | 507 |
| Κλίση υδατορεύματος μεταξύ των σημείων 10% και 85% του μήκους του, S ₁₀₈₅ (m/km) | 21.5 | 14.16 | 6.93 |
| Παράμετρος μεγέθους βροχοπτώσεων, RSMD (mm) | 67.3 | 60.4 | 55.1 |
| Χρόνος ανόδου σύμφωνα με τον τύπο του Βρετανικού Ινστιτούτου Υδρολογίας, t _p (h) | 4.5 | 5.8 | 8.4 |
| Επαλήθευση του χρόνου ανόδου σύμφωνα με τον τύπο του Snyder, Αρχική τιμή t _{p0} (h) | 5.3 | 6.2 | 7.9 |
| Τελική τιμή κατά Snyder για βροχή 1 h, t _p (h) | 5.3 | 6.2 | 8.0 |
| Τελική τιμή για βροχή 1 h (στρογγ.), t _p (h) | 5 | 6 | 8 |
| Διάρκεια πλημμύρας, T _b (h) | 12.6 | 15.1 | 20.2 |
| Τελική διάρκεια πλημμύρας (στρογγ.), T _b (h) | 13 | 15 | 20 |
| Παροχή αιχμής, Q _p (m ³ /s) | 380.3 | 432.9 | 529.7 |

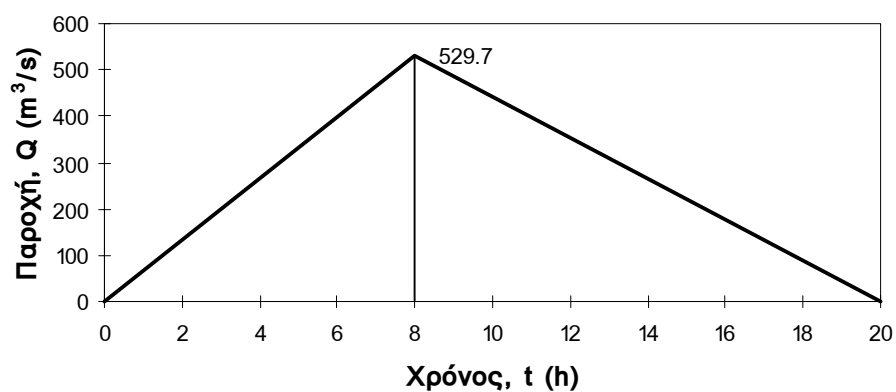
ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΣΠΕΡΧΕΙΟΥ
ΛΕΚΑΝΗ ΑΝΑΝΤΗ ΚΑΣΤΡΙΟΥ - ΔΙΑΡΚΕΙΑ 1 h



ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΣΠΕΡΧΕΙΟΥ
ΛΕΚΑΝΗ ΑΝΑΝΤΗ ΚΟΜΠΟΤΑΔΩΝ - ΔΙΑΡΚΕΙΑ 1 h



ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΣΠΕΡΧΕΙΟΥ
ΣΥΝΟΛΟ ΛΕΚΑΝΗΣ - ΔΙΑΡΚΕΙΑ 1 h



Σχ. 8 Συνθετικά μοναδιαία υδρογραφήματα στις τρεις θέσεις του Σπερχειού, σύμφωνα με τη μέθοδο του Βρετανικού Ινστιτούτου Υδρολογίας.

5.4 Καταιγίδες σχεδιασμού

Οι παραδοχές που κάναμε προκειμένου να καταρτίσουμε τις καταιγίδες σχεδιασμού στις λεκάνες, για διάφορες περιόδους επαναφοράς, είναι οι ακόλουθες:

1. Ολική διάρκεια βροχής: 48 ώρες.

2. Χρονική κατανομή του συνολικού ύψους βροχής: με τη μέθοδο της δυσμενέστερης διάταξης του υετογραφήματος σχεδιασμού.
3. Συνάρτηση απωλειών: σύμφωνα με τη μέθοδο SCS για παράμετρο CN = 80. Αυτή η τιμή της παραμέτρου οδηγεί σε απώλειες βροχής 60%-65% για περίοδο επαναφοράς 2 ετών και 35%-40% για περίοδο επαναφοράς 100 ετών. Οι απώλειες αυτές είναι εύλογες για τη λεκάνη Σπερχειού.

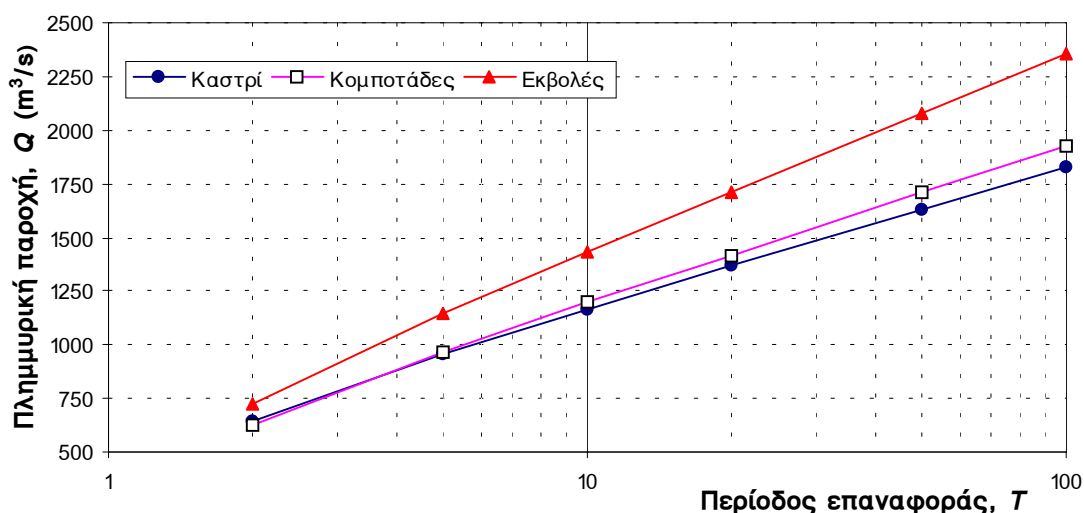
5.5 Πλημμύρες σχεδιασμού

Με συνδυασμό του ωφέλιμου υετογραφήματος και του μοναδιαίου υδρογραφήματος συνθέσαμε τα πλημμυρογραφήματα για τις διάφορες θέσεις και περιόδους επαναφοράς (βλ. Παράρτημα ΕΥΠ3). Υποθέσαμε βασική ροή που κυμαίνεται από 10 m³/s στο Καστρί μέχρι 20 m³/s στην εκβολή στο Μαλιακό κόλπο, δηλαδή περίπου ίση με τη μέση υπερετήσια παροχή στην κάθε θέση. Τα βασικά χαρακτηριστικά των πλημμυρών σχεδιασμού φαίνονται αναλυτικά στον Πίν. 8 και συγκεντρωτικά στον Πίν. 9. Η μεταβολή της παροχής πλημμύρας συναρτήσει της περιόδου επαναφοράς απεικονίζεται στο Σχ. 9.

Διευκρινίζουμε τα ακόλουθα σημεία που χαρακτηρίζουν την εφαρμογή της πιο πάνω μεθόδου πρόγνωσης πλημμυρικών παροχών:

- Δεν υποθέσαμε διαφοροποίηση των περιόδων επαναφοράς βροχής και παροχής. Σε αντίθετη περίπτωση οι πλημμυρικές παροχές θα ήταν μεγαλύτερες.
- Αγνοήσαμε τη συνεισφορά της τήξης χιονιού στην πλημμυρική παροχή, η οποία και πάλι θα οδηγούσε σε επαύξηση της πλημμυρικής παροχής.
- Δεν πήραμε υπόψη τη φυσική ανάσχεση των πλημμυρών που ενδεχομένως πραγματοποιείται κατά μήκος της πεδινής κοίτης σε περιπτώσεις κατάκλισης εκτάσεων έξω από την κοίτη του ποταμού. Οι φυσικές ανασχές οδηγούν σε μείωση της παροχής αιχμής. Η εκτίμησή τους απαιτεί τη χρήση λεπτομερούς υδραυλικού μοντέλου χωροχρονικής εξέλιξης της πλημμύρας, πράγμα που ξεφεύγει από το σκοπό αυτής της μελέτης.

Οι εκτιμήσεις των πλημμυρών της παρούσας εργασίας είναι σημαντικά μεγαλύτερες (περίπου κατά 50%) από παλιότερες εκτιμήσεις (Δαούλας, 1986). Επίσης, είναι σημαντικά μεγαλύτερες από ανάλογες εκτιμήσεις στη γειτονική λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού. Αυτή η διαφοροποίηση εξηγείται από το γεγονός ότι στη λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού για την ίδια έκταση λεκάνης παρατηρούνται αισθητά μεγαλύτερα μήκη και σημαντικά μικρότερες κλίσεις (περίπου υποδιπλάσιες), πράγμα που οδηγεί σε επιβράδυνση της απορροής. Επίσης στη λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού, παρόλο που οι εντάσεις βροχής έχουν περίπου ίδιο μέγεθος, εμφανίζονται μικρότεροι συντελεστές απορροής (περίπου υποδιπλάσιοι σε ετήσια βάση).



Σχ. 9 Πλημμυρική παροχή συναρτήσει της περιόδου επαναφοράς.

Πίν. 8 Βασικά χαρακτηριστικά καταιγίδων και πλημμυρών σχεδιασμού για διάφορες περιόδους επαναφοράς (Η περίοδος επαναφοράς αναφέρεται στη βροχόπτωση).

ΘΕΣΗ ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΚΑΣΤΡΙΟΥ

| Περίοδος επαναφοράς | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 |
|--|-------|-------|--------|-------|--------|--------|
| Διάρκεια βροχής, D (h) : | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 |
| Ολικό ύψος βροχής, H (mm) : | 72.4 | 94.4 | 108.9 | 122.9 | 141 | 154.5 |
| Ωφέλιμο ύψος βροχής, H* (mm) : | 28.9 | 46 | 58 | 69.9 | 85.8 | 98 |
| Απώλειες (%) : | 60 | 51.3 | 46.8 | 43.1 | 39.1 | 36.6 |
| Παροχή αιχμής (m ³ /sec) : | 641.6 | 953.4 | 1163.7 | 1367 | 1630.6 | 1827.9 |
| Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής (h) : | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 |
| Καθαρός όγκος πλημμύρας (hm ³) : | 25.74 | 40.9 | 51.6 | 62.23 | 76.38 | 87.18 |
| Συνολικός όγκος πλημμύρας (hm ³) : | 27.86 | 43.02 | 53.72 | 64.36 | 78.5 | 89.31 |

ΘΕΣΗ ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΚΟΜΠΟΤΑΔΩΝ

| Περίοδος επαναφοράς | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 |
|--|-------|-------|-------|--------|-------|--------|
| Διάρκεια βροχής, D (h) : | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 |
| Ολικό ύψος βροχής, H (mm) : | 65.1 | 85.8 | 99.4 | 112.5 | 129.5 | 142.2 |
| Ωφέλιμο ύψος βροχής, H* (mm) : | 23.7 | 39.1 | 50.1 | 61 | 75.7 | 86.9 |
| Απώλειες (%) : | 63.6 | 54.4 | 49.6 | 45.8 | 41.6 | 38.9 |
| Παροχή αιχμής (m ³ /sec) : | 629.4 | 966.8 | 1196 | 1418.3 | 1708 | 1926.1 |
| Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής (h) : | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 |
| Καθαρός όγκος πλημμύρας (hm ³) : | 27.71 | 45.7 | 58.52 | 71.31 | 88.43 | 101.6 |
| Συνολικός όγκος πλημμύρας (hm ³) : | 31.01 | 48.99 | 61.81 | 74.6 | 91.72 | 104.9 |

ΕΚΒΟΛΗ ΣΠΕΡΧΕΙΟΥ

| Περίοδος επαναφοράς | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 |
|--|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Διάρκεια βροχής, D (h) : | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 |
| Ολικό ύψος βροχής, H (mm) : | 61.5 | 81.6 | 94.9 | 107.7 | 124.3 | 136.6 |
| Ωφέλιμο ύψος βροχής, H* (mm) : | 21.2 | 35.8 | 46.4 | 56.9 | 71.1 | 81.9 |
| Απώλειες (%) : | 65.5 | 56.1 | 51.1 | 47.1 | 42.8 | 40 |
| Παροχή αιχμής (m ³ /sec) : | 722.9 | 1143.3 | 1433.2 | 1714.3 | 2082 | 2357.5 |
| Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής (h) : | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 |
| Καθαρός όγκος πλημμύρας (hm ³) : | 40.39 | 68.31 | 88.47 | 108.59 | 135.58 | 156.26 |
| Συνολικός όγκος πλημμύρας (hm ³) : | 45.14 | 73.06 | 93.22 | 113.34 | 140.34 | 161.01 |

Πίν. 9 Συγκεντρωτικά χαρακτηριστικά καταιγίδων και πλημμυρών για τις τρεις ενδιαφέρουσες θέσεις του Σπερχειού. (Η περίοδος επαναφοράς αναφέρεται στη βροχόπτωση).

| Υπολεκάνη | Ανάτη Καστριού (889.8 km ²) | | Ανάτη Κομποτάδων (1168.9 km ²) | | Σύνολο (1907.0 km ²) | |
|----------------------------|--|---|---|---|----------------------------------|---|
| | Ολ. ύψος βροχής (mm) | Παροχή αιχμής (m ³ /s) | Ολ. ύψος βροχής (mm) | Παροχή αιχμής (m ³ /s) | Ολ. ύψος βροχής (mm) | Παροχή αιχμής (m ³ /s) |
| Περίοδος επαναφοράς (T) | | | | | | |
| 2 | 72.4 | 641.6 | 65.1 | 629.4 | 61.5 | 722.9 |
| 5 | 94.4 | 953.4 | 85.8 | 966.8 | 81.6 | 1143.3 |
| 10 | 108.9 | 1163.7 | 99.4 | 1196.0 | 94.9 | 1433.2 |
| 20 | 122.9 | 1367.0 | 112.5 | 1418.3 | 107.7 | 1714.3 |
| 50 | 141.0 | 1630.6 | 129.5 | 1708.0 | 124.3 | 2082.0 |
| 100 | 154.5 | 1827.9 | 142.2 | 1926.1 | 136.6 | 2357.5 |

6. Συμπεράσματα

1. Ο υδρομετρικός εξοπλισμός της λεκάνης Σπερχειού και οι μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί από το 1949 και μετά επιτρέπουν την εκτίμηση του επιφανειακού υδατικού δυναμικού της λεκάνης. Ωστόσο, η εκτίμηση αυτή δεν είναι όσο αξιόπιστη θα έπρεπε, επειδή (α) δεν υπάρχουν σταθμηγράφοι στους υδρομετρικούς σταθμούς και (β) έχουν σταματήσει οι άμεσες μετρήσεις παροχής μετά το 1980. Τα δύο αυτά προβλήματα θα πρέπει να αντιμετωπιστούν άμεσα.
2. Η ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση στο σύνολο της λεκάνης του Σπερχειού υπερβαίνει τα 925 mm και ο μέσος ετήσιος συντελεστής απορροής φτάνει την τιμή 0.33. Το επιφανειακό υδατικό δυναμικό του συνόλου της λεκάνης υπερβαίνει τα 650 hm³, πράγμα που την κατατάσσει πρώτη ανάμεσα στις λεκάνες του υδατικού διαμερίσματος της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας.
3. Διαπιστώνεται στατιστικά σημαντική πτωτική τάση στην επιφανειακή απορροή στη λεκάνη με ρυθμό 5.3 mm/έτος, η οποία μάλλον εξηγείται από ομόρροπη τάση στη βροχόπτωση.
4. Η στατιστική πρόγνωση της πλημμύρας για το σύνολο της λεκάνης του Σπερχειού και για περιόδους επαναφοράς 50-100 ετών υπερβαίνει τα 2000 m³/s. Ωστόσο, η αξιοπιστία της πρόγνωσης αυτής είναι μειωμένη εξαιτίας της ανεπάρκειας των δεδομένων.

Αναγνωρίσεις Τα ιστορικά υδρομετρικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία ανήκουν στο ΥΠΕΧΩΔΕ. Τα βροχομετρικά δεδομένα ανήκουν στο ΥΠΕΧΩΔΕ, την ΕΜΥ και τη ΔΕΗ. Η αποθήκευση και διαχείριση των δεδομένων έγινε με το σύστημα ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟ (Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας).

7. Αναφορές

- Δαούλας, Ε., Οριστική μελέτη με πληρότητα μελέτης εφαρμογής διευθετήσεως τάφρου Λαμίας και χειμάρρου Ξηριά κατάντη Νέας Εθνικής Οδού, 1η τμηματική μελέτη, Τεύχος 2, Υδραυλικοί υπολογισμοί, ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα, 1985.
- Δαούλας, Ε., Οριστική μελέτη με πληρότητα μελέτης εφαρμογής αντιπλημμυρικών έργων Σπερχειού, 2η τμηματική μελέτη, Τεύχος 2, Υδραυλικοί υπολογισμοί, ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα, 1986.
- 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.
- Κουτσογιάννης, Δ., Ναλμπάντης, Ι. και Μαμάσης, Ν., Εκτίμηση του κινδύνου ανεπάρκειας του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας σε συνθήκες έμμονης ξηρασίας, *Πρακτικά ημερίδας της ΕΥΔΑΠ "Πιθανότητα εμφάνισης ξηρασίας και υδροδότηση της Πρωτεύουσας"*, 1992.
- Μαμάσης, Ν., Ρώτη, Σ., Κουτσογιάννης, Δ. και Ξανθόπουλος, Θ., Υδρολογικά χαρακτηριστικά των λεκανών Μόρνου, Ευήνου και Υλίκης, *Πρακτικά ημερίδας της ΕΕΔΥΠ "Προοπτικές επίλυσης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας"*, Γ. Φούντας, 55-64, 1990
- Ναλμπάντης, Ι., Ν. Μαμάσης, Δ. Κουτσογιάννης, Ε. Μπαλάς, Ε. Αφτιάς, Μ. Μιμίκου και Θ. Ξανθόπουλος, 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.
- Papakostas, N., I. Nalbantis and D. Koutsoyiannis, Modern computer technologies in hydrologic data management, *Proc. 2nd European Conference on Advances in Water Resources Technology and Management*, Lisbon, 14-18 June 1994, Balkema, Rotterdam, 285-293, 1994.
- Ρώτη, Σ. και Κουτσογιάννης, Δ., *Υδρολογική διερεύνηση του υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας*, Τεύχος 3, Όμβριες καμπύλες, ΕΜΠ, Τομέας ΥΠΥΘΕ, Αθήνα, 1988.
- Tsakalias, G., and D. Koutsoyiannis, A comprehensive system for the exploration of hydrologic data homogeneity, Submitted for publication in *Water Resour. Res.*, 1995.