

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ ΣΤΟ
ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ**

ΕΥΓΕΝΙΑ ΛΑΓΚΑΔΙΝΟΥ

**ΕΠΙΣΤΗΜΗ
&
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ**

Επιβλέπων : Δ. ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ

Αν. Καθηγητής

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2003

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα Διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Διεπιστημονικού – Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών “Επιστήμη & Τεχνολογία Υδατικών Πόρων” του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και συγκεκριμένα στην κατεύθυνση “Υδρολογία και Περιβαλλοντική Διαχείριση Υδατικών Πόρων”.

Μετά την ολοκλήρωση αυτής της επίπονης αλλά και τόσο εποικοδομητικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω όσους με βοήθησαν κατά την εκπόνησή της.

Οφείλω αρχικά να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου και επιβλέποντα αυτής της εργασίας Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Δημήτρη Κουτσογιάννη, ο οποίος με καθοδήγησε στενά από το αρχικό έως το τελικό της στάδιο.

Σημαντική ήταν η βοήθεια και το συνεχές ενδιαφέρον του Δρ. Νίκου Μαμάση, σε όλα τα στάδια της εργασίας και ιδιαίτερα κατά τη συλλογή και επεξεργασία των μετεωρολογικών δεδομένων.

Θα ήθελα ακόμα να ευχαριστήσω το Ίδρυμα Κρατικών Υποτροφιών (Ι.Κ.Υ.) το οποίο υποστήριξε οικονομικά τις σπουδές μου στο παρόν Μεταπτυχιακό πρόγραμμα και με βοήθησε να τις ολοκληρώσω απρόσκοπτα.

Οφείλω επίσης να ευχαριστήσω όλες τις Υπηρεσίες που μου παρείχαν τα απαιτούμενα μετεωρολογικά στοιχεία αφιλοκερδώς και ιδιαίτερα τη Δ.Ε.Η. που μου προσέφερε δεδομένα αξίας 3.375 €.

Θα ήθελα ακόμα να αναφερθώ στον Αναπληρωτή Καθηγητή Μετεωρολογίας κ. Γεώργιο Κάλλο του Τμήματος Φυσικής για το βιβλιογραφικό υλικό που μου προσέφερε και τις χρήσιμες συμβουλές του, καθώς και τον Καθηγητή Στατιστικής κ. Κουνιά του Μαθηματικού Τμήματος για την καθοδήγησή του κατά την επεξεργασία των ερωτηματολογίων.

Ολοκληρώνοντας θα ήθελα να απευθύνω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους φίλους μου και μαθηματικούς Γιώργο Λιάπη και Διονυσία Αγγελακοπούλου για την ανοχή τους, την ηθική τους συμπαράσταση, αλλά και τη βοήθειά τους όπου αυτό ήταν δυνατό.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
EXTENDED ABSTRACT	9
INTRODUCTION	9
LITERATURE REVIEW	10
METHODOLOGY	11
OBJECTIVE EMPIRICAL PROCEDURE	11
QUESTIONNAIRES	12
RESULTS AND CONCLUSIONS	13
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	14
1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	14
1.2 ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	15
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ	17
3. ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	22
3.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ	22
3.2 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΩΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ	23
3.2.1 ΠΟΥΡΝΑΡΙ	23
3.2.2 ΜΟΡΝΟΣ	28
3.3 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	32
3.3.1 ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΟΥΡΝΑΡΙΟΥ	36
3.3.2 ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΡΤΑΣ	37
3.3.3 ΣΤΑΘΜΟΣ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	38
3.3.4 ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΓΡΙΝΙΟΥ	38

3.3.5 ΣΤΑΘΜΟΣ ΛΙΔΩΡΙΚΙΟΥ	39
3.3.6 ΣΤΑΘΜΟΣ ΛΑΜΙΑΣ	42
4. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	43
4.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ	43
4.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ	45
4.2.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΥΝΗΤΙΚΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟ PRIESTLEY- TAYLOR	46
4.2.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ ΜΕ ΜΟΝΤΕΛΟ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ THORNTHWAITE	48
4.2.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	49
5. ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	54
5.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	54
5.1.1 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ	54
5.2 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ	56
5.2.1 ΔΟΚΙΜΗ KRUSKAL - WALLIS	56
5.2.2 ΔΙΠΛΗ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ	57
5.2.3 ΔΟΚΙΜΗ RANK SUM	60
5.2.4 ΔΟΚΙΜΗ TWO SAMPLE T	62
5.2.5 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΑΝΑΛΟΓΙΩΝ	64
5.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΜΠΕΙΡΙΚΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ	66
5.2.1 ΑΡΤΑ – ΑΓΡΙΝΙΟ	66
5.2.2 ΑΡΤΑ – ΙΩΑΝΝΙΝΑ	70
5.2.3 ΑΡΤΑ	74
5.2.4 ΠΟΥΡΝΑΡΙ – ΑΡΤΑ	75
5.2.5 ΛΙΔΩΡΙΚΙ – ΛΑΜΙΑ	77
6. ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΜΕ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ	80
6.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	80
6.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΩΝ	81

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ	99
7.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	99
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	99
ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ	102
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ	103
7.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ	104
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΑΝΑΦΟΡΕΣ	106

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της μεταπτυχιακής εργασίας είναι η διερεύνηση της επιρροής ενός ταμιευτήρα στο κλίμα της άμεσης περιοχής του (μικροκλίμα). Η μελέτη επικεντρώνεται στις περιπτώσεις δύο φραγμάτων από τα σημαντικότερα στον ελληνικό χώρο, το φράγμα Πουρναρίου και το φράγμα Μόρνου.

Αρχικά πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική επισκόπηση για το συγκεκριμένο αντικείμενο, η οποία έδειξε ότι έχει εξεταστεί ιδιαίτερα περιορισμένα και μάλιστα με ασαφή συμπεράσματα, καθώς οι ερευνητές έχουν συχνά καταλήξει σε αντικρουόμενα αποτελέσματα.

Τυχόν μικροκλιματικές αλλαγές είναι προφανές ότι θα οφείλονται στην αλλαγή του ενεργειακού ισοζυγίου της περιοχής, λόγω της παρουσίας μεγάλης μάζας νερού, η οποία και μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα έχει σε σχέση με το έδαφος, αλλά και μεγαλύτερη λανθάνουσα θερμότητα απορροφά, λόγω της μεγαλύτερης εξάτμισης που επιφέρει. Όμως η θεωρητική αντιμετώπιση των τυχόν αλλαγών στο μικροκλίμα μέσω του ενεργειακού ισοζυγίου δεν είναι δυνατό να δώσει ποσοτικά αποτελέσματα λόγω υπάρξεως αρκετών άγνωστων μεγεθών.

Κύρια βάση της εργασίας αποτελεί η αντικειμενική-εμπειρική διερεύνηση του θέματος, η οποία συνίσταται στην εφαρμογή στατιστικών δοκιμών και γραφημάτων και στηρίζεται στη χρήση μετεωρολογικών δεδομένων της περιοχής και ειδικότερα σε μηνιαία μετεωρολογικά δεδομένα θερμοκρασίας, υγρασίας, βροχοπτώσεων κ.α. Εφαρμόστηκαν οι δοκιμές Kruskal–Wallis, Διπλή Αθροιστική Καμπύλη (γραφική μέθοδος), Rank Sum, Two Sample t, Διαφορές Αναλογιών. Σε κάθε περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από δύο μετεωρολογικούς σταθμούς, ενός σταθμού πλησίον του φράγματος και ενός σταθμού βάσης. Έγινε σύγκριση των δεδομένων αυτών πριν και μετά την κατασκευή του ταμιευτήρα, ώστε να ερευνηθεί αν οι δύο ομάδες προέρχονται από τον ίδιο στατιστικό πληθυσμό, δηλαδή εάν υπάρχει (μικρο)κλιματική αλλαγή με τη δημιουργία του ταμιευτήρα ή όχι.

Από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε προκύπτει ότι η μόνη κλιματική αλλαγή που αντικειμενικά διαπιστώνεται είναι μία μικρή αύξηση των ελάχιστων τιμών της θερμοκρασίας σε σχέση με το σταθμό βάσης. Με τη μεταβολή μίας μόνο μετεωρολογικής παραμέτρου δε μπορεί να υποστηριχθεί ότι η κατασκευή ενός φράγματος επιφέρει ουσιώδεις

αλλαγές στο μικροκλίμα. Συνεπώς, από την παρούσα έρευνα δεν προκύπτουν επιπτώσεις των ταμιευτήρων στο μικροκλίμα των εξεταζόμενων περιοχών.

Τέλος, εξετάζεται το θέμα με υποκειμενικά κριτήρια βασισμένα στις γνώμες των κατοίκων, εκφρασμένες ως απαντήσεις σε ερωτηματολόγια. Τα ερωτηματολόγια συμπληρώθηκαν από τους κατοίκους της Άρτας και του Λιδωρικίου (τα κοντινότερα αστικά κέντρα στους ταμιευτήρες) και η επεξεργασία τους έγινε με τη χρήση του στατιστικού πακέτου Statgraphics.

Με βάση τις απαντήσεις των κατοίκων μετά την κατασκευή των φραγμάτων φαίνεται να έχει παρατηρηθεί μεταβολή στις περισσότερες μετεωρολογικές παραμέτρους. Τονίζεται ωστόσο ότι τα ερωτηματολόγια αντιπροσωπεύουν μια υποκειμενική αντίληψη των κατοίκων και οι πραγματικές κλιματικές συνθήκες αντιπροσωπεύονται από τις μετρήσεις των μετεωρολογικών σταθμών, ακόμα και αν αυτές δεν έχουν την επιθυμητή ακρίβεια.

EXTENDED ABSTRACT

INTRODUCTION

The subject of this postgraduate thesis is the study of the impact of a reservoir to the climate of the surrounding area (microclimate). Two of the most significant reservoirs of Greece were studied, the dam of Pournari and the dam of Mornos.

Any changes to the microclimate are the result of the changes to the energy balance due to the presence of the water body, which has greater heat capacity than the ground and absorbs greater latent heat because of the increase of evaporation. The theoretical approach of any climate changes using the energy balance can not give quantitative results because of the existence of several unknown variables.

The structure of this essay is as follows:

- Initially, a literature review is presented concerning relevant topics.
- Later on, the characteristics of the dams are described, as well as the relevant meteorological stations and data, which were used.
- The increase of the evaporation and the changes on the energy balance due to the construction of the dam has been discussed.
- At the main body of the research, are stated the results that came after the statistical analysis, which was based on the meteorological measurements around the dam's area.
- In addition to, the inhabitants' opinion about the dam's influence on the climate is taken into account, using questionnaires that were distributed.
- At the end, the research conclusions and proposals are offered about further investigation of the topic.
- The paper includes three appendixes. Appendix A concerns the meteorological data, appendix B the questionnaires and appendix C (attached CD) the statistical tests.

LITERATURE REVIEW

The existing literature concerning the influence of a reservoir to the surrounding climate is very limited and vague, because of the contradicting results of the researchers who dealt with. Especially the Greek bibliography lacks of significant inputs. Therefore, it is invalid to make any generalization concerning the issue, as every scientist comes with different methods or research.

The most significant publications concerning this topic are presented below.

Borushko (1965) concludes that the influence of the Kuybischev reservoir on mean, monthly temperature and to absolute humidity is inversely proportional to the logarithm of the distance from the shoreline.

According to National Center for Atmospheric Research (1966) scientists disagree about the size of influence of lake Nasser to the atmosphere, if there is any.

Research on lake Michigan (Changnon, 1966) reveals the influence on the lake to thunderstorms, especially during summer and fall.

A statistical study of meteorological procedures above lake Balaton (Kovacs, 1965) concludes that the water body does not have any influence on temperature and humidity of the air masses.

Research of Swedish Meteorological and Hydrological Institute (Rodhe, 1968) on a lake proved that the maximum daily temperature and humidity are relatively constant, but the minimum temperature is increased by 0,5 to 1,0 °C, at a 50 m range from the shoreline.

Thornthwaite (1958) notes that reservoir Ribinsky in Russia, Salton Sea and lake Mead in U.S.A. did not cause any change to the surrounding climate.

Lofgren and Zhu (1999) studied the heat fluxes over Great Lakes. They mention that outgoing heat and latent fluxes are increased during fall and winter. This result proves an exchange of energy through the air masses between the water body and the surrounding land.

Meijninger and de Bruin (2000) after measurements with scintillometer estimated that sensible heat fluxes are decreased when the water body is increased.

METHODOLOGY

Objective empirical procedure

The empirical procedure compares two groups of meteorological data, those referring to the climate before the dam's construction and those after. The data are compared in terms of statistics. Each statistical test examines whether these two groups come from the same population or not, which reveals if there is climate change. In every case, the data included measurements both near and away from the dam. Possible climate change at a distance from the reservoir may have been caused by general climate changes irrelative to the fill of the reservoir. Thus, it is avoided to attribute this climate difference to a dam's presence. It is preferable to estimate the difference value between the data of the two stations. Those difference values are separated into two groups: those before the construction of the dam and those after it. The statistical tests conducted in this procedure are the following:

- Kruskal - Wallis
- Rank Sum
- Two Sample t

And a graphical test:

- Double Mass Curve

The above tests included data of mean, maximum and minimum temperature, precipitation, humidity etc. from pairs of stations:

- Arta (near Pournari dam) – Ioannina
- Arta (near Pournari dam) – Agrinio
- Lidoriki (near Mornos dam) – Lamia

The meteorological phenomena which are estimated in days, like precipitation, thunderstorm, fog, hoar frost and dew occur rarely and locally. For that reason these data from Arta station were analyzed without comparison with another station. For those data a separate test was used:

- Differences of Proportions

Later on, the following hypothesis is stated: the climate change due to the dam's presence will influence on the Pournari meteorological station measurements, which is a few

meters away from the reservoir, but not on the Arta station measurements, located 4,5 km away from the dam. Because of the limited sample of measurements coming from the Pournari station (the data date from 1974 - 1994), only one of the above tests, which works better on small samples, was chosen:

➤ Two Sample t

The data coming from Pournari and Arta meteorological stations were also analyzed using graphical diagrams.

For all the above statistical tests the null hypothesis H_0 is that the two groups come from the same statistical population, which means that there is not any climate change. Two-tailed tests were used, while the level of confidence was $\alpha = 10\%$. The statistical tests are presented in the attached Compact Disk and the results of the statistical analysis are presented through tables in the text.

Questionnaires

In addition to the objective study based on meteorological data, it is useful to examine the opinion of the population concerning a possible climate change coming after the fill of the reservoir. Questionnaires were distributed to the urban population of Arta and Lidoriki, which are the settlements closest to the dams. Citizens of Arta completed 23 questionnaires and citizens of Lidoriki completed 22.

The surveys include simple questions, without scientific terminology and with closed answers (increase, decrease, no change).

The questions refer to the changes that may have happened to the mean, minimum, maximum temperature, rainfall, summer thunderstorm, humidity, fog, and hoar frost after the dam was built. In particular, the last question asks whether the climate change was preferable for the inhabitants or not.

The answers were analyzed using the Statgraphics statistical software. The results are presented through tables and diagrams.

RESULTS AND CONCLUSIONS

According to the answers of questionnaires, after the reservoir construction, it seems that the most of the meteorological phenomena have suffered changes. It has to be pointed out that the questionnaires offer a subjective opinion, while the actual climate conditions are obtained by the meteorological measurements.

According to the statistical analysis of the meteorological data, the only climate change that is objectively verified is a small increase at the value of the minimum temperature at the station near the dam in comparison to the station located away from the dam. Because the change is observed only to one of the meteorological parameters, it can not be stated that the construction of a reservoir causes significant changes in the microclimate.

Obviously, the accuracy of the results of the study depends on the accuracy of the measurements used, whose quality was not excellent. Moreover, it must be noticed that even if the changes were greater, still it could not be objectively argued that these are caused by the creation of the reservoir. The inputs may change by the replacement of a meteorological measuring device, by the observer, by the Official Agencies' method of data analysis, or even by the accuracy of the measuring device, ending up to false results of the statistical tests.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κατασκευή φράγματος έχει κατηγορηθεί κατά καιρούς για πολλές και σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Ως μία από αυτές τις επιπτώσεις θεωρείται και η επίδραση στο κλίμα που ενδέχεται να παρουσιαστεί λόγω της συγκέντρωσης μεγάλης ποσότητας νερού στον ταμιευτήρα.

Στόχος λοιπόν της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της επιρροής ενός φράγματος στο κλίμα της γειτονικής περιοχής του (μικροκλίμα). Εξετάζεται δηλαδή, η πιθανή αλλαγή σε συγκεκριμένες μετεωρολογικές παραμέτρους που καθορίζουν το κλίμα μιας περιοχής από την κατασκευή ενός φράγματος και τη δημιουργία ενός ταμιευτήρα νερού.

Η έρευνα μπορεί να διακριθεί σε τρεις ενότητες:

Η πρώτη ενότητα μελετά τις μεταβολές στο ενεργειακό ισοζύγιο και την αύξηση της εξάτμισης λόγω της πλήρωσης του ταμιευτήρα. Η προσέγγιση αυτή δε μπόρεσε να δώσει ποσοτικά αποτελέσματα λόγω υπάρξεως αρκετών άγνωστων όρων.

Η δεύτερη ενότητα περιλαμβάνει το μεγαλύτερο και ουσιαστικότερο όγκο εργασίας και αναφέρεται στην εμπειρική διερεύνηση του θέματος μέσω εφαρμογής στατιστικών δοκιμών και γραφημάτων σε μετεωρολογικά δεδομένα. Επιλέχθηκαν και εξετάστηκαν οι περιπτώσεις δύο φραγμάτων από τα σημαντικότερα στον ελληνικό χώρο, το φράγμα Πουρναρίου και το φράγμα Μόρνου. Σε κάθε περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από δύο μετεωρολογικούς σταθμούς, ενός σταθμού πλησίον του φράγματος και ενός σταθμού βάσης. Έγινε σύγκριση των δεδομένων αυτών πριν και μετά την κατασκευή του ταμιευτήρα, ώστε να ερευνηθεί εάν υπάρχει κλιματική αλλαγή με τη δημιουργία του ταμιευτήρα ή όχι.

Η τρίτη και τελευταία ενότητα της εργασίας έχει στόχο να εξετάσει εάν και πώς αντιλαμβάνεται το κοινωνικό σύνολο την επίδραση του ταμιευτήρα στο μικροκλίμα της περιοχής. Η έρευνα βασίστηκε σε ερωτηματολόγια που συμπληρώθηκαν από τους κατοίκους. Στη συνέχεια έγινε επεξεργασία των ερωτηματολογίων ώστε να διερευνηθεί η υποκειμενική αντίληψη της τοπικής κοινωνίας.

Η βιβλιογραφική επισκόπηση για το συγκεκριμένο αντικείμενο έδειξε ότι έχει εξεταστεί ιδιαίτερα περιορισμένα και μάλιστα με μη σαφή συμπεράσματα καθώς οι ερευνητές έχουν

συχνά καταλήξει σε αντικρουόμενες απόψεις. Ακόμα, η ελληνική βιβλιογραφία είναι πολύ περιορισμένη έως ανύπαρκτη για το συγκεκριμένο θέμα.

Ένα πρώτο βήμα για την εξέταση του συγκεκριμένου θέματος στον ελλαδικό χώρο αποτελεί η συγκεκριμένη μεταπτυχιακή εργασία, αν και έγινε σε περιορισμένη χρονική περίοδο.

1.2 ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η εργασία περιλαμβάνει εκτός από την εισαγωγή (Κεφάλαιο 1), έξι ακόμα κεφάλαια και τρία Παραρτήματα.

Στο Κεφάλαιο 2 πραγματοποιείται εκτεταμένη βιβλιογραφική παρουσίαση της έρευνας που έχει γίνει έως σήμερα στο υπό μελέτη θέμα.

Στο Κεφάλαιο 3 αναλύεται η διαδικασία επιλογής ταμιευτήρων για την εφαρμογή της έρευνας, δίνονται πληροφορίες σχετικά με τα υδρολογικά και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των υπό εξέταση ταμιευτήρων και τέλος παρουσιάζονται οι μετεωρολογικοί σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα και τα δεδομένα που λήφθηκαν από αυτούς.

Στο Κεφάλαιο 4 επιχειρείται μια θεωρητική ανάλυση της επίδρασης του ταμιευτήρα στο ενεργειακού ισοζυγίου και την αύξηση της εξάτμισης.

Στο Κεφάλαιο 5 αναλύεται η εμπειρική προσέγγιση του υπό μελέτη φαινομένου μέσω στατιστικών δοκιμών που εφαρμόζονται στα μετεωρολογικά δεδομένα και παρουσιάζονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα.

Στο Κεφάλαιο 6 εξετάζεται η αντίληψη των κατοίκων στις αντίστοιχες περιοχές για την επίδραση του ταμιευτήρα στο κλίμα. Η προσέγγιση αυτή γίνεται μέσω ερωτηματολογίων.

Στο Κεφάλαιο 7 συνοψίζονται τα κύρια συμπεράσματα της εργασίας και διατυπώνονται ορισμένες προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

Στο Παράρτημα Α του τεύχους παρατίθενται τα μετεωρολογικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για κάθε ένα μετεωρολογικό σταθμό.

Στο Παράρτημα Β του τεύχους παρουσιάζεται η μορφή του Ερωτηματολογίου που χρησιμοποιήθηκε για κάθε ένα ταμειυτήρα. Τα ερωτηματολόγια αυτά είναι συμπληρωμένα με τις απαντήσεις των κατοίκων των περιοχών που συγκέντρωσαν το υψηλότερο ποσοστό, ώστε να δίνουν μία γενική εικόνα. Επιπλέον, επισυνάπτεται το σύνολο των συμπληρωμένων ερωτηματολογίων από τους κατοίκους των περιοχών.

Στο Παράρτημα Γ παρουσιάζονται σε μορφή λογιστικών φύλλων (αρχεία Excel) όλες οι δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στα δεδομένα των μετεωρολογικών σταθμών. Επειδή πρόκειται για ένα πολύ μεγάλο όγκο εργασίας, ο οποίος προφανώς δε μπορούσε να εκτυπωθεί (**1.648 φύλλα εργασίας Excel**), παρατίθενται σε επισυναπτόμενο CD.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη αναφορά και παρουσίαση άλλων δημοσιεύσεων που σχετίζονται με το υπό μελέτη θέμα, δηλαδή με την επιρροή και την αλληλεπίδραση των ταμιευτήρων με την ατμόσφαιρα.

Παρόλα αυτά από τη βιβλιογραφική επισκόπηση συνάγεται ότι οι μέθοδοι προσδιορισμού μίας τέτοιας ισορροπίας μεταξύ ταμιευτήρα και ατμόσφαιρας είναι μάλλον δύσκολο να τυποποιηθούν και ότι όσα θα αναφερθούν κάτωθι αποτελούν μόνο χρήσιμα παραδείγματα. Άλλωστε, η σύντομη αυτή επισκόπηση αποδεικνύει ότι μια γενίκευση μπορεί να είναι επικίνδυνη.

Οι ταμιευτήρες για τους οποίους έχει διαπιστωθεί ότι επέδρασαν σε μετεωρολογικές διαδικασίες είναι μάλλον λίγοι και οι παρατηρήσεις σε αυτούς ακόμα λιγότερες.

Το σύστημα συλλογής δεδομένων είναι ο πρώτος και πιο σημαντικός παράγοντας για την μελέτη τέτοιων υδάτινων όγκων. Από το USSR Hydrometeorological Service (Viculina and Seljuk, 1966) είχε οργανωθεί και λειτουργούσε ένα ειδικό δίκτυο παρατηρήσεων σε μεγάλους τεχνητούς ταμιευτήρες, αποτελούμενο από 13 υδρομετεωρολογικά παρατηρητήρια και 30 σταθμούς σε λίμνες, καθώς και πάνω από 250 υδρομετεωρολογικούς σταθμούς, που παρείχαν την βασική πληροφορία για τη μελέτη.

Δύο από τις ελάχιστες αναφορές για φράγματα είναι αυτές σχετικά με τον ταμιευτήρα Kuybischev (Borushko, 1965) και με τη λίμνη Nasser (National Center for Atmospheric Research, 1966). Ο Borushko (1965) διερευνώντας την κατανομή της θερμοκρασίας και της απόλυτης υγρασίας της ατμόσφαιρας από μετεωρολογικούς σταθμούς σε διάφορες αποστάσεις από την ακτή, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η επιρροή του ταμιευτήρα στη μέση μηνιαία θερμοκρασία και την απόλυτη υγρασία είναι αντιστρόφως ανάλογη με το λογάριθμο της απόστασης από την ακτογραμμή. Η κατασκευή του ταμιευτήρα Kuybischev δεν επέδρασε στην θερμοκρασία το χειμώνα, αλλά η επίδρασή του στη μείωση της θερμοκρασίας κατά την άνοιξη φαίνεται μάλλον σημαντική. Σύμφωνα με το National Center for Atmospheric Research (1966) η πιθανή επίδραση στην ατμόσφαιρα από τη λίμνη Nasser (έκταση 4500 km²) είναι αντικείμενο αντιφατικών απόψεων. Οι απόψεις διαφέρουν για το μέγεθος της επιρροής, εάν υπάρχει, του ταμιευτήρα.

Λίγες αντίστοιχες μελέτες έχουν γίνει για λίμνες επίσης και οι περισσότερες αφορούν την περιοχή Great Lakes στην Βόρεια Αμερική.

Οι Brown et al.(1968) σε μία σύνθετη μελέτη του κλίματος στο νότιο Οντάριο επισημαίνουν ότι το φαινόμενο των διαφορών στην θερμοκρασία πάνω από τις λίμνες και το έδαφος παρατηρείται περισσότερο στις παράκτιες περιοχές ακριβώς στην υπήνεμη πλευρά της λίμνης.

Παρόμοιες μελέτες στη λίμνη Michigan (Changnon, 1966) αναφέρουν επιρροές της λίμνης στις καταιγίδες και στις τέσσερις εποχές, με σημαντικότερες το καλοκαίρι και το φθινόπωρο. Γενικά, διαπιστώθηκε ότι η λίμνη προκαλεί αύξηση των καταιγίδων το χειμώνα, μείωση την άνοιξη, αύξηση και μείωση το καλοκαίρι και αύξηση το φθινόπωρο. Η επιρροή και στην αύξηση και στην μείωση εξαρτάται από τη διεύθυνση του ανέμου και την ώρα της ημέρας. Η λίμνη επηρεάζει επίσης τη συχνότητα χαλαζόπτωσης στο κάτω Michigan.

Είναι δύσκολο να σχηματιστεί ένα γενικό συμπέρασμα για την επίδραση των ταμιευτήρων στην βροχόπτωση. Πράγματι, μία στατιστική μελέτη των μετεωρολογικών διαδικασιών πάνω από τη λίμνη Balaton στην Ουγγαρία (Kovacs, 1965) δείχνει ότι η λίμνη δεν έχει καμία επιρροή στη θερμοκρασία και την υγρασία των αέριων μαζών που διέρχονται πάνω από αυτή.

Έρευνες από το Swedish Meteorological and Hydrological Institute (Rodhe, 1968) για τις μεταβολές στο τοπικό κλίμα από την αύξηση του μεγέθους μιας λίμνης (αρχική έκταση 8,4 km², τελική έκταση 23 km²), έδειξαν ότι η ημερήσια μέγιστη θερμοκρασία δεν άλλαξε, όμως τα ελάχιστα της θερμοκρασίας παρουσιάζουν αύξηση της τάξης 0,5 έως 1,0 °C, σε μία απόσταση έως 50 m από τη λίμνη, ενώ δεν παρατηρείται επίδραση στην υγρασία.

Η Kossowska (1967) μελετά τις συνθήκες θερμοκρασίας που παρατηρήθηκαν στη Masurian Great Lake District τον Ιούλιο και Αύγουστο του 1962. Παρατηρήθηκε ότι τις πρωινές ώρες η θερμοκρασία δίπλα από τη λίμνη δεν παρουσιάζει διαφορές από την ευρύτερη περιοχή, κατά τη διάρκεια της μέρας η περιοχή δίπλα από τη λίμνη είναι πιο δροσερή και κατά το βραδάκι και τη νύχτα είναι θερμότερη. Το φαινόμενο αυτό εκτείνεται γύρω από τη λίμνη σε σχέση με τη διεύθυνση του ανέμου.

Ο Thornthwaite (1958) σημειώνει, όσον αφορά τις μηνιαίες μέσες τιμές της θερμοκρασίας αέρα, ότι το φράγμα Ribinsky στη Ρωσία, η Salton Sea και η λίμνη Mead στις Η.Π.Α. δεν προκαλούν σχεδόν καμία αντιληπτή αλλαγή στο τοπικό κλίμα.

Αξιόλογες αλλαγές του κλίματος και του περιβάλλοντος αναμένεται από ειδικούς ότι θα προκαλέσει η κατασκευή και πλήρωση του φράγματος Three Gorges στην Κίνα. Πρόκειται

για το μεγαλύτερο έργο αποθήκευσης νερού στον κόσμο καθώς και το μεγαλύτερο υδροηλεκτρικό έργο, που κατασκευάζεται σήμερα στον ποταμό Yangtze, τον τρίτο σε μήκος ποταμό στον κόσμο. Ο ταμιευτήρας θα κατακλύσει 632 km^2 και το βάθος νερού θα είναι περίπου 175 m

Οι Κινέζοι ειδικοί στην προστασία του κλίματος και του περιβάλλοντος εκτιμούν ότι η κατασκευή του θα βελτιώσει το κλίμα των γύρω περιοχών, το οποίο αναμένεται να γίνει πιο κατάλληλο για την καλλιέργεια εσπεριδοειδών. Η περιοχή γύρω από τον ποταμό Yangtze έχει ήπιο κλίμα. Η έρευνα για την επίπτωση στο κλίμα της περιοχής από την κατασκευή του έργου έδειξε ότι ο χειμώνας θα γίνει ηπιότερος και το καλοκαίρι πιο δροσερό. Εκτιμήθηκε αύξηση θερμοκρασίας κατά το χειμώνα και την άνοιξη από $0,3 - 1 \text{ }^\circ\text{C}$ και πτώση $0,9 - 1,2 \text{ }^\circ\text{C}$ το καλοκαίρι. Η βελτίωση του τοπικού κλίματος υπόσχεται ακόμα μεγαλύτερες δυνατότητες καλλιέργειας εσπεριδοειδών.

Η υδάτινη επιφάνεια ενός ταμιευτήρα επηρεάζει το ενεργειακό ισοζύγιο πάνω από τη λίμνη μέσω της εξάτμισης και της λανθάνουσας θερμότητας.

Οι Lofgren and Zhu (1999) μελέτησαν τις ενεργειακές ροές στις Great Lakes. Αναφέρουν πολύ υψηλές εξερχόμενες ροές λανθάνουσας και αισθητής θερμότητας κατά τη διάρκεια του τέλους του φθινοπώρου και της αρχής του χειμώνα. Το μέγεθος και η χωρική κατανομή της ροής λανθάνουσας και αισθητής θερμότητας είναι μικρή κατά τη διάρκεια της άνοιξης και ακόμη μικρότερη το καλοκαίρι. Οι υπολογισμένες ροές διαφέρουν κάθετα με τον τυπικό ετήσιο κύκλο πάνω από τις γειτονικές χερσαίες επιφάνειες, όπου η ροή θερμότητας είναι κοντά στο μηδέν καθ' όλο το έτος και οι ροές είναι μεγαλύτερες κατά το καλοκαίρι. Το γεγονός αυτό δείχνει μια σημαντική ανταλλαγή ενέργειας μέσω της κίνησης της αέριας μάζας μεταξύ των λιμνών και των γύρω χερσαίων περιοχών.

Οι Meijninger and de Bruin (2000) πραγματοποίησαν πείραμα με σκοπό τον υπολογισμό με σιντιλλόμετρο της 24ωρης μέσης ροής αισθητής θερμότητας σε κοιλάδα και σε αρδευόμενη έκταση καλλιεργείων βαμβακιού. Από την έρευνα προκύπτει ότι η αισθητή θερμότητα δεν παραμένει σταθερή με τη μεταβολή της προσφοράς νερού. Έτσι κατά την περίοδο της άρδευσης παρουσιάζει μείωση της τάξης των 150 Wm^{-2} γύρω στο μεσημέρι στην αρδευόμενη περιοχή σε σχέση με την κοιλάδα, ενώ κατά την υπόλοιπη περίοδο μελέτης η αισθητή θερμότητα είναι σχεδόν όμοια στις δύο περιοχές.

Ανάλογο με το εξεταζόμενο θέμα θεωρείται η διερεύνηση της κυκλοφορίας αέριων μαζών σε αρδευόμενες, καλλιεργήσιμες περιοχές που γειτνιάζουν με ξηρές περιοχές.

Σύμφωνα με τους Segal et al (1988), που ερεύνησαν το θέμα στο Colorado, πάνω από αρδευόμενες περιοχές οι θερμοκρασίες ήταν μικρότερες περί τους 10 °C από τις αντίστοιχες πάνω από την παρακείμενη ξηρή γη, με βάση μετρήσεις από δορυφόρο. Οι μετρήσεις από αεροπλάνο και από την επιφάνεια δείχνουν μια αξιοπρόσεκτη πτώση της θερμοκρασίας αέρα και αύξηση της υγρασίας στα χαμηλά επίπεδα πάνω από τις αρδευόμενες περιοχές συγκρινόμενη με τη γύρω ξηρή γη. Αυτή η διαφορά ήταν προφανής έως το ύψος των 445 m που ήταν το ανώτερο ύψος μέτρησης του αεροσκάφους. Οι αλλαγές αυτές αποδίδονται στην αλλαγή χρήσης γης.

Αντίστοιχα πειράματα έκανε ο Hand (1964) σε ζεστό, υγρό κλίμα στο Σουδάν. Οι εκτάσεις από αρδευόμενο βαμβάκι και τριφύλλι αποτελούσαν «όαση» μέσα στην έρημο. Παρατηρήθηκε πτώση της θερμοκρασίας, με το φαινόμενο να περιορίζεται στα 50 έως 60 m από τα όρια της αρδευόμενης ζώνης.

Πρόσφατες έρευνες (IRN, 2002) δείχνουν ότι τα φράγματα σχετίζονται και με άλλου είδους επιδράσεις στην ατμόσφαιρα. Τα φράγματα και οι ταμιευτήρες τους αποτελούν μια παγκόσμια πηγή εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου, διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και κυρίως μεθανίου (CH₄). Εδώ και δεκαετίες γίνονται μετρήσεις σε 30 ταμιευτήρες φραγμάτων σε βόρειες και τροπικές περιοχές. Από όλους τους ταμιευτήρες παρατηρήθηκαν εκλύσεις αερίων θερμοκηπίου. Τα αέρια δημιουργούνται εξαιτίας βακτηρίων που αποσυνθέτουν τις οργανικές ουσίες μέσα στο νερό. Το μεθάνιο δημιουργείται από βακτήρια σε φτωχές σε οξυγόνο ζώνες, όπως στον πυθμένα των ταμιευτήρων. Αρχικές ενδείξεις επισημαίνουν ότι οι εκλύσεις αυτές είναι μεγαλύτερες σε τροπικές περιοχές, οι οποίες έτσι και αλλιώς επιβαρύνουν εντονότερα το περιβάλλον σε θέματα θερμοκτικής ρύπανσης μέσω των έργων τους.

Η επισκόπηση στην ελληνική βιβλιογραφία έδειξε ότι υπάρχουν ελάχιστες αναφορές για το συγκεκριμένο θέμα. Η μόνη ουσιαστική αναφορά γίνεται στη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων της εκτροπής του Αχελώου (Ε.Υ.Δ.Ε. Αχελώου Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., 1995). Εκεί αναφέρονται αναμενόμενες επιπτώσεις στο κλίμα από την κατάκλυση με νερό μεγάλων περιοχών και τη δημιουργία των ταμιευτήρων Μεσοχώρας και Συκιάς. Μεταξύ άλλων, αναμένεται μείωση του ημερήσιου θερμοκρασιακού εύρους, αύξηση της υγρασίας από την εξάτμιση και συνεπώς αύξηση της συχνότητας του φαινομένου της ομίχλης, αύξηση της ταχύτητας των ανέμων και πιθανή αλλαγή της διεύθυνσής τους από τη

δημιουργία λείας, επίπεδης, υδάτινης επιφάνειας. Οι αλλαγές αυτές θα επηρεάσουν τους παραλίμνιους οικισμούς σε ακτίνα έως 3 km από τους ταμιευτήρες. Σημειώνεται, βέβαια ότι όλα τα παραπάνω είναι θεωρητικές επιπτώσεις και δεν προκύπτουν από μετρήσεις ή άλλους υπολογισμούς.

3. ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

3.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ

Κύριο κριτήριο για την επιλογή ταμιευτήρα ήταν η ύπαρξη ικανοποιητικών μετεωρολογικών δεδομένων. Στα περισσότερα φράγματα γίνεται εγκατάσταση μετεωρολογικού σταθμού πλησίον της στέψης μετά την κατασκευή τους. Ωστόσο, για τη συγκεκριμένη έρευνα ήταν επιθυμητό να υπάρχει ικανή χρονοσειρά μετεωρολογικών δεδομένων στη θέση του ταμιευτήρα τόσο μετά όσο και πριν την κατασκευή του, ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση των δύο ομάδων δεδομένων και η διερεύνηση τυχόν κλιματικής αλλαγής.

Αναζητήθηκαν λοιπόν φράγματα για τα οποία έτυχε να υπάρχει μετεωρολογικός σταθμός πλησίον του ταμιευτήρα, σε απόσταση της τάξης έως λίγων χιλιομέτρων, και να λειτουργεί για σημαντικό χρονικό διάστημα τόσο πριν όσο και μετά την πλήρωση του ταμιευτήρα.

Ταυτόχρονα ο εν λόγω σταθμός έπρεπε να είναι αξιόπιστος και να λειτουργεί συστηματικά, χωρίς σημαντικές ελλείψεις.

Στη συνέχεια έπρεπε να επιλεγούν κατάλληλοι σταθμοί αναφοράς, δηλαδή σταθμοί με των οποίων τα δεδομένα θα γινόταν σύγκριση. Οι σταθμοί αυτοί έπρεπε να βρίσκονται σε μεγαλύτερη απόσταση από τον ταμιευτήρα, ώστε να θεωρείται ότι δεν επηρεάζονται από αυτόν, αλλά ταυτόχρονα να βρίσκονται σε παρόμοιες γενικά κλιματικές συνθήκες. Οι σταθμοί αυτοί έπρεπε να παρέχουν αξιόπιστα δεδομένα για το ίδιο χρονικό διάστημα με το σταθμό πλησίον του ταμιευτήρα, ώστε να υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης.

Σε κάθε περίπτωση βέβαια έπρεπε ο ταμιευτήρας που τελικά θα επιλεγεί να έχει όσο το δυνατό μεγαλύτερο μέγεθος, ώστε η υδατική του επιφάνεια να επηρεάσει το περισσότερο δυνατό το κλίμα. Οι ταμιευτήρες που κατασκευάζονται στην Ελλάδα είναι συγκριτικά με τις άλλες χώρες μικρού μεγέθους, κάτι που γενικά είναι θετικό καθώς φέρουν μικρότερες επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον.

Επιπλέον, θα έπρεπε ο ταμιευτήρας να μην έχει κατασκευαστεί πρόσφατα, ώστε τα μετεωρολογικά δεδομένα μετά την πλήρωση του ταμιευτήρα να αποτελούν συγκρίσιμη χρονοσειρά.

Έχοντας όλα τα παραπάνω υπόψη άρχισε η αναζήτηση κατάλληλου φράγματος. Αναζητήθηκαν στους διάφορους φορείς (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Ε.Μ.Υ., Δ.Ε.Η., Υπουργείο Γεωργίας, Ε.ΥΔ.ΑΠ. κ.α.) οι υπάρχοντες μετεωρολογικοί σταθμοί πλησίον των μεγάλων φραγμάτων και τα διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα από αυτούς.

Εξετάστηκαν οι περιπτώσεις των φραγμάτων του Καστρακίου και των Κρεμαστών στον Αχελώο, του Πολύφυτου, της Σφηκιάς και των Ασωμάτων στον Αλιάκμονα, του Μόρνου, του Λάδωνα, του Ταυρωπού, του Λούρου και του Πουρναρίου. Ύστερα από μια επίπονη έρευνα στους παραπάνω φορείς, κατά την οποία απορρίφθηκαν οι περισσότεροι ταμιευτήρες επειδή δεν προϋπήρχε μετεωρολογικός σταθμός πλησίον στη θέση κατασκευής τους, αποφασίστηκε η έρευνα να περιοριστεί σε δύο ταμιευτήρες:

- το φράγμα του Πουρναρίου και
- το φράγμα του Μόρνου

3.2 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΩΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ

3.2.1 ΠΟΥΡΝΑΡΙ

Υδρολογικά δεδομένα - Επιφανειακά νερά

Ο ποταμός *Άραχθος* έχει κύριο άξονα ροής από Βορρά προς Νότο και ρέει κατά μήκος του σύγκλινου Ηπείρου - Ακαρνανίας. Πηγάζει από τη Βόρεια Πίνδο από το όρος Λάκμωνα, στη θέση Οξυά Δεσπότη, σε υψόμετρο 1700 m. Στην αρχή, διερχόμενος νότια της κωμοπόλεως του Μετσόβου, ονομάζεται Μετσοβίτικος, μετά δε τη συνάντησή του με τον ποταμό Διπόταμο παίρνει το όνομα Άραχθος. Οι σημαντικότεροι παραπόταμοί του είναι: ο Ζαγορίτικος, ο Βάρδας, ο Μετσοβίτικος, ο Καλαρίτικος, ο Σαραντάπορος και ο Καλεντίνης (Υπουργείο Γεωργίας, 2001).

Η λεκάνη απορροής του ποταμού έχει εμβαδόν 2004 km² και το μήκος της κύριας μισγάγγειας είναι 110 km. Στην λεκάνη απορροής απαντάται μεγάλη επιφανειακή ανάπτυξη του φλύσχη. Έτσι το καθεστώς απορροής χαρακτηρίζεται από μεγάλα εύρη ακραίων τιμών με χαμηλές σχετικά θερινές παροχές και ψηλές πλημμυρικές αιχμές. Οι παροχές του Άραχθου έχουν μελετηθεί κατά καιρούς από διάφορους μελετητές, με διαφορετικό βαθμό αξιοπιστίας αποτελέσματος ως προς την τιμή της μέσης ετήσιας παροχής. Σύμφωνα με την ΔΕΗ η μέση παροχή του ποταμού στο Πουρνάρι είναι 66,4 m³/s (ΤΟΜΗ κ.ά., 1996).

Με τη λειτουργία των φραγμάτων της ΔΕΗ στις θέσεις Πουρνάρι Ι και Πουρνάρι ΙΙ γίνεται αναρρύθμιση της παροχής του Αράχθου με ρυθμισμένη παροχή του ποταμού 38,2 m³/sec και αρδεύονται περί τα 45000 στρέμματα της πεδιάδας της Άρτας.

Στα επιφανειακά νερά της περιοχής εντάσσεται εκτός από τον ποταμό Άραχθο και ο ποταμός Λούρος, στα δυτικά του Άραχθου και ο ποταμός Βωβός, στα ανατολικά του κατώτερου τμήματος του Αράχθου.

Ο Άραχθος εκβάλλει στον Αμβρακικό κόλπο, όπου οι προσχωσιγενείς αποθέσεις του μαζί με αυτές του ποταμού Λούρου δημιούργησαν τις λιμνοθάλασσες Λογαρούς, Ροδιάς και Τσουκαλιού. Ο Αμβρακικός αποτελεί ένα από τα καλύτερα διατηρημένα οικοσυστήματα διεθνώς και προστατεύεται από τη συνθήκη Ramsar (Υπουργείο Γεωργίας, 2001).

Στο Χάρτη 3.2.1-1 παρουσιάζεται η ευρύτερη περιοχή του φράγματος Πουρναρίου με τον ποταμό Άραχθο και τους παραποτάμους του.

Υδραυλικά έργα - Φράγματα στην περιοχή

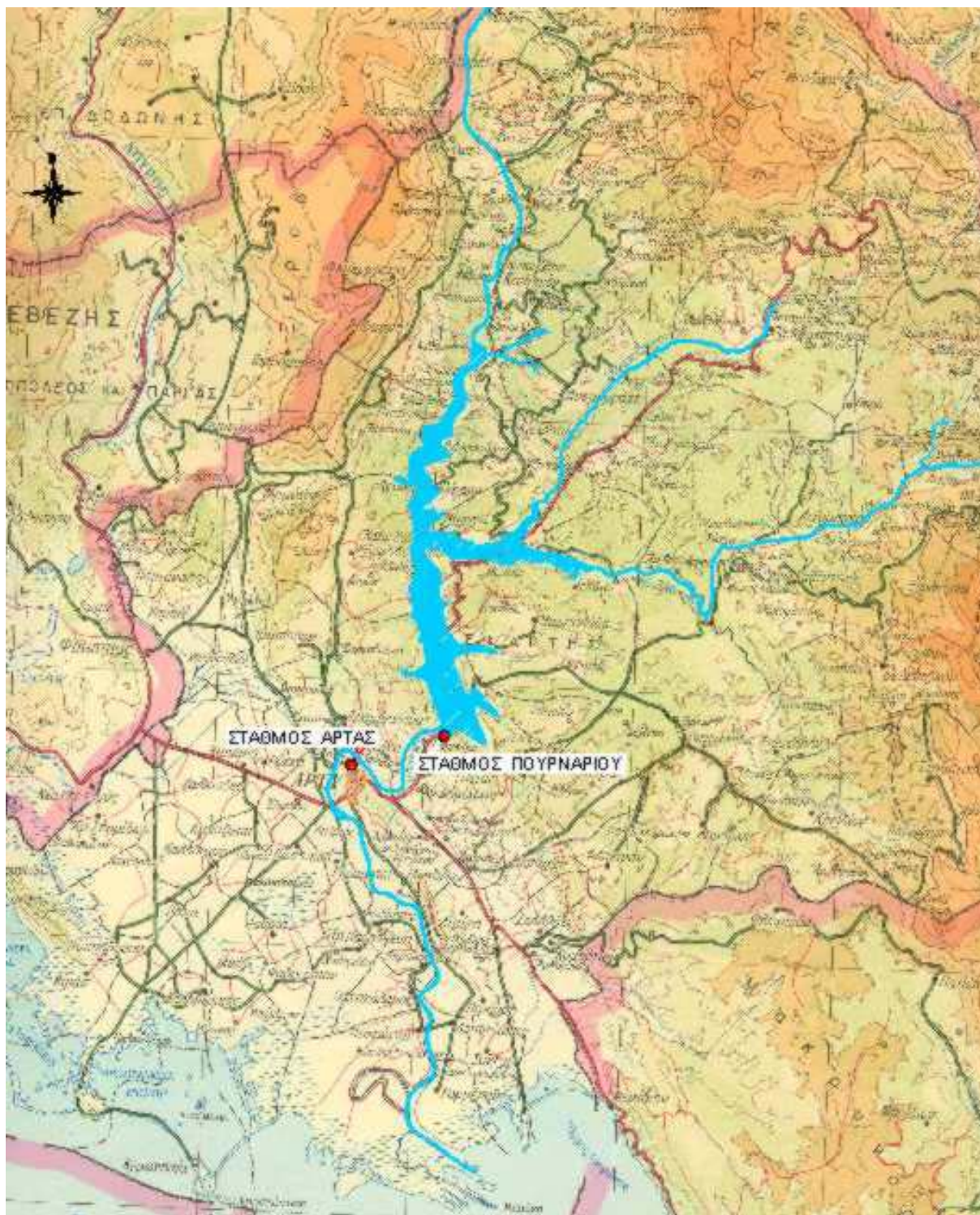
Η περιοχή διαθέτει μεγάλο υδατικό δυναμικό, μεγάλους ποταμούς και δευτερεύοντες χείμαρρους. Παράλληλα η ευρύτερη πεδιάδα της Άρτας έχει έδαφος με ιδιαίτερα μικρή κλίση, υψηλό ορίζοντα υπογείων υδάτων και καρστικές πηγές με πολύ μεγάλες παροχές. Εξαιτίας αυτών μεγάλα τμήματα της πεδιάδας πλημμύριζαν και έτσι κατασκευάστηκαν κατά καιρούς μεγάλα αντιπλημμυρικά και αποχετευτικά - αποστραγγιστικά έργα. Τα σπουδαιότερα όμως υδραυλικά έργα της περιοχής είναι τα φράγματα.

Το 1980 πληρώθηκε ο ταμιευτήρας του *Πουρναρίου* και το 1981 άρχισε να λειτουργεί το Η/Υ εργοστάσιο με μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας 100 MW.

Στη φωτογραφία 3.2.1-1 φαίνεται ο Υδροηλεκτρικός σταθμός Πουρναρίου και στη φωτογραφία 3.2.1-2 δίνεται μια γενική άποψη του ταμιευτήρα του Πουρναρίου.

Το φράγμα του *Πουρναρίου* βρίσκεται 4,5 km πάνω από την Άρτα.. Η κατασκευή του έγινε για τους εξής σκοπούς (Χατζηλάκος, 1999):

- Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στις αιχμές ενεργειακής ζήτησης
- Ανάσχεση πλημμύρων
- Αποθήκευση νερού για τις αρδευτικές ανάγκες του κάμπου



Χάρτης 3.2.1-1 Ευρύτερη περιοχή ποταμού Άραχθου και φράγματος Πουρναρίου. Απεικονίζονται οι θέσεις των μετεωρολογικών σταθμών.



Φωτο 3.2.1-1 Η στέψη και ο υδροηλεκτρικός σταθμός του φράγματος Πουρναρίου



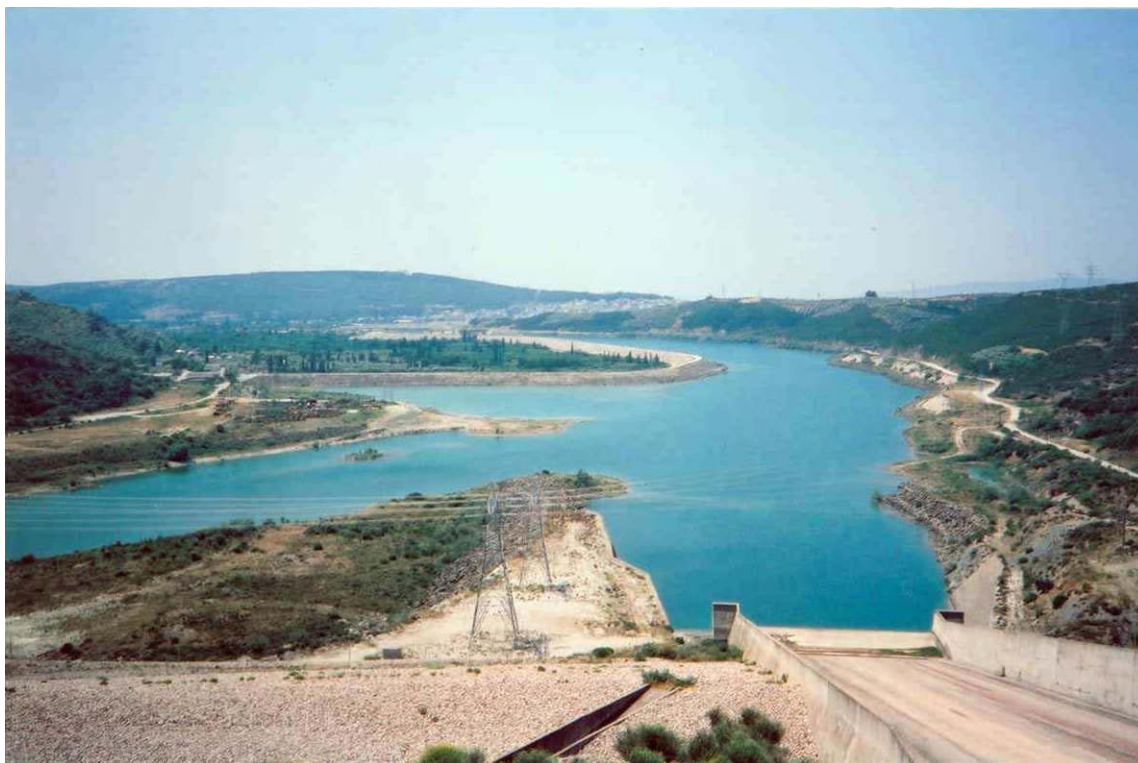
Φωτο 3.2.1-2 Γενική άποψη του ταμιευτήρα Πουρναρίου

Το φράγμα του *Πουρναρίου* έχει τα παρακάτω κατασκευαστικά χαρακτηριστικά (ΤΟΜΗ κ.ά., 1996):

Τύπος φράγματος	Χωμάτινο με αδιαπέρατο πυρήνα
Επιφάνεια ταμιευτήρα	20 km ²
Χωρητικότητα ταμιευτήρα	865 x 10 ⁶ m ³
Στάθμη στέψης φράγματος	+128,0 m
Ύψος φράγματος	87,0 m
Μήκος στην στέψη	580,0 m
Τύπος υπερχειλιστή	Πλευρικός
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς	300 MW
Συνολική ετήσια παραγωγή ρεύματος	504 Gwh

Αργότερα, κατάντη του φράγματος *Πουρναρίου*, κατασκευάστηκε το *φράγμα Πουρνάρι II*. Το *Πουρνάρι II* σχηματίζει μικρής έκτασης ταμιευτήρα, ο οποίος πληρώθηκε το 1996 και έχει ΥΗΣ με μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας 45 MW. Απέχει περίπου 3 km από την πόλη της Άρτας και κατασκευάστηκε κυρίως για να παίζει ρυθμιστικό ρόλο, ώστε να υπάρχει μια μόνιμη ροή νερού, που να προσομοιάζει με την προ του φράγματος κατάσταση ακόμα και το καλοκαίρι.

Στη φωτογραφία 3.2.1-3 παρουσιάζεται η περιοχή κατάντη του Πουρναριου 1, προς Πουρνάρι II. Φαίνεται ο υπερχειλιστής του φράγματος, ενώ στο βάθος διακρίνεται η πόλη της Άρτας.



Φωτο 3.2.1-3 Άποψη περιοχής κατάντη του φράγματος Πουρναρίου 1. Στο βάθος διακρίνεται η πόλη της Άρτας.

3.2.2 ΜΟΡΝΟΣ

Υδρολογικά στοιχεία - Επιφανειακά νερά

Ο ποταμός *Μόρνος* ή *Δαφνούς* ή *Δάφνη* διέρχεται από την Κεντρική Στερεά Ελλάδα και η λεκάνη απορροής του περικλείεται από τις οροσειρές Γκιώνας, Οίτης και Βαρδουσίων. Γειτονεύει ανατολικά με τη λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού, βόρεια με τη λεκάνη Σπερχειού, και δυτικά με τις λεκάνες Εύηνου και Αχελώου. Ο ποταμός έχει τις πηγές του στις νότιες πλαγιές της Οίτης σε υψόμετρο 700 m και εκβάλλει στον Κορινθιακό κόλπο, ανατολικά της Ναυπάκτου (Υπουργείο Γεωργίας, 2001)

Υψογραφικά η λεκάνη τοποθετείται από το +320 (κοίτη Μόρνου στη θέση του φράγματος) μέχρι το +2.454 (κορυφή Γκιώνας) με το 50% της λεκάνης άνω του υψομέτρου +980 και με μέσο υψόμετρο λεκάνης το +1.026.

Η λεκάνη απορροής του καλύπτει επιφάνεια 974 km² συνολικά και 557 km² ανάντη του φράγματος, το ύψος της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης είναι 1.000 mm, ο μέσος ετήσιος όγκος

υετού ανέρχεται σε $1.180 * 10^6 \text{ m}^3$, η δε μέση συνολική ετήσια απορροή εκτιμάται σε $1.000 * 10^6 \text{ m}^3$ νερού.

Η γεωλογική εικόνα της λεκάνης είναι αρκετά πολύπλοκη, αλλά δύο κύριοι σχηματισμοί συνθέτουν τη δομή της, οι ασβεστόλιθοι και ο φλύσχης. Οι σχηματισμοί αυτοί καλύπτονται σε πολλές περιοχές από νεότερες τεταρτογενείς αποθέσεις (Ξανθόπουλος και Τζεράνης, 1988).

Υδραυλικά έργα - Φράγμα

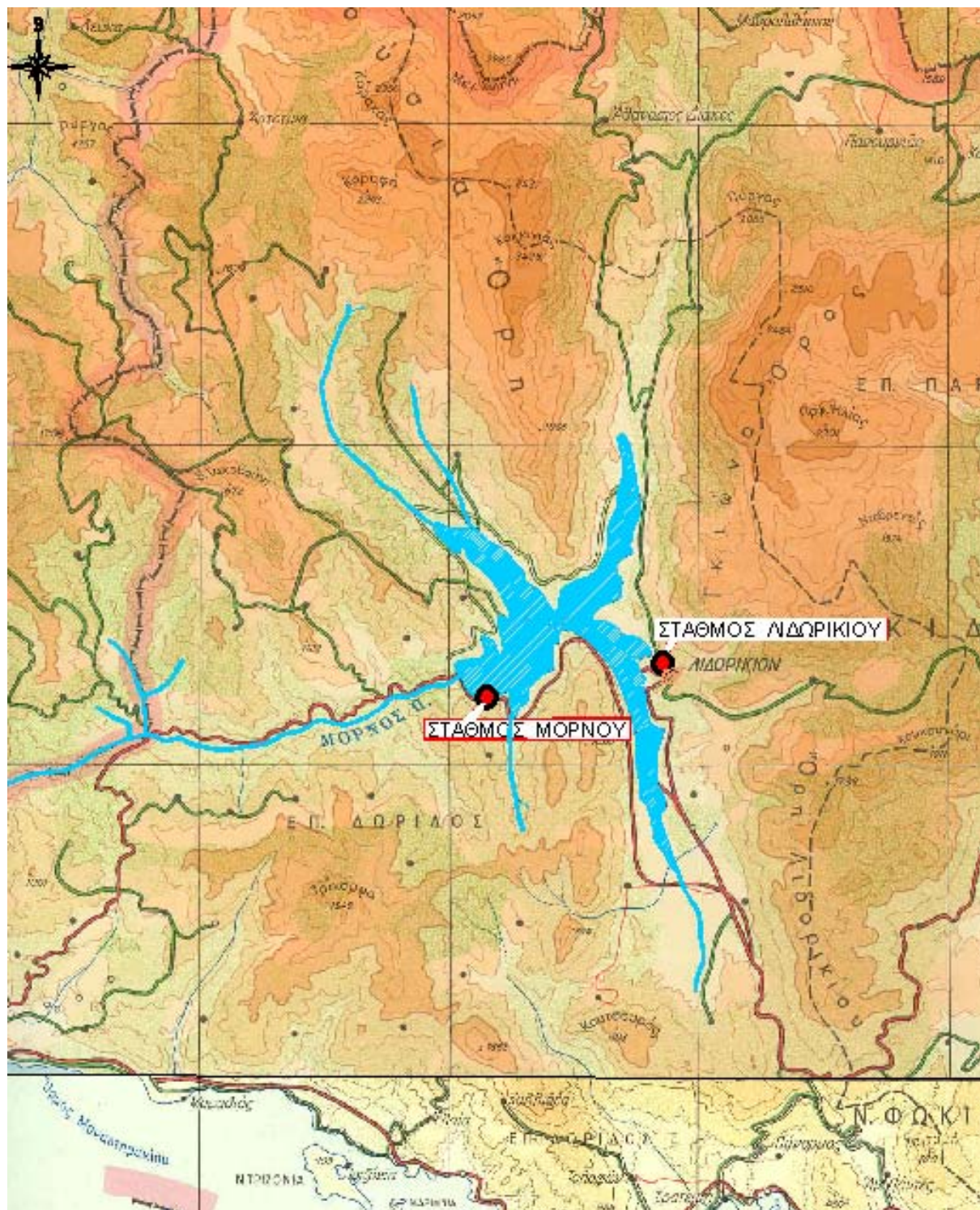
Το φράγμα Μόρνου κατασκευάστηκε μεταξύ των ετών 1972-1979, ο ταμιευτήρας του πληρώθηκε το 1979 και μπήκε πρώτη φορά σε λειτουργία για την ύδρευση της Αθήνας το 1981.

Στο Χαρτη 3.2.2-1 παρουσιάζεται η ευρύτερη περιοχή του φράγματος Μόρνου με τον ποταμό Μόρνο και τους παραποτάμους του.

Στις φωτογραφία 3.2.2-1 δίνεται η γενική άποψη του ταμιευτήρα του Μόρνου και στη φωτογραφία 3.2.2-2 διακρίνεται η στέψη του φράγματος και ο υπερχειλιστής του.

Το φράγμα και ο ταμιευτήρας έχουν τα παρακάτω κύρια κατασκευαστικά χαρακτηριστικά (Ξανθόπουλος και Τζεράνης, 1988):

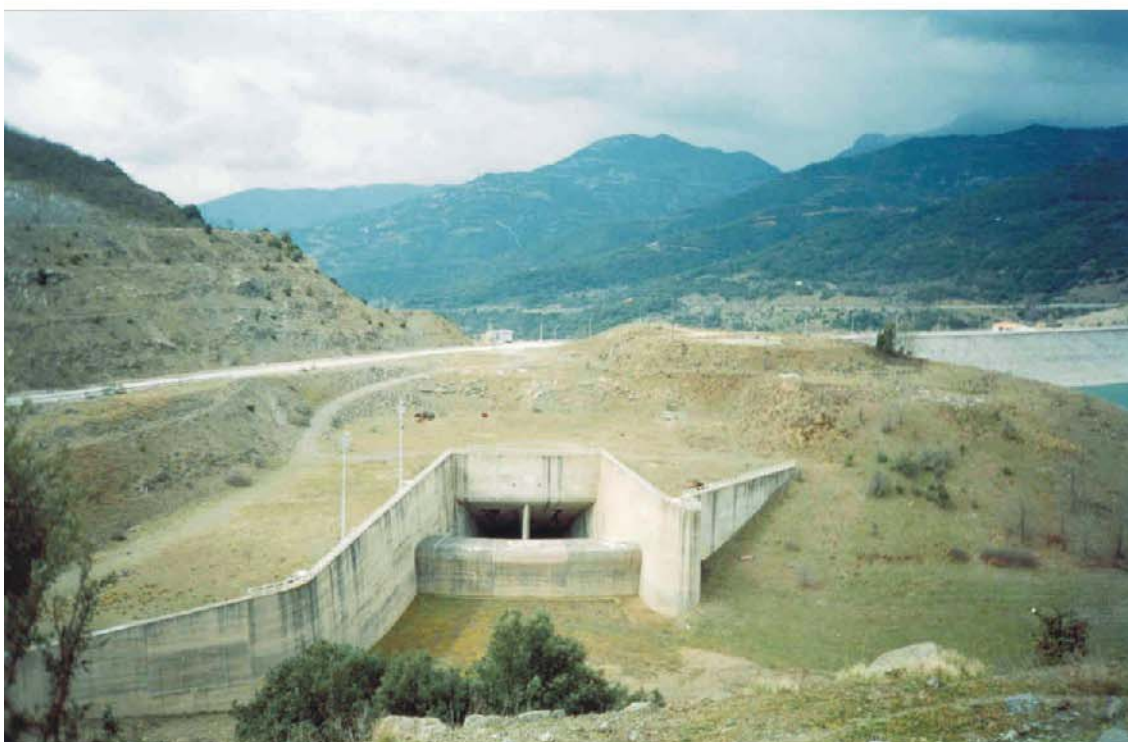
Τύπος φράγματος	Χωμάτινο με αδιαπέρατο πυρήνα
Επιφάνεια ταμιευτήρα	18,5 km ²
Ολική χωρητικότητα ταμιευτήρα	780 * 10 ⁶ m ³
Ωφέλιμη χωρητικότητα ταμιευτήρα	640 * 10 ⁶ m ³
Υψόμετρο στέψης φράγματος	+ 446,50 m.a.s.l
Μέγιστο ύψος	126 m
Μέγιστο ύψος από τη θεμελίωση	139 m
Μήκος στέψης	815 m
Τύπος υπερχειλιστή	Μετωπικός χωρίς θυροφράγματα με σήραγγα
Υψόμετρο στέψης υπερχειλιστή	+ 435 m.a.s.l.
Ανώτατη στάθμη πλημμύρας	+ 443,65 m.a.s.l.



Χάρτης 3.2.2-1 Ευρύτερη περιοχή ποταμού και φράγματος Μόρνου. Απεικονίζονται οι θέσεις των μετεωρολογικών σταθμών.



Φωτο 3.2.2-1 Γενική άποψη του ταμιευτήρα του Μόρνου



Φωτο 3.2.2-2 Ο υπερχειλιστής του φράγματος Μόρνου. Δεξιά διακρίνεται η στέψη, ενώ ακριβώς πάνω από τον υπερχειλιστή διακρίνεται ο μετεωρολογικός σταθμός της ΕΥΔΑΠ

Η διατομή του φράγματος συντίθεται από κεντρικό αδιαπέρατο αργιλικό πυρήνα, με κλίσεις ανάντη και κατόντη 3:1, μεταβατικά φίλτρα πάχους 4,0 m, και αμμοχαλικώδη σώματα στήριξης. Το ανάντη πρανές είναι επενδυμένο με λιθορριπή.

Η λύση του υπόγειου σιραγγοειδούς υπερχειλιστή προκρίθηκε λόγω των δυσμενών τοπογραφικών και γεωλογικών συνθηκών, που δεν επέτρεπαν την ευστάθεια ανοιχτού υπερχειλιστή.

Κατά μήκος του άξονα του φράγματος, κάτω από τη βάση του πυρήνα, έχει κατασκευαστεί στοά επίσκεψης - τσιμεντενέσεων, που διακλαδίζεται σε οριζόντιες σήραγγες μέσα στα αντερείσματα. Το διάφραγμα τσιμεντενέσεων έχει ολική επιφάνεια κατακόρυφης προβολής 60.000 m² και μήκος οπών γεωτρήσεων περί τα 95 km. Οι οπές διατάσσονται σε τρεις σειρές, με απόσταση μεταξύ των οπών κάθε σειράς 1,0 + 3,0 m.

Στο μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης κατάκλυσης υπάρχουν εμφανίσεις φλύσχη, ο οποίος είναι στεγανός από κάποιο βάθος και κάτω, καθώς και ασβεστολιθικές εμφανίσεις που είναι εγκιβωτισμένες σε στεγανό υπόβαθρο.

Όμως στη θέση "Πύρνος", 6 km περίπου ανατολικά του φράγματος, εμφανίζονται διαπερατοί σχηματισμοί σε μια λουρίδα μήκους περίπου 2,5 km, όπου έχουν γίνει εκτεταμένα έργα στεγανοποίησης (Ξανθόπουλος και Τζεράνης, 1988).

3.3 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Κατά τη διάρκεια της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από μετεωρολογικούς σταθμούς.

Όπως προαναφέρθηκε ο ταμιευτήρας του Πουρναρίου πληρώθηκε το 1980 και εκτείνεται 4,5 km ανατολικά της πόλης της Άρτας. Στην Άρτα λειτουργεί μετεωρολογικός σταθμός της ΕΜΥ, από τον οποίο εξασφαλίστηκαν μετεωρολογικά δεδομένα θερμοκρασίας, υετού, υγρασίας, ομίχλης, πάχνης, δρόσου κ.α. για τη χρονική περίοδο 1965-1996. Επιπλέον πλησίον του ΥΗΣ του Πουρναρίου λειτουργεί μετεωρολογικός σταθμός από τη ΔΕΗ από τον οποίο εξασφαλίστηκαν στοιχεία θερμοκρασίας, υγρασίας και υετού για τη χρονική περίοδο 1974- 1994.

Ως σταθμός βάσης, λαμβάνεται ο σταθμός της ΕΜΥ στα Ιωάννινα, αλλά και ο σταθμός της ΕΜΥ στο Αγρίνιο. Πρόκειται για σχετικά αξιόπιστους σταθμούς για τους εξασφαλίστηκαν αντίστοιχα μετεωρολογικά δεδομένα για το διάστημα 1965- 1996.

Κατά την εμπειρική προσέγγιση συγκρίθηκαν τα δεδομένα του σταθμού της Άρτας με αυτά των Ιωαννίνων αλλά και του Αγρινίου, θεωρώντας ότι ο σταθμός της Άρτας θα μπορούσε να επηρεαστεί από τον ταμιευτήρα, ενώ οι άλλοι δύο σταθμοί επηρεάζονται μόνο από την τυχόν γενικότερη κλιματική αλλαγή. Στη συνέχεια συγκρίθηκαν τα δεδομένα του σταθμού Πουρναρίου με αυτά της Άρτας, θεωρώντας ότι η κλιματική αλλαγή είναι πιο πιθανό να περιορίζεται πολύ σε εύρος και να επηρεάζει μόνο το σταθμό Πουρναρίου που είναι λίγα μέτρα από τη στέψη του ταμιευτήρα και όχι το σταθμό της Άρτας που είναι 4,5 km από τον ταμιευτήρα. Στην περίπτωση αυτή σταθμός βάσης είναι αυτός της Άρτας. Ωστόσο, τα δεδομένα του σταθμού Πουρναρίου περιορίζονται στο διάστημα 1974- 1994 με αποτέλεσμα το δείγμα να είναι μικρό και τα αποτελέσματα όχι τόσο σαφή, ειδικά για την περίοδο πριν τη λειτουργία του φράγματος.

Ο ταμιευτήρας του Μόρνου πληρώθηκε το 1979 περίπου. Στη λεκάνη Μόρνου υπάρχουν δύο σταθμοί, στο Λιδωρίκι και στο φράγμα Μόρνου.

Ο σταθμός φράγματος Μόρνου ανήκει στην ΕΥΔΑΠ, ενώ τα δεδομένα του καταχωρούνται και στο ΥΠΕΧΩΔΕ. Βρίσκεται ακριβώς δίπλα στη στέψη, πάνω από τον υπερχειλιστή, όπως φαίνεται και στη φωτογραφία 3.2.2-2.. Όπως προέκυψε όμως από την επί τόπου επίσκεψή μας, αλλά και από άλλες αναφορές, είναι τελείως αναξιόπιστος,. Έτσι δεν πήραμε καθόλου υπόψη τα στοιχεία του σταθμού αυτού.

Απέμεινε λοιπόν ο σταθμός Λιδωρικού, ο οποίος λειτουργεί ικανοποιητικά και συστηματικά, και εμφανίζει ελάχιστες ελλείψεις. Ο σταθμός στο Λιδωρίκι ανήκει στο ΥΠΕΧΩΔΕ και χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα του για το χρονικά διάστημα 1963- 1997. Αρχικά, ο σταθμός βρισκόταν στην πλατεία του χωριού, όπως φαίνεται στη φωτογραφία 3.3.5-1. Από το 1989 ο σταθμός μεταφέρθηκε στην έξοδο του χωριού προς Συκιά, όπως φαίνεται στη φωτογραφία 3.3.5-2. Ωστόσο, δεν παρατηρείται διαφοροποίηση στα δεδομένα του σταθμού μετά την αλλαγή θέσης, καθώς πρόκειται για μια απόσταση λίγων εκατοντάδων μέτρων, το Λιδωρίκι είναι μια μικρή κωμόπολη με 800-900 κατοίκους και δε θεωρείται ότι υπήρχαν αστικές συνθήκες στην πλατεία του χωριού, ενώ ταυτόχρονα και στις δύο περιπτώσεις ο σταθμός είναι λίγες εκατοντάδες μέτρα από τις όχθες του ταμιευτήρα.

Ως σταθμός βάσης λαμβάνεται ο σταθμός της ΕΜΥ στη Λαμία, για τον οποίο εξασφαλίστηκαν μετεωρολογικά δεδομένα για το διάστημα 1961-1990. Αν και η Λαμία μπορεί να θεωρηθεί ότι δεν έχει απόλυτα όμοιες κλιματικές συνθήκες, απέχει από τον ταμιευτήρα μόλις 45 km και είναι ο μόνος αξιόπιστος σταθμός με μεγάλες χρονοσειρές δεδομένων που είναι σχετικά κοντά.

Κατά την εμπειρική προσέγγιση λοιπόν συγκρίθηκαν τα δεδομένα του σταθμού του Λιδωρικού με αυτά της Λαμίας, θεωρώντας ότι ο σταθμός του Λιδωρικού θα μπορούσε να επηρεαστεί από τον ταμιευτήρα, ενώ αυτός της Λαμίας επηρεάζεται μόνο από την τυχόν γενικότερη κλιματική αλλαγή.

Σε κάθε περίπτωση έγινε επεξεργασία σε μηνιαία δεδομένα των διαφόρων μετεωρολογικών μεταβλητών, ενώ εξετάστηκαν τα δεδομένα και σε επίπεδο εποχής.

Η γεωγραφική θέση των υπό μελέτη ταμιευτήρων και των πόλεων των οποίων οι μετεωρολογικοί σταθμοί χρησιμοποιήθηκαν ως σταθμοί βάσης φαίνεται στο χάρτη 3.3.1-1.

Πληροφορίες συγκεκριμένα για κάθε ένα σταθμό που χρησιμοποιήθηκε δίνονται παρακάτω.



Χάρτης 3.3.1-1 Γεωγραφική θέση υπό μελέτη ταμιευτήρων. Παρουσιάζονται οι πόλεις στις οποίες τοποθετούνται οι μετεωρολογικοί σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν.

3.3.1 ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΟΥΡΝΑΡΙΟΥ

Ο μετεωρολογικός σταθμός του Πουρναρίου βρίσκεται κάτω από τη στέψη, δίπλα στο υδροηλεκτρικό εργοστάσιο στο φράγμα του Πουρναρίου. Ανήκει στη Δ.Ε.Η., η οποία συλλέγει και επεξεργάζεται τα στοιχεία του. Ο σταθμός άρχισε να λειτουργεί όταν άρχισαν οι εργασίες κατασκευής του φράγματος.

Στη φωτογραφία.3.3.1-1 δίνεται μία άποψη του σταθμού.



Φωτο 3.3.1-1 Άποψη του μετεωρολογικού σταθμού Πουρναρίου

Συγκεκριμένα ο σταθμός βρίσκεται σε συντεταγμένες $x= 242303,9$ $y= 4340256,9$ (ΕΓΣΑ '87), γεωγραφικό μήκος $21^{\circ} 01' 01''$ και γεωγραφικό πλάτος $39^{\circ} 10' 24''$ και υψόμετρο $h= 47$ m.

Ύστερα από επικοινωνία με τη Δ.Ε.Η. χορηγήθηκαν και τελικώς έγινε επεξεργασία σε μηνιαία δεδομένα από τον Αύγουστο του 1974 έως τον Νοέμβριο του 1994 και ειδικότερα σε δεδομένα:

- Απόλυτα μέγιστης θερμοκρασίας
- Απόλυτα ελάχιστης θερμοκρασίας
- Μέσης μέγιστης θερμοκρασίας
- Μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας
- Σχετικής υγρασίας

- Ολικού μηνιαίου υετού

3.3.2 ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΡΤΑΣ

Ο σταθμός βρίσκεται στην πόλη της Άρτας. Ανήκει στην Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ.), η οποία είναι υπεύθυνη για τη συλλογή και επεξεργασία των στοιχείων του.

Συγκεκριμένα ο σταθμός βρίσκεται σε γεωγραφικό μήκος $20^{\circ}59'$, γεωγραφικό πλάτος $39^{\circ}10'$ και υψόμετρο $h=42$ m.

Από την Ε.Μ.Υ. χορηγήθηκαν και τελικώς έγινε επεξεργασία σε μηνιαία δεδομένα από τον Ιανουάριο του 1965 έως το Δεκέμβριο του 1996 και ειδικότερα σε δεδομένα:

- Μέσης θερμοκρασίας
- Απόλυτα μέγιστης θερμοκρασίας
- Απόλυτα ελάχιστης θερμοκρασίας
- Ολικού ύψους υετού
- Μέγιστου ύψους υετού
- Ημερών υετού
- Ημερών καταιγίδας
- Σχετικής υγρασίας
- Ημερών ομίχλης
- Ημερών πάχνης
- Ημερών δρόσου
- Νέφωσης

Ειδικά για τις ημέρες καταιγίδας, ομίχλης, πάχνης και δρόσου υπήρχαν και χορηγήθηκαν δεδομένα από το Φεβρουάριο του 1972, ενώ για τη μέση μέγιστη και τη μέση ελάχιστη θερμοκρασία από τον Ιανουάριο του 1968.

3.3.3 ΣΤΑΘΜΟΣ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Ο σταθμός βρίσκεται στην πόλη των Ιωαννίνων. Ανήκει στην Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία Ε.Μ.Υ., η οποία είναι υπεύθυνη για τη συλλογή και επεξεργασία των στοιχείων του.

Συγκεκριμένα ο σταθμός βρίσκεται σε γεωγραφικό μήκος $20^{\circ} 48'$, γεωγραφικό πλάτος $39^{\circ} 42'$ και υψόμετρο $h= 483$ m.

Από την Ε.Μ.Υ. χορηγήθηκαν και τελικώς έγινε επεξεργασία σε μηνιαία δεδομένα από τον Ιανουάριο του 1965 έως το Δεκέμβριο του 1996 και ειδικότερα σε δεδομένα:

- Μέσης θερμοκρασίας
- Απόλυτα μέγιστης θερμοκρασίας
- Απόλυτα ελάχιστης θερμοκρασίας
- Ολικού ύψους υετού
- Μέγιστου ύψους υετού
- Ημερών υετού
- Ημερών καταιγίδας
- Σχετικής υγρασίας
- Ημερών ομίχλης
- Ημερών πάχνης
- Ημερών δρόσου

Ειδικά για τις ημέρες καταιγίδας, ομίχλης, πάχνης και δρόσου υπήρχαν και χορηγήθηκαν δεδομένα από τον Ιανουάριο του 1967, ενώ για τη μέση μέγιστη και τη μέση ελάχιστη θερμοκρασία από τον Ιανουάριο του 1968.

3.3.4 ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΓΡΙΝΙΟΥ

Ο σταθμός βρίσκεται στην πόλη του Αγρινίου. Ανήκει στην Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία Ε.Μ.Υ., η οποία είναι υπεύθυνη για τη συλλογή και επεξεργασία των στοιχείων του.

Συγκεκριμένα ο σταθμός βρίσκεται σε γεωγραφικό μήκος $21^{\circ} 24'$, γεωγραφικό πλάτος $38^{\circ} 37'$ και υψόμετρο $h= 47$ m.

Από την Ε.Μ.Υ. χορηγήθηκαν και τελικώς έγινε επεξεργασία σε μηνιαία δεδομένα από τον Ιανουάριο του 1965 έως το Δεκέμβριο του 1996 και ειδικότερα σε δεδομένα:

- Μέσης θερμοκρασίας
- Απόλυτα μέγιστης θερμοκρασίας
- Απόλυτα ελάχιστης θερμοκρασίας
- Ολικού ύψους υετού
- Μέγιστου ύψους υετού
- Ημερών υετού
- Ημερών καταιγίδας
- Σχετικής υγρασίας
- Ημερών ομίχλης
- Ημερών πάχνης
- Ημερών δρόσου

Ειδικά για τις ημέρες καταιγίδας, ομίχλης, πάχνης και δρόσου υπήρχαν και χορηγήθηκαν δεδομένα από τον Ιανουάριο του 1968, ενώ για τη μέση μέγιστη και τη μέση ελάχιστη θερμοκρασία από τον Ιανουάριο του 1968.

3.3.5 ΣΤΑΘΜΟΣ ΛΙΔΩΡΙΚΙΟΥ

Ο σταθμός βρίσκεται στο χωριό Λιδωρίκι, δίπλα από το φράγμα του Μόρνου. Ανήκει στο Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., στη Διεύθυνση Υδρολογίας και Υδατικών Πόρων, η οποία είναι υπεύθυνη για τη συλλογή και επεξεργασία των στοιχείων του.

Στη φωτογραφία 3.3.5-1 δίνεται μία άποψη της πλατείας του Λιδωρικίου όπου ήταν η θέση του σταθμού έως το 1989, στη φωτογραφία 3.3.5-2 δίνεται μία άποψη του σταθμού στη σημερινή του θέση και στη φωτογραφία 3.3.5-3 παρουσιάζεται η απόσταση του Λιδωρικίου από τον ταμιευτήρα.

Συγκεκριμένα σήμερα ο σταθμός βρίσκεται σε συντεταγμένες $x= 343204$ $y= 4265986$ (ΕΓΣΑ '87), γεωγραφικό μήκος $22^{\circ} 12' 04''$, γεωγραφικό πλάτος $38^{\circ} 31' 42''$ και υψόμετρο $h= 547,6$ m.

Ύστερα από επικοινωνία με το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. χορηγήθηκαν και τελικώς έγινε επεξεργασία σε μηνιαία δεδομένα από τον Αύγουστο του 1963 έως τον Σεπτέμβριο του 1997 και συγκεκριμένα σε δεδομένα:

- Μέσης θερμοκρασίας
- Μέσης μέγιστης θερμοκρασίας
- Μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας
- Ολικού ύψους υετού

Ειδικά για το ολικό ύψος υετού υπήρχαν και χορηγήθηκαν δεδομένα από τον Ιούνιο του 1950.



Φωτο 3.3.5-1 Αποψη της πλατείας του Λιδωρικίου όπου ήταν η θέση του μετεωρολογικού σταθμού έως το 1989



Φωτο 3.3.5-2 Αποψη του σταθμού Λιδωρικού στη σημερινή του θέση. Στο βάθος διακρίνεται ο ταμιευτήρας καθώς και το έργο στεγανοποίησης του Πύρνου



Φωτο 3.3.5-3 Διακρίνεται η απόσταση του Λιδωρικού από τον ταμιευτήρα του Μόρνου.

3.3.6 ΣΤΑΘΜΟΣ ΛΑΜΙΑΣ

Ο σταθμός βρίσκεται στην πόλη της Λαμίας. Ανήκει στην Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία Ε.Μ.Υ., η οποία είναι υπεύθυνη για τη συλλογή και επεξεργασία των στοιχείων του.

Συγκεκριμένα ο σταθμός βρίσκεται σε γεωγραφικό μήκος $22^{\circ} 26'$, γεωγραφικό πλάτος $38^{\circ} 54'$ και υψόμετρο $h= 144$ m.

Από την Ε.Μ.Υ. χορηγήθηκαν και τελικώς έγινε επεξεργασία σε μηνιαία δεδομένα από τον Οκτώβριο του 1961 έως το Δεκέμβριο του 1990 και ειδικότερα σε δεδομένα:

- Μέσης θερμοκρασίας
- Μέσης μέγιστης θερμοκρασίας
- Μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας
- Ολικού ύψους υετού

Ειδικά για το ολικό ύψος υετού υπήρχαν και χορηγήθηκαν δεδομένα από τον Οκτώβριο του 1959 έως το Σεπτέμβριο του 1997.

4. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Οι όποιες μεταβολές συμβούν στο μικροκλίμα μιας περιοχής από την κατασκευή ενός ταμιευτήρα σχετίζονται ασφαλώς με τη μεταβολή του ενεργειακού ισοζυγίου που προκαλεί η ύπαρξη μεγάλης μάζας νερού. Οι μεταβολές αυτές συνδυάζονται με την αυξημένη, μετά την κατασκευή του ταμιευτήρα, εξάτμιση στην περιοχή.

4.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

Η φυσική διεργασία της εξάτμισης τροφοδοτείται ενεργειακά από την ηλιακή ακτινοβολία. Η ενεργειακή διαφορά της ηλιακής ακτινοβολίας S_n (μικρού μήκους κύματος) και της γήινης υπέρυθρης ακτινοβολίας L_n (μεγάλου μήκους κύματος) είναι η ολική καθαρή ενέργεια ακτινοβολίας στην επιφάνεια της γης R_n ήτοι

$$R_n = S_n - L_n$$

Η ολική καθαρή ενέργεια ακτινοβολίας R_n παρέχει τη λανθάνουσα θερμότητα Λ που χρειάζεται για την εξάτμιση του νερού, ενώ ένα άλλο μέρος της αποδίδεται ως αισθητή θερμότητα H μέσω των μηχανισμών αγωγής και κατακόρυφης μεταφοράς. Όλα τα μεγέθη εκφράζονται ως ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας και ανά μονάδα χρόνου, π.χ. $\text{kJ}/(\text{m}^2\text{d})$.

Επιπλέον ένα μικρό συνήθως τμήμα της ενέργειας δαπανάται με άλλους τρόπους και συγκεκριμένα:

- α. Διακινείται με αγωγή προς το έδαφος ή με αγωγή και μεταφορά προς το υδάτινο σώμα G .
- β. Δαπανάται για τις βιοχημικές διαδικασίες των φυτών Q_B (~2% του R_n)
- γ. Μπορεί να αποθηκεύεται προσωρινά στον όγκο αναφοράς Q_s .
- δ. Μπορεί να μεταφέρεται οριζόντια (σε περιπτώσεις που εκδηλώνεται το φαινόμενο όασης, διαφορετικά θεωρείται αμελητέα) προς άλλες περιοχές Q_h .

Κατά συνέπεια, η πλήρης εξίσωση του ενεργειακού ισοζυγίου για συγκεκριμένο όγκο αναφοράς είναι:

$$R_n = H + \Lambda + G + Q_B + Q_s + Q_h$$

Στις περισσότερες περιπτώσεις πρακτικά οι δευτερεύοντες όροι G , Q_B , Q_s και Q_h αμελούνται (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999).

Με την κατασκευή του ταμιευτήρα και την προσφορά νερού αναμένεται μεταβολή των παραπάνω όρων του ενεργειακού ισοζυγίου της γης με αποτέλεσμα να ισχύει η σχέση:

$$\Delta S_n - \Delta \Lambda = \Delta L_n + \Delta H + \Delta G + \Delta Q_B + \Delta Q_s + \Delta Q_h$$

όπου κάθε διαφορά νοείται ως η τιμή του μεγέθους μετά την κατασκευή του ταμιευτήρα μείων την τιμή πριν την κατασκευή.

Μετά την πλήρωση του ταμιευτήρα αναμένεται να αυξηθεί η καθαρή ακτινοβολία βραχέων κυμάτων, δηλαδή $\Delta S_n > 0$ επειδή εξαρτάται μόνο από την εξωγήινη ηλιακή ακτινοβολία και από τη λευκαύγεια α . Η εξωγήινη ηλιακή ακτινοβολία δεν μεταβάλλεται, αλλά η τιμή της λευκαύγειας μειώνεται (από τυπική τιμή 0,25 σε 0,08). Η μεταβολή της καθαρής ακτινοβολίας βραχέων κυμάτων ΔS_n μπορεί να υπολογιστεί από τις τιμές του S_n που προκύπτουν από τον υπολογισμό της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής με τη μέθοδο Priestley-Taylor για την περίοδο πριν και μετά την πλήρωση του ταμιευτήρα

Η μεταφοράς λανθάνουσας θερμότητας Λ αναμένεται να αυξηθεί εφόσον αυξάνεται η διαθεσιμότητα νερού, με αποτέλεσμα $\Delta \Lambda > 0$. Η μεταφοράς λανθάνουσας θερμότητας Λ δίνεται από τον τύπο:

$$\Lambda = \lambda E$$

όπου E ο ρυθμός εξάτμισης και λ η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης, η οποία έχει τυπική τιμή $\lambda = 2460$ kJ/kg. Η μεταβολή $\Delta \Lambda$ θα μπορούσε να υπολογιστεί από τη μεταβολή της εξάτμισης ΔE και τη λ .

Η γήινη υπέρυθη ακτινοβολία L_n εκφράζεται συναρτήσει της θερμοκρασίας, καθώς οι δύο μεταβλητές συνδέονται με την κάτωθι σχέση:

$$L_n = \varepsilon_n f_L \sigma (T_a + 273)^4$$

Από τα πραγματικά δεδομένα που εξετάστηκαν στη μελέτη αυτή, όπως προκύπτει και από την ανάλυση του επόμενου κεφαλαίου 5, δεν παρατηρείται ουσιώδης μεταβολή της θερμοκρασίας μετά την πλήρωση του ταμιευτήρα. Παρόλα αυτά το ΔL_n αποτελεί έναν άγνωστο στην εξίσωση του ενεργειακού ισοζυγίου.

Η μεταβολή της αισθητής θερμότητας ΔH αποτελεί επίσης έναν άγνωστο όρο. Είναι γνωστό ωστόσο ότι η H δεν παραμένει σταθερή με την προσφορά νερού. Όπως προαναφέρθηκε και στο κεφάλαιο της βιβλιογραφικής παρουσίασης, από έρευνες (Meijninger and de Bruin, 2000) προκύπτει ότι η προσφορά νερού προκαλεί σημαντική μείωση της αισθητής θερμότητας.

Η αγωγή και μεταφορά θερμότητας προς τον υδάτινο όγκο αναμένεται να είναι μεγαλύτερη σε σχέση με το έδαφος με αποτέλεσμα να αναμένεται $\Delta G > 0$.

Με την κάλυψη της περιοχής και της βλάστησης με νερό αναμένεται ίσως κάποια μείωση της θερμότητας που δαπανάται από τις βιοχημικές διαδικασίες των φυτών Q_B με αποτέλεσμα να είναι $\Delta Q_B < 0$, αλλά πάντως ο όρος αυτός θα μπορούσε να αμεληθεί.

Η θερμότητα που αποθηκεύεται στον όγκο αναφοράς Q_s αναμένεται να αυξηθεί τους θερινούς μήνες, δηλαδή να ισχύει $\Delta Q_s > 0$, καθώς το νερό έχει μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα από το έδαφος και συνεπώς αναμένεται να απορροφάται περισσότερη θερμότητα.

Η οριζόντια μεταφορά θερμότητας ΔQ_h (φαινόμενο όασης) αναμένεται να αυξηθεί με την παρουσία νερού, με αποτέλεσμα να είναι $\Delta Q_h > 0$.

Συνεπώς, το υπό μελέτη πρόβλημα δε θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί θεωρητικά με βάση το ενεργειακό ισοζύγιο, καθώς οι όροι του μεταβάλλονται αλλά δεν είναι δυνατό να ποσοτικοποιηθούν οι περισσότερες από αυτές τις μεταβολές.

4.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ

Χρησιμοποιώντας τα πραγματικά μετεωρολογικά δεδομένα από μετεωρολογικό σταθμό πλησίον του ταμιευτήρα μπορεί να υπολογιστεί η εξατμισοδιαπνοή πριν και μετά την κατασκευή του ταμιευτήρα και συνεπώς να υπολογιστεί η μεταβολή της εξατμισοδιαπνοής με την προσφορά νερού.

Για τη διαδικασία αυτή χρησιμοποιήθηκαν τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού της Άρτας, καθώς αυτά ήταν πιο πλήρη και επαρκή για τη μεθοδολογία που εφαρμόστηκε σε σχέση με αυτά του σταθμού Πουρναρίου και Λιδωρικίου. Έτσι εξετάστηκε η μεταβολή της εξάτμισης για τον ταμιευτήρα του Πουρναρίου.

Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιώντας τα μετεωρολογικά δεδομένα της Άρτας πριν την κατασκευή του φράγματος του Πουρναρίου υπολογίστηκε η δυνητική εξατμισοδιαπνοή πριν το φράγμα $E_{p \text{ πριν}}$. Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα μέσης θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας και νέφωσης και εφαρμόστηκε η μέθοδος Priestley-Taylor, με τους κατάλληλους συντελεστές που υπεισέρχονται στον υπολογισμό των διαφορών μεγεθών (π.χ. λευκαύγεια). Έτσι χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής για καλλιέργεια αναφοράς λευκαύγεια (albedo) $\alpha = 0,25$ που είναι η τυπική τιμή για εδαφικές εκτάσεις στην Ελλάδα.

Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τα μετεωρολογικά δεδομένα της Άρτας μετά την κατασκευή του φράγματος υπολογίστηκε η δυνητική εξατμισοδιαπνοή μετά το φράγμα $E_{p \text{ μετά}}$. Στην περίπτωση αυτή εφαρμόστηκε η μέθοδος Priestley- Taylor, με λευκαύγεια $\alpha = 0,08$ που είναι η τυπική τιμή για νερό.

Θεωρώντας ότι μετά την κατασκευή του φράγματος υπάρχει απεριόριστη διαθεσιμότητα νερού, τότε η δυνητική εξατμισοδιαπνοή $E_{p \text{ μετά}}$ ταυτίζεται με την πραγματική εξάτμιση $E_{\text{μετά}}$. Για την περίπτωση πριν την κατασκευή του ταμιευτήρα χρησιμοποιείται το απλό μοντέλο υδατικού ισοζυγίου του Thornthwaite για την μετατροπή και την εκτίμηση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής. Για την υπολογιστική λειτουργία του μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα βροχόπτωσης P και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής $E_{p \text{ πριν}}$, καθώς και η αποθήκευση στο τέλος της προηγούμενης περιόδου S_{n-1} . Η παράμετρος K που εκφράζει τη μέγιστη αποθηκευτικότητα του εδάφους θεωρήθηκε με τιμή $K=150$.

Συνεπώς η μεταβολή της εξατμισοδιαπνοής ΔE με την κατασκευή του φράγματος προκύπτει από τη διαφορά $E_{\text{μετά}} - E_{\text{πριν}}$.

4.2.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΥΝΗΤΙΚΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟ PRIESTLEY- TAYLOR

Μια αρκετά διαδεδομένη, εύχρηστη και ικανοποιητικά ακριβής μέθοδος υπολογισμού της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής είναι η μέθοδος Priestley and Taylor. Η μέθοδος Priestley-Taylor αποτελεί απλοποίηση της μεθόδου Penman και περιγράφεται από την εξίσωση:

$$E = a_e \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{R_n}{\lambda} \quad (4.2)$$

όπου a_e αριθμητική σταθερά που είναι ίση με 1,26 και για στρογγύλευση χρησιμοποιείται συνήθως η τιμή $a_e = 1,3$. Η εξίσωση Priestley- Taylor χρησιμοποιεί μόνο τον ενεργειακό όρο της εξίσωσης Penman, τον οποίο επαυξάνει κατά 30%, παραλείποντας τον όρο μεταφοράς. Κατά συνέπεια, για την εφαρμογή της δεν απαιτείται να είναι γνωστή η ταχύτητα ανέμου και τα παρεπόμενα μεγέθη (τραχύτητα, επιφανειακή αντίσταση, κλπ.) (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999). Χρησιμοποιούνται δεδομένα μέσης θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας και νέφωσης.

Η μέθοδος έχει προταθεί ως κατάλληλη τόσο για τον υπολογισμό της εξάτμισης από υδάτινες επιφάνειες όσο και για τη δυνητική εξατμισοδιαπνοή εδαφών, με την προφανή προϋπόθεση ότι οι συντελεστές που υπεισέρχονται στον υπολογισμό των διαφόρων μεγεθών (π.χ. λευκαύγεια) είναι οι κατάλληλοι για την εξεταζόμενη περίπτωση.

Σημειώνεται για την παραπάνω σχέση ότι το μέγεθος λ (kJ/kg) είναι η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης η οποία δίνεται από τον τύπο:

$$\lambda = 2501 - 2.361T_s$$

όπου T_s η θερμοκρασία στην επιφάνεια του νερού σε °C και έχει τυπική τιμή $\lambda = 2460$ kJ/kg και το γ (hPa/K) είναι ο ψυχομετρικός συντελεστής, ο οποίος έχει τυπική τιμή $\gamma = 0,67$ hPa/K.

Τέλος το μέγεθος Δ (hPa/K) εκφράζει την κλίση της καμπύλης πίεσης κορεσμού υδρατμών και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\Delta = \frac{4098e_*}{(T + 237.3)^2}$$

όπου T η θερμοκρασία του αέρα σε °C και e_* η πίεση κορεσμού υδρατμών σε hPa που δίνεται από τον τύπο (Κουτσογιάννης, 2000):

$$e_* = 6,11 \exp\left(\frac{17,27T}{T + 237,3}\right)$$

4.2.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ ΜΕ ΜΟΝΤΕΛΟ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ THORNTHWAITE

Όπως προαναφέρθηκε στην παράγραφο 4.1 για τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής πριν την κατασκευή του ταμιευτήρα Πουρναρίου χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο υδατικού ισοζυγίου του Thornthwaite.

Το απλό και διαδεδομένο μοντέλο του Thornthwaite βασίζεται στην εξομοίωση της υδρολογικής λειτουργίας της λεκάνης απορροής με τη λειτουργία μιας απλής δεξαμενής.

Για την υπολογιστική λειτουργία του μοντέλου, θεωρείται γνωστή σε κάθε χρονική περίοδο n η βροχόπτωση P_n και η δυνητική εξατμισοδιαπνοή E_p καθώς και η αποθήκευση στο τέλος της προηγούμενης περιόδου S_{n-1} . Τα εξαγόμενα του μοντέλου είναι η πραγματική εξατμισοδιαπνοή E_n , η επιφανειακή απορροή Q_n , καθώς και η αποθήκευση στο τέλος της τρέχουσας περιόδου S_n .

Σε περιόδους που η βροχόπτωση είναι μεγαλύτερη από τη δυνητική εξατμισοδιαπνοή ($P_n > E_{pn}$), η πραγματική εξατμισοδιαπνοή ταυτίζεται με τη δυνητική. Το περίσσειμα ($P_n - E_{pn}$) αποθηκεύεται ως εδαφική υγρασία, εφόσον δεν έχει κορεστεί το έδαφος. Όταν κορεστεί, η ποσότητα που δεν μπορεί πλέον να αποθηκευτεί, απορρέει επιφανειακά.

Σε περιόδους που η βροχόπτωση είναι μικρότερη από τη δυνητική εξατμισοδιαπνοή ($P_n < E_{pn}$), η πραγματική εξατμισοδιαπνοή είναι μικρότερη από τη δυνητική. Συγκεκριμένα, θεωρείται ότι κατ' αρχήν όλη η ποσότητα της βροχόπτωσης P_n εξατμίζεται και επίσης, εφόσον υπάρχει αποθηκευμένη εδαφική υγρασία, εξατμίζεται και ένα επιπλέον μέρος από αυτήν. Ο ρυθμός της επιπλέον εξατμισοδιαπνοής είναι ανάλογος της διαφοράς ($E_{pn} - P_n$) καθώς και της εδαφικής αποθήκευσης και ειδικότερα του λόγου S / K .

Η παραπάνω λειτουργία του μοντέλου, μπορεί να κωδικοποιηθεί μαθηματικά με τον ακόλουθο τρόπο:

$$\alpha) P_n \geq E_{pn}$$

$$S_n = \min(S_{n-1} + P_n - E_{pn}, K)$$

$$Q_n = \max(S_{n-1} + P_n - E_{pn} - K, 0)$$

$$\beta) P_n < E_{pn}$$

$$S_n = S_{n-1} \exp\left(\frac{P_n - E_{pn}}{K}\right)$$

$$Q_n = 0$$

Συμπερασματικά, το απλό μοντέλο Thornthwaite με δεδομένα εισόδου τη βροχόπτωση και τη δυνητική εξατμισοδιαπνοή δίνει ως εξόδους την απορροή και την πραγματική εξατμισοδιαπνοή, χρησιμοποιώντας μία μόνο παράμετρο, την χωρητικότητα της εδαφικής δεξαμενής, K , δηλαδή τη μέγιστη αποθηκευτικότητα του εδάφους. Τυπικά, η χωρητικότητα αυτή, ανηγμένη σε ισοδύναμο ύψος, κυμαίνεται ανάμεσα στα 100-200 mm (Brutsaert, 1982, σ. 243).

4.2.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 4.2 χρησιμοποιώντας τα μετεωρολογικά δεδομένα της Άρτας πριν την κατασκευή του φράγματος του Πουρναρίου υπολογίστηκε με τη μέθοδο Priestley-Taylor η δυνητική εξατμισοδιαπνοή πριν το φράγμα E_p πριν, με λευκαύγεια (albedo) $\alpha = 0,25$. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον **Πίνακα 4.2-1**.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2-1 Υπολογισμός δυνητικής Εξατμισοδιαπνοής πριν την κατασκευή του φράγματος

ΜΗΝΑΣ	ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	ΣΧΕΤΙΚΗ ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑ	ΟΛ. ΥΨΟΣ ΥΕΤΟΥ P (mm)	E_p πριν (mm/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	8,86	71,33	0,41	128,19	17,91
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	10,03	71,89	0,37	175,21	32,48
ΜΑΡΤΙΟΣ	11,84	66,78	0,43	112,93	58,86
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	15,26	68,67	0,53	71,76	98,13
ΜΑΙΟΣ	20,56	63,33	0,58	39,28	129,57
ΙΟΥΝΙΟΣ	22,97	61,67	0,64	26,06	163,79
ΙΟΥΛΙΟΣ	25,93	59,78	0,83	26,00	186,12
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	25,93	58,44	0,79	23,50	162,71
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	22,41	63,78	0,72	70,29	107,06
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	17,28	67,22	0,61	137,96	56,95
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	13,19	75,33	0,51	156,64	26,57
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	9,50	71,67	0,47	192,43	13,47
ΕΤΗΣΙΟ					1053,61

Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τα μετεωρολογικά δεδομένα της Άρτας μετά την κατασκευή του φράγματος υπολογίστηκε η δυνητική εξατμισοδιαπνοή μετά το φράγμα $E_{p\text{μετά}}$, με λευκαύγεια $\alpha=0,08$ που είναι η τυπική τιμή για νερό, όπως παρουσιάζεται στον **Πίνακα 4.2-2**.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2-2 Υπολογισμός δυνητικής Εξατμισοδιαπνοής μετά την κατασκευή του φράγματος

ΜΗΝΑΣ	ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	ΣΧΕΤΙΚΗ ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑ	ΟΛ. ΥΨΟΣ ΥΕΤΟΥ Ρ (mm)	Ε _p μετά (mm/μήνα)	Ε μετά (mm/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	8,68	73,44	0,41	135,19	28,19	28,19
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	8,80	69,22	0,44	112,14	45,44	45,44
ΜΑΡΤΙΟΣ	11,07	70,11	0,46	107,59	80,13	80,13
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	15,03	67,56	0,49	55,14	124,45	124,45
ΜΑΙΟΣ	17,61	59,22	0,64	52,34	163,77	163,77
ΙΟΥΝΙΟΣ	23,78	61,44	0,75	25,21	233,73	233,73
ΙΟΥΛΙΟΣ	26,67	56,44	0,80	3,99	237,23	237,23
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	26,44	58,11	0,78	14,46	213,11	213,11
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	23,47	62,11	0,72	36,21	145,71	145,71
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	18,49	66,67	0,64	111,96	83,62	83,62
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	13,04	72,33	0,32	173,21	36,18	36,18
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	9,84	74,22	0,47	160,04	23,79	23,79
ΕΤΗΣΙΟ					1415,35	1415,35

Θεωρώντας ότι μετά την κατασκευή του φράγματος υπάρχει απεριόριστη διαθεσιμότητα νερού, τότε η δυνητική εξατμισοδιαπνοή $E_{p\text{μετά}}$ ταυτίζεται με την πραγματική εξατμισοδιαπνοή $E_{\text{μετά}}$, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 4.3-2. Για την περίπτωση πριν την κατασκευή του ταμιευτήρα χρησιμοποιήθηκε το απλό μοντέλο υδατικού ισοζυγίου του Thornthwaite για την μετατροπή και την εκτίμηση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον **Πίνακα 4.2-3**. Η παράμετρος K που εκφράζει τη μέγιστη αποθηκευτικότητα του εδάφους θεωρήθηκε με τιμή $K=150$.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2-3 Υπολογισμός πραγματικής Εξατμισοδιαπνοής πριν την κατασκευή του φράγματος

ΜΟΝΤΕΛΟ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ THORNTHWAITE					
ΜΗΝΑΣ	P	Ε_p πριν (mm/μήνα)	S_{n-1}	Q	Ε πριν (mm/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	128,19	17,91	150,00	110,28	17,91
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	175,21	32,48	150,00	142,73	32,48
ΜΑΡΤΙΟΣ	112,93	58,86	150,00	54,07	58,86
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	71,76	98,13	125,82	0,00	95,94
ΜΑΙΟΣ	39,28	129,57	68,92	0,00	96,18
ΙΟΥΝΙΟΣ	26,06	163,79	27,51	0,00	67,43
ΙΟΥΛΙΟΣ	26,00	186,12	9,46	0,00	44,05
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	23,50	162,71	3,74	0,00	29,22
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	70,29	107,06	2,93	0,00	71,10
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	137,96	56,95	83,94	0,00	56,95
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	156,64	26,57	150,00	64,01	26,57
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	192,43	13,47	150,00	178,96	13,47
ΕΤΗΣΙΟ		1053,61			610,16

Συνεπώς η μεταβολή της εξατμισοδιαπνοής ΔΕ με την κατασκευή του φράγματος προκύπτει από τη διαφορά, όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω **Πίνακα 4.2-4**.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2-4 Υπολογισμός μεταβολής Εξατμισοδιαπνοής από το φράγμα

ΜΗΝΑΣ	ΔΕ= Ε_{μετά το φράγμα}- Ε_{πριν το φράγμα} (mm/μήνα)	ΔΕ (mm/d)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	10,28	0,34
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	12,96	0,43
ΜΑΡΤΙΟΣ	21,27	0,71
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	28,51	0,95
ΜΑΙΟΣ	67,59	2,25
ΙΟΥΝΙΟΣ	166,30	5,54
ΙΟΥΛΙΟΣ	193,18	6,44
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	183,89	6,13
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	74,61	2,49
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	26,67	0,89
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	9,61	0,32

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	10,32	0,34
ΕΤΗΣΙΟ	805,19	

Παρατηρείται λοιπόν ότι η μεταβολή της εξατμισοδιαπνοής με την κατασκευή του ταμιευτήρα και την προσφορά νερού είναι σημαντική. Η ετήσια εξατμισοδιαπνοή υπερδιπλασιάζεται, ενώ ειδικά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες η εξατμισοδιαπνοή σχεδόν εξαπλασιάζεται.

Σημειώνεται ότι αυτή η μεταβολή προκύπτει με βάση τα πραγματικά δεδομένα μέσης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του μετεωρολογικού σταθμού της Άρτας για τη περίοδο πριν και μετά την κατασκευή του ταμιευτήρα Πουρναρίου, ενώ όπως προκύπτει και από την ανάλυση του επόμενου κεφαλαίου 5, δεν παρατηρείται μεταβολή στις τιμές αυτές μετά την πλήρωση του ταμιευτήρα.

Όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 4.1 η μεταβολή της καθαρής ακτινοβολίας βραχέων κυμάτων ΔS_n είναι δυνατό να υπολογιστεί από τις τιμές του S_n που προκύπτουν από τον υπολογισμό της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής με τη μέθοδο Priestley-Taylor για την περίοδο πριν και μετά την πλήρωση του ταμιευτήρα και η μεταβολή της μεταφοράς λανθάνουσας θερμότητας ΔL μπορεί να υπολογιστεί από τη μεταβολή της εξάτμισης ΔE και τη λ .

Στον **Πίνακα 4.2-5** παρουσιάζονται οι τιμές του ΔS_n και ΔL που υπολογίστηκαν. Πράγματι οι τιμές του S_n και του L παρουσιάζουν αύξηση μετά την πλήρωση του ταμιευτήρα με νερό με αποτέλεσμα η μεταβολή τους να είναι θετική, όπως προαναφέρθηκε ως αναμενόμενο στην παράγραφο 4.1. Μικρή μεταβολή θα παρουσιάζει και η γήινη υπέρυθη ακτινοβολία L_n λόγω μικρομεταβολών στη θερμοκρασία.

Οι υπόλοιποι όροι όμως παραμένουν άγνωστοι.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2-5 Υπολογισμός των μεταβολών ΔS_n και ΔL όπως προέκυψαν από τη μεταβολή της Εξατμισοδιαπνοής με την πλήρωση του ταμιευτήρα

ΜΗΝΑΣ	$\Delta L(kJ/m^2d)$	$\Delta S_n (kJ/m^2d)$
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	843	1210
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1063	2162
ΜΑΡΤΙΟΣ	1744	2627
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2338	2479

ΜΑΙΟΣ	5543	4764
ΙΟΥΝΙΟΣ	13636	6193
ΙΟΥΛΙΟΣ	15841	4008
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	15079	3865
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	6118	3180
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2187	2398
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	788	-58
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	846	1131

Η εκτίμηση αυτών των όρων θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί θεωρητικά μόνο με ένα εξειδικευμένο μοντέλο που θα χρησιμοποιούσε το ενεργειακό ισοζύγιο, θα υπολόγιζε τη μεταβολή της αισθητής θερμότητας ΔH και θα μπορούσε να συμπεριλάβει και τις διεργασίες της αγωγής προς το υδάτινο σώμα (G), της προσωρινής αποθήκευσης (Q_s) και της μεταφοράς των υδρατμών (Q_h), οι οποίες φαίνεται να είναι ιδιαίτερα σημαντικές στο ενεργειακό ισοζύγιο της περιοχής του ταμιευτήρα.

5. ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

5.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

5.1.1 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

Κατά την εμπειρική προσέγγιση θεωρήθηκε ότι υπάρχουν δύο δείγματα: τα δεδομένα των μετεωρολογικών μεταβλητών πριν και μετά την πλήρωση του ταμιευτήρα. Στόχος ήταν να ερευνηθεί εάν τα δύο αυτά δείγματα προέρχονται από τον ίδιο στατιστικό πληθυσμό ή όχι, δηλαδή εάν υπάρχει κλιματική αλλαγή με την κατασκευή του ταμιευτήρα ή όχι, αντίστοιχα.

Σε κάθε περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από δύο σταθμούς, ένας σταθμός πλησίον του φράγματος, ο οποίος ενδεχομένως θα μπορούσε να επηρεαστεί από τον υδάτινο όγκο και ένας σταθμός βάσης στην ευρύτερη περιοχή, ο οποίος θα μπορούσε να επηρεαστεί μόνο από τις γενικότερες κλιματικές αλλαγές. Έτσι αποφεύγεται να αποδοθεί στον ταμιευτήρα μία κλιματική αλλαγή που είναι γενικότερη και δεν οφείλεται στην κατασκευή του. Για το λόγο αυτό υπολογίζεται η διαφορά των δύο σταθμών και σε αυτές τις τιμές γίνεται ο διαχωρισμός των δύο δειγμάτων και η εφαρμογή των δοκιμών.

Με αυτή τη λογική εφαρμόστηκαν οι στατιστικές δοκιμές:

- Kruskal - Wallis
- Rank Sum
- Two Sample t

Επιπλέον εφαρμόστηκε και η γραφική δοκιμή:

- Διπλή Αθροιστική Καμπύλη

Οι δοκιμές αυτές εφαρμόστηκαν σε δεδομένα μέσης, μέγιστης, ελάχιστης θερμοκρασίας, βροχόπτωσης, υγρασίας κ.α. από τα ζευγάρια σταθμών:

- Άρτα - Ιωάννινα
- Άρτα - Αγρίνιο
- Λιδωρίκι - Λαμία

Τα κλιματικά φαινόμενα που υπολογίζονται σε ημέρες όπως ημέρες υετού, καταιγίδας, ομίχλης, πάχνης και δρόσου εμφανίζονται πολύ αραιά, ενώ έχουν έντονα τοπικό χαρακτήρα.

Για το λόγο αυτό κρίθηκε σκόπιμο να εξεταστούν τα δεδομένα του σταθμού της Άρτας μεμονωμένα καθώς η σύγκριση τους με κάποιο σταθμό βάσης δεν θα οδηγούσε σε συμπεράσματα. Έτσι, εφαρμόστηκε η δοκιμή:

➤ Διαφορές Αναλογιών

Η δοκιμή εφαρμόστηκε στα δεδομένα του σταθμού Άρτας για δύο δείγματα μετεωρολογικών δεδομένων: πριν και μετά την πλήρωση του ταμιευτήρα.

Στη συνέχεια εξετάστηκαν τα δεδομένα του σταθμού Πουρναρίου με σταθμό βάσης αυτό της Άρτας, θεωρώντας ότι η κλιματική αλλαγή ενδέχεται να επηρεάζει μόνο το σταθμό Πουρναρίου που είναι λίγα μέτρα από τη στέψη του ταμιευτήρα και όχι το σταθμό της Άρτας που απέχει 4,5 km. Επειδή τα δεδομένα του σταθμού Πουρναρίου περιορίζονται στο διάστημα 1974-1994 με αποτέλεσμα το δείγμα να είναι μικρό και τα αποτελέσματα όχι τόσο σαφή, ειδικά για την περίοδο πριν τη λειτουργία του φράγματος, δεν χρησιμοποιήθηκαν όλες οι παραπάνω δοκιμές. Πραγματοποιήθηκε λοιπόν έλεγχος με μία δοκιμή που χρησιμοποιείται για μικρά δείγματα (Spiegel, 1977), τη δοκιμή:

➤ Two Sample t

Υπολογίστηκε η διαφορά των δύο σταθμών και σε αυτές τις τιμές έγινε ο διαχωρισμός των δύο δειγμάτων πριν και μετά την πλήρωση του ταμιευτήρα

Επισημαίνεται ότι η δοκιμή αυτή εφαρμόστηκε μόνο στα δεδομένα της σχετικής υγρασίας και του ολικού ύψους βροχής. Τα δεδομένα της θερμοκρασίας στο σταθμό Πουρναρίου καλύπτουν μόλις ένα έως τρία έτη πριν την πλήρωση του ταμιευτήρα, οπότε κρίθηκε ότι η δοκιμή δε μπορεί να παρέχει αξιόπιστα αποτελέσματα σε ένα τόσο μικρό δείγμα.

Πέρα από την παραπάνω στατιστική δοκιμή έγιναν γραφήματα μεταξύ όλων των δεδομένων των σταθμών Άρτας-Πουρναρίου, με βάση τα οποία έγιναν παρατηρήσεις για τις όποιες μεταβολές κάθε μετεωρολογικής παραμέτρου.

Οι στατιστικές δοκιμές εξετάζουν τη μηδενική υπόθεση H_0 ότι οι δύο ομάδες προέρχονται από τον ίδιο στατιστικό πληθυσμό, που συνεπάγεται ότι δεν υπάρχει κλιματική αλλαγή. Τα συνήθη επίπεδα εμπιστοσύνης που εξετάζονται είναι 1%, 5% και 10%. Στις παραπάνω στατιστικές δοκιμές χρησιμοποιήθηκε επίπεδο εμπιστοσύνης $\alpha = 10\%$. Το επίπεδο

αυτό επιλέχθηκε ώστε να είναι πιο εύκολη η απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης και άρα να καταδειχτεί η οποιαδήποτε κλιματική μεταβολή, όσο μικρή και αν είναι.

Σκοπός των στατιστικών δοκιμών ήταν να ελεγχθεί εάν υπάρχει μεταβολή στην εκάστοτε μετεωρολογική παράμετρο με την κατασκευή του ταμιευτήρα, ανεξάρτητα αν αυτή είναι μείωση ή αύξηση των τιμών. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε *δίπλευρος έλεγχος*, δηλαδή έλεγχος και στα δύο άκρα της κατανομής. Σημειώνεται ότι δίπλευρος έλεγχος δεν εφαρμόστηκε στη δοκιμή Kruskal – Wallis που χρησιμοποιεί την κατανομή X^2 και στην διπλή αθροιστική καμπύλη που είναι γραφική μέθοδος.

5.2 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ

5.2.1 ΔΟΚΙΜΗ KRUSKAL - WALLIS

Η δοκιμή Kruskal-Wallis ελέγχει κατά πόσον δύο ή περισσότερα ανεξάρτητα τυχαία δείγματα προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό. Πλεονεκτεί αφού είναι μη παραμετρική και δεν απαιτεί για την εφαρμογή της τα δείγματα να ακολουθούν συγκεκριμένη στατιστική κατανομή (Μαμάσης, και Κουτσογιάννης, 2000).

Η μηδενική υπόθεση H_0 είναι ότι όλα τα δείγματα προέρχονται από τον ίδιο στατιστικό πληθυσμό και έχουν τον ίδιο μέσο.

Η εναλλακτική υπόθεση H_1 είναι ότι τουλάχιστο ένα δείγμα έχει μεγαλύτερο ή μικρότερο μέσο από ένα τουλάχιστο άλλο δείγμα.

Η υπολογιστική διαδικασία για τη δοκιμή Kruskal-Wallis είναι (Maidment, 1993):

1. Για την πραγματοποίηση της δοκιμής καταρτίζεται ένα συνολικό δείγμα (με N στοιχεία) το οποίο κατατάσσεται σε φθίνουσα σειρά. Σε κάθε τιμή X_{ij} αντιστοιχίζεται ο ακέραιος αριθμός r_{ij} ($1 \leq r \leq N$) που δείχνει τη σειρά της τιμής στο συνολικό δείγμα (χρήση συνάρτησης rank).
2. Για κάθε δείγμα υπολογίζεται ο μέσος όρος των ranks (\bar{R}_j) των n_j τιμών του δείγματος.
3. Υπολογίζεται η παράμετρος H από τη σχέση:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^k n_j \left(\bar{R}_j - \frac{N+1}{2} \right)^2$$

4. Η υπόθεση H_0 απορρίπτεται αν $H \geq X_{\alpha}$, όπου X_{α} η ανηγμένη μεταβλητή της κατανομής X^2 για $\kappa-1$ βαθμούς ελευθερίας και πιθανότητα υπέρβασης α .

Εφαρμογή της δοκιμής Kruskal - Wallis

Στην περίπτωση του φράγματος Πουρναρίου υπολογίζεται η διαφορά των τιμών θερμοκρασίας, υετού, υγρασίας κ.α. του μετεωρολογικού σταθμού Άρτας από το σταθμό Ιωαννίνων. Διακρίνονται δύο δείγματα, το πρώτο περιλαμβάνει τις διαφορές των τιμών έως και το έτος 1979 και το δεύτερο τις διαφορές από το 1980, οπότε πληρώθηκε και ο ταμιευτήρας. Η δοκιμή εφαρμόζεται στα δείγματα αυτά.

Στη συνέχεια επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία με σταθμό βάσης το Αγρίνιο και εφαρμόζεται η δοκιμή στη διαφορά των δεδομένων των σταθμών Άρτας και Αγρινίου.

Αντίστοιχα, στην περίπτωση του φράγματος Μόρνου υπολογίζεται η διαφορά των τιμών θερμοκρασίας, υετού, υγρασίας κ.α. του μετεωρολογικού σταθμού Λαμίας από το σταθμό Λιδωρικίου. Διακρίνονται δύο ομάδες, η πρώτη περιλαμβάνει τις διαφορές των τιμών έως και το έτος 1978 και η δεύτερη τις διαφορές από το 1979 οπότε πληρώθηκε και ο αντίστοιχος ταμιευτήρας. Η δοκιμή εφαρμόζεται στις ομάδες αυτές.

Υπολογίζεται η τιμή του H και για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 10\%$ συγκρίνεται με την ανηγμένη μεταβλητή X_{α} της κατανομής X^2 .

Εάν $H \leq X_{\alpha}$, ισχύει η H_0 και αυτό σημαίνει ότι οι δύο ομάδες προέρχονται από τον ίδιο στατιστικό πληθυσμό.

Εάν $H > X_{\alpha}$, ισχύει η H_1 και αυτό σημαίνει ότι οι δύο ομάδες προέρχονται από διαφορετικό στατιστικό πληθυσμό, δηλαδή παρατηρείται κλιματική αλλαγή.

5.2.2 ΔΙΠΛΗ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ

Όπως αναλύουν και οι Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος (1999, σ. 108), η *διπλή αθροιστική καμπύλη* (double mass curve) αποτελεί την πιο διαδεδομένη τεχνική για τον έλεγχο της συνέπειας μετεωρολογικών δεδομένων. Πρόκειται για μια εύχρηστη ημιεμπειρική

μέθοδο με ατελή στατιστική τεκμηρίωση*, η οποία εφαρμόζεται για τα δεδομένα με γραφικό τρόπο. Διπλή αθροιστική καμπύλη είναι η απεικόνιση, σε διάγραμμα με άξονες κοινής αριθμητικής διαβάθμισης, της σημειοσειράς που προκύπτει από τα διαδοχικά δεδομένα δύο σταθμών, αφού τα τελευταία μετατραπούν σε αθροιστικές σειρές.

Ειδικότερα, ο ένας άξονας (έστω των τετμημένων, Σx) αναφέρεται στην αθροιστική τιμή ενός μετεωρολογικού σταθμού βάσης (ή και μέσου όρου περισσότερων σταθμών) με διαπιστωμένη συνέπεια μετρήσεων. Ο άλλος άξονας (έστω των τεταγμένων, Σy) αναφέρεται στην αθροιστική τιμή του υπό έλεγχο σταθμού. Σε περίπτωση που οι μετρήσεις του υπό έλεγχο σταθμού είναι συνεπείς, η σειρά των σημείων ($\Sigma x_i, \Sigma y_i$), όπου ο δείκτης i αναφέρεται στη χρονική περίοδο, θα σχηματίζει μια ευθυγραμμία που περνά απ' την αρχή των αξόνων. Αυτή η παρατήρηση χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της συνέπειας. Αποκλίσεις από την ευθυγραμμία ερμηνεύονται ως ασυνέπειες μετρήσεων και συγκεκριμένα:

- Η θλάση στη σημειοσειρά, δηλαδή ο σχηματισμός δύο ευθειών με διαφορετικές κλίσεις m και m' , ερμηνεύεται ως συστηματική ασυνέπεια που καλύπτει τη μία από τις δύο περιόδους διαφορετικών κλίσεων.
- Το άλμα στη σημειοσειρά, δηλαδή ο σχηματισμός δύο παράλληλων ευθειών, ερμηνεύεται ως μεμονωμένο σφάλμα για τη χρονική περίοδο, στην οποία αντιστοιχεί το άλμα. Την ίδια ερμηνεία έχει και η περίπτωση που σχηματίζεται μία ευθεία, η οποία όμως δεν διέρχεται από την αρχή των αξόνων.

Είναι δυνατό να εμφανίζονται σε μια διπλή αθροιστική καμπύλη περισσότερες της μιας θλάσεις ή άλματα ή συνδυασμός των δύο, πράγμα που ισοδυναμεί με διαφορετικές πηγές σφαλμάτων σε διαφορετικές περιόδους.

Αν εντοπιστούν ασυνέπειες, τότε αυτές θα πρέπει να εξηγηθούν και να αρθούν. Για την άρση των ασυνεπειών που εμφανίζονται στη διπλή αθροιστική καμπύλη με τη μορφή της θλάσης, πρέπει πρώτα να επιλεγεί η μία από τις δύο υποπεριόδους, της οποίας τα δεδομένα θα

* Γενικά η μέθοδος στηρίζεται (α) στο κεντρικό οριακό θεώρημα, σύμφωνα με το οποίο τα αθροίσματα πολλών τυχαίων μεταβλητών τείνουν να ακολουθούν κανονική κατανομή, ανεξάρτητα από την κατανομή των επί μέρους όρων και (β) στο γεγονός ότι η βέλτιστη παλινδρόμηση ανάμεσα σε δύο μεταβλητές που ακολουθούν από κοινού διδιάστατη κανονική κατανομή είναι γραμμική. Ωστόσο, η μέθοδος δεν έχει διατυπωθεί με αυστηρό τρόπο και για το λόγο αυτό δεν προχωρεί στη διεξαγωγή στατιστικών ελέγχων. Άλλωστε οι συνήθεις στατιστικοί έλεγχοι δεν είναι εφαρμόσιμοι στην εν λόγω μέθοδο (Matalas and Benson, 1961)

θεωρηθούν ορθά και να αναχθούν τα δεδομένα της άλλης υποπεριόδου. Η αναγωγή γίνεται με πολλαπλασιασμό (ή διαίρεση κατά περίπτωση) των δεδομένων με το συντελεστή

$$\lambda = m/m'$$

Με αυτό τον τρόπο προκύπτει δείγμα συνεπές για όλη την περίοδο μετρήσεων. Η άρση ασυνέπειας που εμφανίζεται ως άλμα προϋποθέτει τη διαγραφή της αντίστοιχης μέτρησης και τη συμπλήρωση της στη συνέχεια.

Η παραπάνω τεχνική αποσκοπεί βέβαια στον εντοπισμό και την άρση των μετρητικών σφαλμάτων και όχι στην άρση τυχόν ανομογενειών που οφείλονται σε κλιματικές μεταβολές. Γενικά, αν δύο σταθμοί βρίσκονται σε κλιματικά ομογενή περιοχή, τυχόν κλιματική μεταβολή θα εκδηλώνεται και στους δύο σταθμούς με παρόμοιο τρόπο, οπότε η μέθοδος είναι κατάλληλη, ακόμη και σε αυτό το ενδεχόμενο.

Ωστόσο, θα πρέπει να γίνει διάκριση της περίπτωσης που ο ένας από τους δύο σταθμούς επηρεάζεται από μικροκλιματικές μεταβολές τοπικού χαρακτήρα (π.χ. από αστικοποίηση, κατασκευή ταμιευτήρα, κτλ.) χωρίς να συμβαίνει το ίδιο με τον άλλο σταθμό. Σε αυτή την περίπτωση η μέθοδος της διπλής αθροιστικής καμπύλης παρέχει τη δυνατότητα ανίχνευσης και επισήμανσης της μικροκλιματικής μεταβολής, αλλά η αναγωγή δεν θα πρέπει να εφαρμοστεί στα δεδομένα του σταθμού.

Εφαρμογή της διπλής αθροιστικής καμπύλης

Για τον παραπάνω λόγο η μέθοδος της διπλής αθροιστικής καμπύλης χρησιμοποιείται για την παρούσα έρευνα ανίχνευσης μικροκλιματικής μεταβολής από την κατασκευή ταμιευτήρα. Στην περίπτωση του φράγματος Πουρναρίου ελέγχεται ο σταθμός Άρτας (τεταγμένες, Σx) και ως σταθμός βάσης (τετμημένες, Σy) χρησιμοποιείται ο σταθμός Ιωαννίνων και στη συνέχεια και ο σταθμός Αγρινίου. Στην περίπτωση του φράγματος Μόρνου ελέγχεται ο σταθμός Λιδωρικίου (τεταγμένες, Σx) και ως σταθμός βάσης (τετμημένες, Σy) χρησιμοποιείται ο σταθμός Λαμίας.

Σκοπός είναι να διαπιστωθεί εάν υπάρχει θλάση στη σημειοσειρά, δηλαδή μεταβολή της κλίσης μετά την κατασκευή του ταμιευτήρα, που ερμηνεύεται ως κλιματική αλλαγή από την επίδραση του ταμιευτήρα. Έτσι για το φράγμα του Πουρναρίου, το οποίο άρχισε να λειτουργεί το 1980 παρατηρείται εάν υπάρχει θλάση στη σημειοσειρά μετά το 1980 και

αντίστοιχα για το φράγμα του Μόρνου, το οποίο άρχισε να λειτουργεί το 1979 παρατηρείται εάν υπάρχει θλάση στη σημειοσειρά μετά το 1979.

Στο διάγραμμα φέρονται δύο σημειοσειρές. Η πρώτη ξεκινάει από την αρχή των αξόνων και χρησιμοποιεί δεδομένα έως το έτος κατασκευής του φράγματος και στη συνέχεια προεκτείνεται. Η δεύτερη ξεκινάει από το έτος κατασκευής του φράγματος και φτάνει έως τα πιο πρόσφατα δεδομένα. Παρατηρείται εάν υπάρχει διαφορά στην κλίση των δύο σημειοσειρών, δηλαδή εάν υπάρχει κλιματική αλλαγή στο σταθμό ελέγχου και σημειώνεται εάν αυτή μπορεί να αποδοθεί στην κατασκευή του φράγματος στην περιοχή.

5.2.3 ΔΟΚΙΜΗ RANK SUM

Η δοκιμή Rank-sum, η Wilcoxon rank-sum, η Mann-Whitney και η Wilcoxon-Mann-Whitney rank-sum είναι διαφορετικές ονομασίες της ίδιας δοκιμής.

Η δοκιμή Rank-sum χρησιμοποιείται μεταξύ δύο ανεξάρτητων πληθυσμών για να ελέγξει αν οι μετρήσεις του ενός πληθυσμού τείνουν να είναι μεγαλύτερες (ή μικρότερες) από αυτές του άλλου πληθυσμού (Gilbert, 1987).

Η μηδενική υπόθεση H_0 είναι ότι τα δεδομένα από τις δύο ομάδες είναι όμοια καταναμημένα.

Η εναλλακτική υπόθεση H_1 είναι ότι η μια ομάδα τείνει να έχει μεγαλύτερες παρατηρήσεις από τη δεύτερη.

Για τον τρόπο που είναι καταναμημένα τα δεδομένα δε γίνεται καμία υπόθεση, δηλαδή τα δεδομένα δε χρειάζεται να ακολουθούν κάποια συγκεκριμένη κατανομή

Η υπολογιστική διαδικασία για το rank-sum test είναι (Maidment, 1993):

1. Για την πραγματοποίηση της δοκιμής καταρτίζεται ένα συνολικό δείγμα (με N στοιχεία) το οποίο κατατάσσεται σε αύξουσα σειρά. Σε κάθε τιμή αντιστοιχίζεται ο ακέραιος αριθμός που δείχνει τη σειρά της τιμής στο συνολικό δείγμα (χρήση συνάρτησης rank). $N = n + m$, όπου n είναι το μέγεθος του μικρότερου δείγματος και m είναι το μέγεθος του μεγαλύτερου δείγματος. Στην περίπτωση ίσων τιμών δεδομένων χρησιμοποιείται ο μέσος όρος των ranks για τις όμοιες τιμές.
2. Υπολογίζεται το W ως το άθροισμα των ranks των n παρατηρήσεων στη μικρότερη ομάδα.

3. Για το μέγεθος του δείγματος, υπολογίζεται ο θεωρητικός μέσος και η τυπική απόκλιση με βάση τους τύπους:

$$\mu = \frac{n(N+1)}{2} \quad \sigma = \sqrt{\frac{nm(N+1)}{12}}$$

Η τιμή του Z υπολογίζεται ως:

$$Z = \begin{cases} \frac{W - \frac{1}{2} - \mu}{\sigma} & \text{αν } W > \mu \\ 0 & \text{αν } W = \mu \\ \frac{W + \frac{1}{2} - \mu}{\sigma} & \text{αν } W < \mu \end{cases}$$

4. Η μηδενική υπόθεση H_0 απορρίπτεται αν, $|Z| > Z_{1-\alpha/2}$ όπου $Z_{1-\alpha/2}$ είναι το σημείο $1-\alpha/2$ της τυπικής κανονικής κατανομής.

5. Αν το μέγεθος του δείγματος της μίας ή και των δύο ομάδων είναι λιγότερο από 10, αυτός ο προσεγγιστικός κανόνας είναι ανακριβής και ένα πιο ακριβές test πρέπει να χρησιμοποιείται. Όταν προκύπτουν περισσότερες από λίγες ίσες τιμές δεδομένων, πρέπει να γίνεται μια διόρθωση στο σ . Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται ο τύπος

$$\sigma = \sqrt{\frac{nm}{N(N-1)} \sum_{k=1}^N R_k^2 - \frac{nm(N+1)^2}{4(N-1)}}$$

όπου R_k είναι το rank της k^{th} τιμής.

Εφαρμογή της δοκιμής Rank Sum

Όπως περιγράφηκε και για τη μέθοδο Kruskal- Wallis, η δοκιμή Rank Sum εφαρμόστηκε στη διαφορά που προέκυψε από τις τιμές των μετεωρολογικών παραμέτρων στα ζευγάρια των σταθμών:

- Άρτα - Ιωάννινα
- Άρτα - Αγρίνιο

➤ Λαμία - Λιδωρίκι

Διακρίνονται δύο δείγματα, το πρώτο περιλαμβάνει τις διαφορές των τιμών έως και το έτος πριν την πλήρωση του αντίστοιχου ταμιευτήρα και το δεύτερο τις διαφορές των τιμών από το έτος πλήρωσης του ταμιευτήρα. Η δοκιμή εφαρμόζεται στα δείγματα αυτά.

Υπολογίζεται τελικά η τιμή του Z και συγκρίνεται με την ανηγμένη μεταβλητή $Z_{1-\alpha/2}$ της κανονικής κατανομής, για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 10\%$. Όπως αυτή προκύπτει από πίνακα για $\alpha = 10\%$ είναι $Z_{1-\alpha/2} = Z_{0,95} = 1,64$.

Εάν $|Z| < Z_{1-\alpha/2}$ ισχύει η υπόθεση H_0 ότι οι δυο ομάδες έχουν ισοδύναμες παρατηρήσεις.

Εάν $|Z| > Z_{1-\alpha/2}$ ισχύει η H_1 ότι η μια ομάδα τείνει να έχει υψηλότερες παρατηρήσεις από την άλλη, δηλαδή ότι παρατηρείται κλιματική αλλαγή.

5.2.4 ΔΟΚΙΜΗ TWO SAMPLE T

Η δοκιμή Two sample t είναι η πιο ευρεία χρησιμοποιούμενη μέθοδος σύγκρισης δύο ανεξάρτητων ομάδων δεδομένων (Maidment, 1993).

Η μηδενική υπόθεση H_0 είναι ότι οι αριθμητικοί μέσοι και των δύο ομάδων είναι ίσοι.

Η εναλλακτική υπόθεση H_1 είναι ότι οι μέσοι είναι άνισοι.

Δύο λόγοι κάνουν το t test λιγότερο εφαρμόσιμο για γενική χρήση από το rank-sum test. Αυτοί είναι:

1. έχει περιορισμένη δυνατότητα όταν εφαρμόζεται σε δεδομένα που δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή.
2. είναι κατάλληλο για την περίπτωση που οι δύο ομάδες διαφέρουν κατά μια προσθετική σταθερά, αλλά είναι λιγότερο κατάλληλο για την περίπτωση που οι δύο ομάδες διαφέρουν κατά ένα πολλαπλάσιο παράγοντα.

Γενικά η δοκιμή Rank-Sum θα έπρεπε να χρησιμοποιείται στη θέση της δοκιμής t όταν τα δεδομένα είναι σημαντικά ασύμμετρα ή μη κανονικά.

Η υπολογιστική διαδικασία για τη δοκιμή t είναι ως ακολούθως:

1. Υπολογίζονται οι μέσοι και οι τυπικές αποκλίσεις του δείγματος των δεδομένων και στις δύο ομάδες: μ_1, σ_1 για την πρώτη ομάδα (μέγεθος δείγματος N_1) και μ_2, σ_2 , για τη δεύτερη ομάδα (μέγεθος δείγματος N_2).
2. Υπολογίζονται οι βαθμοί ελευθερίας ν για το test. Αν η μηδενική υπόθεση ότι $\sigma_1 = \sigma_2$ δεν μπορεί να απορριφθεί, τότε $\nu = N_1 + N_2 - 2$. Αν οι τυπικές αποκλίσεις είναι σημαντικά διαφορετικές, τότε οι βαθμοί ελευθερίας υπολογίζονται από την ακόλουθη φόρμουλα:

$$\nu = \frac{\left(\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2} \right)^2}{\frac{(\sigma_1^2 / N_1)^2}{N_1 - 1} + \frac{(\sigma_2^2 / N_2)^2}{N_2 - 1}}$$

3. Υπολογίζεται η στατιστική τιμή της δοκιμής:

$$H = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$$

4. Η μηδενική υπόθεση H_0 απορρίπτεται για κάποιο επίπεδο σημαντικότητας α αν $|H| > C_{1-\alpha/2, \nu}$ όπου $C_{1-\alpha/2, \nu}$ είναι το $1-\alpha/2, \nu$ σημείο της κατανομής Student ή t κατανομής.

Εφαρμογή της δοκιμής Two sample t

Αντίστοιχα και αυτή η δοκιμή εφαρμόστηκε στη διαφορά που προέκυψε από τα δεδομένα στα ζευγάρια των σταθμών:

- Άρτα - Ιωάννινα
- Άρτα - Αγρίνιο
- Λαμία - Λιδωρίκι

Διακρίνονται δύο δείγματα, το πρώτο περιλαμβάνει τις διαφορές δεδομένων έως και το έτος πριν την πλήρωση του αντίστοιχου ταμιευτήρα και το δεύτερο τις διαφορές δεδομένων από το έτος πλήρωσης του ταμιευτήρα.

Η δοκιμή Two sample t εφαρμόστηκε και στα δεδομένα του σταθμού Πουρναρίου με σταθμό βάσης αυτό της Άρτας.

Υπολογίζεται η διαφορά των τιμών του μετεωρολογικού σταθμού Άρτας από το σταθμό Πουρναρίου. Διακρίνονται δύο ομάδες, η πρώτη περιλαμβάνει τις διαφορές τιμών έως και το έτος 1979 και η δεύτερη τις διαφορές τιμών από το 1980, οπότε πληρώθηκε και ο ταμιευτήρας Πουρναρίου. Η δοκιμή εφαρμόζεται στις ομάδες αυτές.

Επισημαίνεται ότι η δοκιμή εφαρμόστηκε μόνο στα δεδομένα της σχετικής υγρασίας και του ολικού ύψους βροχής επειδή τα δεδομένα της μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας στο σταθμό Πουρναρίου καλύπτουν μόλις ένα έως τρία έτη πριν το 1980, οπότε κρίθηκε ότι η δοκιμή δε μπορεί να παρέχει αξιόπιστα αποτελέσματα σε ένα τόσο μικρό δείγμα.

Κατά την εφαρμογή του t test χρησιμοποιήθηκε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 10\%$, οπότε σύμφωνα με πίνακα της κατανομής Student $C_{1-\alpha/2, n}$ είναι το 0,95, n σημείο της t κατανομής.

Εάν $|H| < C_{1-\alpha/2}$ ισχύει η υπόθεση H_0 και οι δύο ομάδες προέρχονται από τον ίδιο στατιστικό πληθυσμό.

Εάν $|H| > C_{1-\alpha/2}$ ισχύει η H_1 και οι δύο ομάδες προέρχονται από διαφορετικό στατιστικό πληθυσμό, δηλαδή παρατηρείται κλιματική αλλαγή.

5.2.5 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΑΝΑΛΟΓΙΩΝ

Έστω δύο μεγάλα δείγματα μεγέθους n_1 και n_2 με μέση τιμή μ_s και τυπική απόκλιση σ_s τα οποία προέρχονται από πληθυσμούς με αναλογίες p_1 και p_2 . Επίσης έστω ότι P_1 και P_2 είναι οι αναλογίες επιτυχιών (Spiegel, 1975).

Θεωρείται ως μηδενική υπόθεση H_0 ότι δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ των μέσων τιμών, δηλαδή ότι $p_1 = p_2$ (αυτό σημαίνει ουσιαστικά ότι τα δείγματα προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό).

Από τις σχέσεις:

$$\mu_{P_1-P_2} = \mu_{P_1} - \mu_{P_2} = p_1 - p_2 \quad , \quad \sigma_{P_1-P_2} = \sqrt{\sigma_{P_1}^2 + \sigma_{P_2}^2} = \sqrt{\frac{p_1 q_1}{n_1} + \frac{p_2 q_2}{n_2}}$$

θέτοντας $p_1 = p_2 = p$ συμπεραίνεται ότι η δειγματοληπτική κατανομή της διαφοράς των αναλογιών είναι περίπου κανονική με μέση τιμή και τυπική απόκλιση:

$$\mu_{P_1-P_2} = 0 \quad , \quad \sigma_{P_1-P_2} = \sqrt{p(1-p)\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}$$

όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί η $\bar{P} = \frac{n_1 P_1 + n_2 P_2}{n_1 + n_2}$ ως εκτίμηση της p .

Χρησιμοποιώντας την τυποποιημένη μεταβλητή:

$$Z = \frac{P_1 - P_2 - 0}{\sigma_{P_1-P_2}} = \frac{P_1 - P_2}{\sigma_{P_1-P_2}}$$

μπορεί να ελεγχθεί μια διαφορά σε κάποιο επίπεδο εμπιστοσύνης και συνεπώς να ελεγχθεί η μηδενική υπόθεση.

Έτσι για επίπεδο σημαντικότητας α απορρίπτεται η υπόθεση H_0 όταν $|Z| > Z_{1-\alpha/2}$, όπου το $Z_{1-\alpha/2}$ προκύπτει από πίνακες της κανονικής κατανομής για συγκεκριμένο α .

Εφαρμογή της δοκιμής Διαφορές Αναλογιών

Η δοκιμή αυτή εφαρμόστηκε στα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού Άρτας που υπολογίζονται σε ημέρες, καθώς τα παραπάνω tests δεν μπορούσαν να εφαρμοστούν σωστά και δεν έδιναν σαφή αποτελέσματα.

Η δοκιμή λοιπόν πραγματοποιήθηκε στις ημέρες υετού, καταιγίδας, ομίχλης, πάχνης και δρόσου. Διακρίθηκαν δύο δείγματα: τα δεδομένα πριν την πλήρωση του ταμιευτήρα και μετά την πλήρωση του ταμιευτήρα.

Κατά την εφαρμογή της δοκιμής χρησιμοποιήθηκε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 10\%$, οπότε σύμφωνα με τον πίνακα της κανονικής κατανομής είναι $Z_{1-\alpha/2} = 1,645$.

Εάν $|Z| < Z_{1-\alpha/2}$ ισχύει η H_0 , δηλ $p_1 = p_2$, που σημαίνει ότι η διαφορά των αποτελεσμάτων στα δύο δείγματα οφείλεται σε τυχαίους λόγους.

Εάν $|Z| > Z_{1-\alpha/2}$ δεν ισχύει η H_0 , που σημαίνει ότι τα δείγματα δεν προέρχονται από τον ίδιο στατιστικό πληθυσμό, δηλαδή ότι παρατηρείται κλιματική αλλαγή.

5.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΜΠΕΙΡΙΚΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ

5.2.1 ΑΡΤΑ – ΑΓΡΙΝΙΟ

Όπως προαναφέρθηκε στο ζευγάρι σταθμών Άρτας – Αγρινίου εφαρμόστηκαν οι δοκιμές:

- Δοκιμή Kruskal - Wallis
- Διπλή Αθροιστική Καμπύλη (γραφική μέθοδος)
- Δοκιμή Rank Sum
- Δοκιμή Two Sample t

Σε κάθε περίπτωση τα δεδομένα χωρίστηκαν σε δυο ομάδες, μία ομάδα πριν την πλήρωση του ταμιευτήρα και μία μετά. Σκοπός ήταν συνεπώς η διαπίστωση αν οι δύο ομάδες προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό ή όχι, δηλαδή αν υπάρχει μεταβολή στα μετεωρολογικά δεδομένα με την πλήρωση του ταμιευτήρα.

Μία συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων των δοκιμών δίνεται στον Πίνακα 5.2.1-1 που ακολουθεί.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2.1-1 ΑΡΤΑ - ΑΓΡΙΝΙΟ

ΘΕΡΜ_ΜΕΣΗ	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ	Χειμ	Ανοιξ	Καλοκ	Φθιν
Διπλή αθρ. Καμπύλη	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Kruskal-Wallis	v	v	v	v	v	v	o	o	o	o	o	o	o	v	o	o
Rank Sum Test	v	o	v	v	v	v	o	o	o	o	o	o	o	v	o	o
Two-Sample t Test	o	o	v	v	v	v	↑o	↑o	↑o	↑o	↑o	↑o	↑o	v	o	↑o

	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ	Χειμ	Ανοιξ	Καλοκ	Φθιν
Διπλή αθρ. Καμπύλη	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Kruskal-Wallis	v	v	v	v	v	v	o	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Rank Sum Test	v	v	v	o	v	v	o	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Two-Sample t Test	v	v	v	v	v	v	o	v	v	v	v	v	v	v	v	v

ΘΕΡΜ_ΑΠΟΛ_ΕΛΑΧ.	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ	Χειμ	Ανοιξ	Καλοκ	Φθιν
Διπλή αθρ. Καμπύλη	↑o	v	↑o	v	↑o	v	↑o	↑o	↑o	↑o	↑o	↑o	↑o	↑o	↑o	↑o
Kruskal-Wallis	v	v	o	o	o	v	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Rank Sum Test	o	v	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Two-Sample t Test	o	v	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o

ΣΧ_ΥΓΡΑΣΙΑ	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ	Χειμ	Ανοιξ	Καλοκ	Φθιν
Διπλή αθρ. Καμπύλη	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Kruskal-Wallis	o	v	v	v	o	v	o	o	o	v	v	o	o	o	o	v
Rank Sum Test	o	o	o	v	o	v	o	o	v	v	v	o	o	o	v	v
Two-Sample t Test	↑o	v	v	v	o	v	↓o	↓o	v	v	v	↑o	↑o	v	↓o	v

ΟΛ_ΥΨΟΣ ΥΕΤΟΥ	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ	Χειμ	Ανοιξ	Καλοκ	Φθιν
Διπλή αθρ. Καμπύλη	v	v	ο	ο	ο	v	ο	ο	v	ο	v	v	v	v	ο	ο
Kruskal-Wallis	v	v	v	↓v	↑v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Rank Sum Test	v	v	v	ο	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Two-Sample t Test	v	v	v	ο	ο	v	v	v	v	v	v	v	v	v	ο	v

ΜΕΓ_ΥΨΟΣ ΥΕΤΟΥ	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ	Χειμ	Ανοιξ	Καλοκ	Φθιν
Διπλή αθρ. Καμπύλη	ο	ο	v	ο	v	v	ο	ο	v	ο	ο	ο	v	v	ο	v
Kruskal-Wallis	↓ο	v	v	v	v	v	v	↓v	v	v	v	↑v	v	v	v	v
Rank Sum Test	ο	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Two-Sample t Test	ο	v	v	v	v	v	v	ο	v	v	v	ο	v	v	ο	v

ΗΜΕΡΕΣ ΥΕΤΟΥ	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ	Χειμ	Ανοιξ	Καλοκ	Φθιν
Διπλή αθρ. Καμπύλη	v	↓ο	ο	ο	ο	ο	ο	ο	v	v	v	v	v	↓ο	↓ο	v
Kruskal-Wallis	v	ο	v	v	v	v	v	ο	ο	v	ο	v	ο	ο	ο	ο
Rank Sum Test	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	ο
Two-Sample t Test	v	ο	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	ο	v	v

ΗΜΕΡΕΣ ΚΑΤΑΙΓΙΔΑΣ	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ	Χειμ	Ανοιξ	Καλοκ	Φθιν
Διπλή αθρ. Καμπύλη	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kruskal-Wallis	ο	v	ο	v	ο	v	ο	v	ο	v	v	v	ο	ο	ο	ο
Rank Sum Test	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Two-Sample t Test	v	v	v	v	ο	v	v	v	v	v	v	v	v	ο	v	v

ΗΜΕΡΕΣ ΔΡΟΣΟΥ	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ	Χειμ	Ανοιξ	Καλοκ	Φθιν
Διπλή αθρ. Καμπύλη	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kruskal-Wallis	ο	ο	v	v	v	ο	ο	ο	ο	ο	v	ο	ο	ο	ο	ο

ΗΜΕΡΕΣ ΠΑΧΝΗΣ	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ	Χειμ	Ανοιξ	Καλοκ	Φθιν
Διπλή αθρ. Καμπύλη	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kruskal-Wallis	v	v	ο	ο	ο	ο	ο	ο	ο	ο	ο	v	v	ο	ο	ο

ΗΜΕΡΕΣ ΟΜΙΧΛΗΣ	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ	Χειμ	Ανοιξ	Καλοκ	Φθιν
Διπλή αθρ. Καμπύλη	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kruskal-Wallis	ο	ο	ο	ο	ο	ο	ο	ο	ο	ο	ο	ο	ο	ο	ο	ο

vΟι δύο ομάδες προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό.

οΟι δύο ομάδες προέρχονται από διαφορετικό πληθυσμό.

-Δεν δίνει σαφές αποτέλεσμα

↑Αυξητική τάση

↓Τάση μείωσης

Με βάση τον Πίνακα 5.2.1-1, αλλά και τις αναλυτικές δοκιμές που παρουσιάζονται στο επισυναπτόμενο CD, για κάθε μετεωρολογική παράμετρο παρατηρούνται τα κάτωθι.

Μέση θερμοκρασία

Με βάση τη διπλή αθροιστική καμπύλη δεν παρατηρείται μεταβολή στη μέση θερμοκρασία Ωστόσο, οι άλλες δοκιμές δίνουν μεταβολή σε διάφορους μήνες κατά τη διάρκεια του έτους και ιδιαίτερα από τον Ιούλιο έως το Δεκέμβριο, δηλαδή κατά το καλοκαίρι και το φθινόπωρο. Με προσεκτική εξέταση των δεδομένων παρατηρείται μία πολύ μικρή αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της Άρτας σε σχέση με το Αγρίνιο κατά την περίοδο αυτή.

Θερμοκρασία Απόλυτη Μέγιστη

Όλες οι δοκιμές συμφωνούν και δείχνουν ότι δεν υπάρχει μεταβολή στις μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Θερμοκρασία Απόλυτη Ελάχιστη

Και εδώ όλες οι δοκιμές συμφωνούν σημαντικά και δείχνουν μεταβολή στις ελάχιστες τιμές της θερμοκρασίας σχεδόν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Παρατηρείται ότι σε αυτές τις περιπτώσεις οι τιμές της Άρτας είναι ελαφρώς πιο υψηλές από τις αντίστοιχες του Αγρινίου. Εξαιρέση για όλες τις δοκιμές αποτελεί ο μήνας Φεβρουάριος, ο οποίος δεν παρουσιάζει μεταβολή.

Σχετική Υγρασία

Από την διπλή αθρ. καμπύλη προκύπτει ότι η σχετική υγρασία δεν παρουσιάζει μεταβολή στις δυο εξεταζόμενες ομάδες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Ωστόσο, οι στατιστικές δοκιμές δίνουν μεταβολή σε διάφορους μήνες κατά τη διάρκεια του έτους. Συγκεκριμένα, παρατηρείται ασθενής μείωση στην Άρτα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και ασθενής αύξηση κατά τους χειμερινούς μήνες.

Ολικό Ύψος Υετού

Με βάση τις δοκιμές Rank Sum και Kruskal- Wallis δεν παρατηρείται καμία μεταβολή στο ολικό ύψος υετού. Η διπλή αθρ. καμπύλη και η δοκιμή Two- Sample t δίνουν μεταβολή

σε κάποιους μήνες κατά τη διάρκεια του έτους, κυρίως κατά την άνοιξη και το καλοκαίρι. Οι μεταβολές αυτές γενικά είναι ασαφείς, άλλοτε αύξηση και άλλοτε μείωση. Παρατηρώντας προσεκτικά τα δεδομένα είναι εμφανής μικρή αύξηση του ολικού ύψους υετού το Μάιο, αλλά μείωση τον Απρίλιο. Συνεπώς δεν προκύπτει σαφές συμπέρασμα για την άνοιξη. Κατά το καλοκαίρι διαφαίνεται πολύ μικρή μείωση.

Μέγιστο Ύψος Υετού

Σχεδόν αντίστοιχα με το ολικό ύψος υετού, με βάση τις δοκιμές Rank Sum και Kruskal-Wallis δεν παρατηρείται καμία μεταβολή στο μέγιστο ύψος υετού. Η διπλή αθρ. καμπύλη και η δοκιμή Two- Sample t δίνουν μεταβολή σε κάποιους μήνες κατά τη διάρκεια του έτους, κυρίως χειμερινούς και καλοκαιρινούς. Οι μεταβολές αυτές γενικά είναι ασαφείς, άλλοτε αύξηση και άλλοτε μείωση. Παρατηρώντας προσεκτικά τα δεδομένα διακρίνεται μικρή μείωση τον Ιανουάριο, αλλά αύξηση το Δεκέμβριο. Συνεπώς δεν προκύπτει συμπέρασμα για το χειμώνα.

Ημέρες Υετου

Με βάση τη διπλή αθροιστική καμπύλη παρατηρείται μεταβολή και συγκεκριμένα μείωση των ημερών υετού στην Άρτα, σε σχέση με το Αγρίνιο. Ωστόσο, οι δοκιμές Rank Sum και Two- Sample t δε δίνουν μεταβολή στις ημέρες υετού, ενώ η δοκιμή Kruskal-Wallis δίνει μεταβολή σε ορισμένους μήνες.

Ημέρες Καταιγίδας

Η διπλή αθροιστική καμπύλη, ως γραφική μέθοδος, δε μπορεί να εφαρμοστεί σωστά και να δώσει αποτελέσματα στις ημέρες καταιγίδας. Οι δοκιμές Rank Sum και Two- Sample t δε δίνουν ουσιαστικά καμία μεταβολή στις ημέρες καταιγίδας, ενώ η δοκιμή Kruskal-Wallis δίνει μεταβολή σε ορισμένους μήνες.

Ημέρες Δρόσου, Πάχνης, Ομίχλης

Και εδώ η διπλή αθροιστική καμπύλη δε μπορεί να εφαρμοστεί σωστά στα δεδομένα και να δώσει αποτελέσματα. Συμπεραίνεται λοιπόν, ότι η διπλή αθροιστική καμπύλη δε μπορεί να εφαρμοστεί και να δώσει σαφή αποτελέσματα σε μετεωρολογικά φαινόμενα που έχουν αραϊή εμφάνιση και υπολογίζονται σε ημέρες. Αντίστοιχα και η δοκιμή Kruskal-Wallis, δίνει πολύ υψηλές τιμές στην παράμετρο H, ιδιαίτερα τους μη χειμερινούς μήνες και φαίνεται πως δεν εφαρμόζεται σωστά στα δεδομένα αυτά.

5.2.2 ΑΡΤΑ – ΙΩΑΝΝΙΝΑ

Όπως προαναφέρθηκε αντίστοιχα και στο ζευγάρι σταθμών Άρτας - Ιωαννίνων εφαρμόστηκαν οι δοκιμές:

- Δοκιμή Kruskal - Wallis
- Διπλή Αθροιστική Καμπύλη (γραφική μέθοδος)
- Δοκιμή Rank Sum
- Δοκιμή Two Sample t

Σε κάθε περίπτωση τα δεδομένα χωρίστηκαν σε δυο ομάδες, μία ομάδα πριν την πλήρωση του ταμιευτήρα και μία μετά. Σκοπός ήταν η διαπίστωση αν οι δύο ομάδες προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό ή όχι, δηλαδή αν υπάρχει μεταβολή στα μετεωρολογικά δεδομένα με την πλήρωση του ταμιευτήρα.

Μία συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων των δοκιμών δίνεται στον Πίνακα 5.2.2-1 που ακολουθεί.

Με βάση τον Πίνακα 5.2.2-1, αλλά και τις αναλυτικές δοκιμές που παρουσιάζονται στο επισυναπτόμενο CD, για κάθε μετεωρολογική παράμετρο παρατηρούνται τα κάτωθι.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2.2-1 ΑΡΤΑ - ΙΩΑΝΝΙΝΑ

ΘΕΡΜ_ΜΕΣΗ	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ	Χειμ	Ανοιξ	Καλοκ	Φθιν
Διπλή αθρ. Καμπύλη	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Kruskal-Wallis	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	o	o	v	v	v	o
Rank Sum Test	v	v	v	v	v	v	v	o	v	v	o	o	v	v	v	o
Two-Sample t Test	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	o	v	v	v	v	o

ΘΕΡΜ_ΑΠΟΛ_ΜΕΓ	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ	Χειμ	Ανοιξ	Καλοκ	Φθιν
Διπλή αθρ. Καμπύλη	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v

Kruskal-Wallis	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Rank Sum Test	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Two-Sample t Test	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v

ΘΕΡΜ_ΑΠΟΛ_ΕΛΑΧ.	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ	Χειμ	Ανοιξ	Καλοκ	Φθιν
Διπλή αθρ. Καμπύλη	v	v	v	v	o	v	↑o	↑o	↑o	v	↑o	↑o	v	↑o	↑o	↑o
Kruskal-Wallis	v	v	↑o	v	v	v	o	o	o	o	o	o	v	o	o	o
Rank Sum Test	v	v	o	v	v	v	o	o	o	↓o	o	o	o	o	o	o
Two-Sample t Test	v	v	v	v	v	v	o	o	o	o	o	o	v	o	o	o

ΣΧ_ΥΓΡΑΣΙΑ	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ	Χειμ	Ανοιξ	Καλοκ	Φθιν
Διπλή αθρ. Καμπύλη	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Kruskal-Wallis	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	o	v	v	v
Rank Sum Test	v	v	o	v	v	v	v	v	v	v	v	o	↓o	v	v	v
Two-Sample t Test	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v

ΟΛ_ΥΨΟΣ ΥΕΤΟΥ	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ	Χειμ	Ανοιξ	Καλοκ	Φθιν
Διπλή αθρ. Καμπύλη	v	↓o	v	v	v	o	o	↓o	v	o	v	v	v	v	↓o	v
Kruskal-Wallis	v	o	v	v	v	v	v	o	v	v	v	v	v	v	o	v
Rank Sum Test	v	o	v	v	v	v	v	o	v	v	v	v	v	v	o	v
Two-Sample t Test	v	o	v	v	o	v	v	v	v	v	v	v	v	v	o	v

ΜΕΓ_ΥΨΟΣ ΥΕΤΟΥ	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ	Χειμ	Ανοιξ	Καλοκ	Φθιν
Διπλή αθρ. Καμπύλη	o	o	v	o	v	o	↓o	↓o	o	v	v	v	v	v	↓o	v
Kruskal-Wallis	v	v	v	v	v	v	o	o	v	v	v	v	v	v	o	v
Rank Sum Test	v	v	v	v	v	v	o	o	v	v	v	v	v	v	o	v
Two-Sample t Test	v	v	v	v	v	v	o	o	v	v	v	v	v	v	o	v

ΗΜΕΡΕΣ ΥΕΤΟΥ	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ	Χειμ	Ανοιξ	Καλοκ	Φθιν
Διπλή αθρ. Καμπύλη	↓o	↓o	↓o	o	o	o	↓o	↓o	↓o	↓o	↓o	↓o	↓o	↓o	↓o	↓o
Kruskal-Wallis	o	o	o	v	v	v	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Rank Sum Test	v	o	v	v	v	v	v	v	v	o	v	o	o	v	v	o
Two-Sample t Test	o	o	o	v	v	v	v	v	o	o	o	o	o	o	o	o

ΗΜΕΡΕΣ ΚΑΤΑΙΓΙΔΑΣ	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ	Χειμ	Ανοιξ	Καλοκ	Φθιν
Διπλή αθρ. Καμπύλη	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kruskal-Wallis	o	o	o	o	o	v	v	o	o	o	v	v	o	o	o	o
Rank Sum Test	v	o	v	v	o	v	v	v	o	v	v	v	o	v	v	o
Two-Sample t Test	v	o	v	v	o	v	v	o	o	v	v	v	o	o	o	o

ΗΜΕΡΕΣ ΔΡΟΣΟΥ	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ	Χειμ	Ανοιξ	Καλοκ	Φθιν
Διπλή αθρ. Καμπύλη	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kruskal-Wallis	o	o	o	o	o	o	o	o	o	v	v	o	o	o	o	o

ΗΜΕΡΕΣ ΠΑΧΝΗΣ	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ	Χειμ	Ανοιξ	Καλοκ	Φθιν
Διπλή αθρ. Καμπύλη	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kruskal-Wallis	v	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	v	v	o	o	o

ΗΜΕΡΕΣ ΟΜΙΧΛΗΣ	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ	Χειμ	Ανοιξ	Καλοκ	Φθιν
Διπλή αθρ. Καμπύλη	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kruskal-Wallis	v	o	o	v	o	o	o	o	o	v	v	v	v	o	o	v

- ν Οι δύο ομάδες προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό.
- ο Οι δύο ομάδες προέρχονται από διαφορετικό πληθυσμό.
- Δεν δίνει σαφές αποτέλεσμα
- ↑ Αυξητική τάση
- ↓ Τάση μείωσης

Μέση θερμοκρασία

Όλες οι δοκιμές πρακτικά συμφωνούν και δείχνουν ότι δεν υπάρχει μεταβολή στις μέσες τιμές της θερμοκρασίας καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Μία μικρή μεταβολή εντοπίζεται μόνο στο μήνα Νοέμβριο.

Θερμοκρασία Απόλυτη Μέγιστη

Όλες οι δοκιμές συμφωνούν απόλυτα και δείχνουν ότι δεν υπάρχει μεταβολή στις μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας σε κανένα μήνα.

Θερμοκρασία Απόλυτη Ελάχιστη

Όλες οι δοκιμές δείχνουν μεταβολή στις ελάχιστες τιμές της θερμοκρασίας στους περισσότερους μήνες του έτους. Παρατηρείται ότι σε αυτές τις περιπτώσεις οι τιμές της Άρτας είναι ελαφρώς πιο υψηλές από τις αντίστοιχες των Ιωαννίνων. Μεταβολή δεν παρουσιάζουν ο Ιανουάριος, ο Φεβρουάριος, ο Απρίλιος, ο Μάιος και ο Ιούνιος.

Σχετική Υγρασία

Και εδώ όλες οι δοκιμές συμφωνούν και δείχνουν ότι η σχετική υγρασία δεν παρουσιάζει μεταβολή στις δυο εξεταζόμενες ομάδες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Μόνο η δοκιμή Rank Sum δίνει μία ασθενή μείωση κατά το Μάρτιο και Δεκέμβριο.

Ολικό Ύψος Υετού

Με βάση τις στατιστικές δοκιμές δεν παρατηρείται σχεδόν καμία μεταβολή στο ολικό ύψος υετού, με εξαίρεση τον Φεβρουάριο και το καλοκαίρι που παρουσιάζουν μεταβολή σε

όλες τις δοκιμές. Η διπλή αθρ. καμπύλη δείχνει μεταβολή σε κάποιους μήνες κατά τη διάρκεια του έτους, κυρίως τους καλοκαιρινούς. Παρατηρείται ότι σε αυτές τις περιπτώσεις οι τιμές του ολικού ύψους υετού στην Άρτα παρουσιάζουν μείωση σε σχέση με τις αντίστοιχες των Ιωαννίνων.

Μέγιστο Ύψος Υετού

Με βάση τις στατιστικές δοκιμές δεν παρατηρείται σχεδόν καμία μεταβολή στο μέγιστο ύψος υετού, με εξαίρεση τους καλοκαιρινούς μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, που παρουσιάζουν μεταβολή σε όλες τις δοκιμές. Η διπλή αθρ. καμπύλη δείχνει μεταβολή σε κάποιους μήνες κατά τη διάρκεια του έτους, κυρίως τους καλοκαιρινούς. Παρατηρείται ότι σε αυτές τις περιπτώσεις οι τιμές του μέγιστου ύψους υετού στην Άρτα παρουσιάζουν μείωση σε σχέση με τις αντίστοιχες των Ιωαννίνων.

Ημέρες Υετου

Με βάση τη διπλή αθροιστική καμπύλη παρατηρείται μεταβολή και συγκεκριμένα μείωση των ημερών υετου στην Άρτα, σε σχέση με τα Ιωάννινα. Οι δοκιμές Rank Sum και Two- Sample t δίνουν μεταβολή στις ημέρες υετού μόνο για κάποιους μήνες του χειμώνα και του φθινοπώρου, ενώ η δοκιμή Kruskal- Wallis δίνει μεταβολή στους περισσότερους μήνες.

Ημέρες Καταιγίδας

Η διπλή αθροιστική καμπύλη, ως γραφική μέθοδος, δε μπορεί να εφαρμοστεί σωστά και να δώσει αποτελέσματα στις ημέρες καταιγίδας. Οι δοκιμές Rank Sum και Two- Sample t δε, δίνουν μεταβολή και μάλιστα μείωση στις ημέρες καταιγίδας στην Άρτα, αλλά μόνο σε μεμονωμένους μήνες, το Φεβρουάριο, το Μάιο, το Σεπτέμβριο, ενώ η δοκιμή Kruskal- Wallis δίνει μεταβολή σε περισσότερους μήνες.

Ημέρες Δρόσου, Πάχνης, Ομίχλης

Και εδώ η διπλή αθροιστική καμπύλη δε μπορεί να εφαρμοστεί σωστά στα δεδομένα και να δώσει αποτελέσματα. Συμπεραίνεται λοιπόν, ότι η διπλή αθροιστική καμπύλη δε

μπορεί να εφαρμοστεί και να δώσει σαφή αποτελέσματα σε μετεωρολογικά φαινόμενα που έχουν αραιή εμφάνιση και υπολογίζονται σε ημέρες. Αντίστοιχα και η δοκιμή Kruskal-Wallis, δίνει πολύ υψηλές τιμές στην παράμετρο H, ιδιαίτερα τους μη χειμερινούς μήνες και φαίνεται πως δεν εφαρμόζεται σωστά στα δεδομένα αυτά.

5.2.3 ΑΡΤΑ

Όπως προαναφέρθηκε, για τα μετεωρολογικά δεδομένα που υπολογίζονται σε ημέρες δηλαδή για τις ημέρες υετού, καταιγίδας, ομίχλης, πάχνης και δρόσου οι παραπάνω δόκιμες δεν μπορούν να εφαρμοστούν σωστά και δεν δίνουν σαφή αποτελέσματα.

Έτσι, εφαρμόστηκε η δοκιμή:

➤ Διαφορές Αναλογιών

Η δοκιμή εφαρμόστηκε στα δεδομένα του σταθμού Άρτας για δύο δείγματα: μετεωρολογικών δεδομένων: πριν την πλήρωση του ταμιευτήρα και μετά την πλήρωση του ταμιευτήρα. Σκοπός ήταν συνεπώς η διαπίστωση αν οι δύο ομάδες προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό ή όχι, δηλαδή αν υπάρχει μεταβολή στα μετεωρολογικά δεδομένα με την πλήρωση του ταμιευτήρα.

Μία συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων των δοκιμών δίνεται στον Πίνακα 5.2.3-1 που ακολουθεί..

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2.3-1 ΑΡΤΑ

Διαφορές αναλογιών	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ	Χειμ	Ανοιξ	Καλοκ	Φθιν
ΗΜΕΡΕΣ ΥΕΤΟΥ	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
ΗΜΕΡΕΣ ΚΑΤΑΙΓΙΔΑΣ	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
ΗΜΕΡΕΣ ΔΡΟΣΟΥ	v	v	v	v	v	v	v	v	ο	v	v	v	v	ο	ο	v
ΗΜΕΡΕΣ ΠΑΧΝΗΣ	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
ΗΜΕΡΕΣ ΟΜΙΧΛΗΣ	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v

- v Οι δύο ομάδες προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό.
- ο Οι δύο ομάδες προέρχονται από διαφορετικό πληθυσμό.
- Δεν δίνει σαφές αποτέλεσμα
- ↑ Αυξητική τάση
- ↓ Τάση μείωσης

Με βάση τον Πίνακα 5.2.3-1, αλλά και τις αναλυτικές δοκιμές που παρουσιάζονται στο επισυναπτόμενο CD, παρατηρείται ότι καμία από τις εξεταζόμενες μετεωρολογικές παραμέτρους δεν παρουσιάζει μεταβολή μετά την κατασκευή του ταμιευτήρα.

5.2.4 ΠΟΥΡΝΑΡΙ – ΑΡΤΑ

Όπως προαναφέρθηκε, επειδή τα δεδομένα του σταθμού Πουρναρίου περιορίζονται στο διάστημα 1974- 1994 με αποτέλεσμα το δείγμα να είναι μικρό δεν χρησιμοποιήθηκαν όλες οι παραπάνω δοκιμές. Πραγματοποιήθηκε λοιπόν έλεγχος με μία δοκιμή που χρησιμοποιείται για μικρά δείγματα (Spiegel, 1977), τη δοκιμή:

➤ Two Sample t

Επισημαίνεται ότι η δοκιμή αυτή εφαρμόστηκε μόνο στα δεδομένα της σχετικής υγρασίας και του ολικού ύψους βροχής. Τα δεδομένα της μέσης και απόλυτης μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας στο σταθμό Πουρναρίου καλύπτουν μόλις ένα έως τρία έτη πριν την πλήρωση του ταμιευτήρα, οπότε κρίθηκε ότι η δοκιμή δε μπορεί να παρέχει αξιόπιστα αποτελέσματα σε ένα τόσο μικρό δείγμα.

Τα δεδομένα χωρίστηκαν σε δυο ομάδες, μία ομάδα πριν την πλήρωση του ταμιευτήρα και μία μετά. Σκοπός ήταν η διαπίστωση αν οι δύο ομάδες προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό ή όχι, δηλαδή αν υπάρχει μεταβολή στα μετεωρολογικά δεδομένα με την πλήρωση του ταμιευτήρα.

Μία συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων των δοκιμών δίνεται στον Πίνακα 5.2.4-1 που ακολουθεί.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2.4-1 ΠΟΥΡΝΑΡΙ - ΑΡΤΑ

Two-Sample t Test	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ
ΟΛ_ΥΨΟΣ ΥΕΤΟΥ	v	v	↓ ο	v	v	v	↑ ο	v	v	↑ ο	v	v
ΣΧ_ΥΓΡΑΣΙΑ	v	v	v	v	v	v	v	v	ο	v	v	v

- v Οι δύο ομάδες προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό.
- ο Οι δύο ομάδες προέρχονται από διαφορετικό πληθυσμό.
 - Δεν δίνει σαφές αποτέλεσμα
- ↑ Αυξητική τάση
- ↓ Τάση μείωσης

Με βάση τον Πίνακα 5.2.4-1, αλλά και τις αναλυτικές δοκιμές που παρουσιάζονται στο επισυναπτόμενο CD, παρατηρείται ότι καμία από τις εξεταζόμενες μετεωρολογικές παραμέτρους δεν παρουσιάζει ουσιαστική μεταβολή μετά την κατασκευή του ταμιευτήρα. Η δοκιμή Two-Sample t δίνει μεταβολή του ολικού ύψους νετού, αλλά μόνο σε μεμονωμένους

μήνες, το Μάρτιο, τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο. Παρατηρώντας τα δεδομένα διαπιστώνεται μια πολύ ασθενής μείωση του ολικού ύψους υετού το Μάρτιο στο Πουρνάρι και τον Ιούλιο και Οκτώβριο στην Άρτα.

Πέρα από την παραπάνω στατιστική δοκιμή έγιναν γραφήματα μεταξύ όλων των δεδομένων των σταθμών Άρτας - Πουρναρίου. Στα γραφήματα αυτά γίνεται παράσταση στο ίδιο διάγραμμα των μετεωρολογικών δεδομένων κατά μήνα κάθε έτους για το Πουρνάρι και για την Άρτα. Σχεδιάζονται οι πολυωνυμικές γραμμές τάσης τόσο για το Πουρνάρι όσο και για την Άρτα, οι οποίες διευκολύνουν τη σύγκριση των γραφημάτων των δύο σταθμών.

Επιπλέον, υπολογίζεται η διαφορά των δεδομένων των δύο σταθμών (Πουρνάρι – Άρτα) και σε διαφορετικό γράφημα προβάλλεται κατά μήνα κάθε έτους.

Με βάση τα διαγράμματα, που παρουσιάζονται στο επισυναπτόμενο CD, για κάθε μετεωρολογική παράμετρο παρατηρούνται τα κάτωθι.

Θερμοκρασία Απόλυτη Μέγιστη

Παρατηρείται ότι κατά τους θερινούς μήνες (Μάιο έως Αύγουστο) η τιμές της απόλυτης μέγιστης θερμοκρασίας είναι κατά κανόνα πιο χαμηλές, της τάξεως των 0,5 έως 1 °C, στο Πουρνάρι σε σχέση με την Άρτα. Εάν αυτή η τόσο μικρή διαφορά δεν είναι τυχαία, θα μπορούσε να αποδοθεί στην τάση του ταμιευτήρα να δροσίζει, δηλαδή να μειώνει τις μέγιστες θερμοκρασίες κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

Θερμοκρασία Μέση Μέγιστη

Αντίστοιχη είναι η παρατήρηση και για τις τιμές της μέσης μέγιστης θερμοκρασίας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, αλλά το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται ακόμα λιγότερο έντονα.

Θερμοκρασία Απόλυτη Ελάχιστη

Παρατηρείται ότι κατά τους θερινούς μήνες (Ιούνιο έως Σεπτέμβριο) η τιμές της απόλυτης ελάχιστης θερμοκρασίας είναι κατά κανόνα πιο χαμηλές στο Πουρνάρι σε σχέση με την Άρτα. Θα ήταν αναμενόμενο ο ταμιευτήρας να διατηρεί πιο υψηλά τα ελάχιστα της

θερμοκρασίας στο μικροκλίμα κατά τους χειμερινούς μήνες. Όμως δεν παρατηρούνται υψηλότερες τιμές στις ελάχιστες θερμοκρασίες στο Πουρνάρι κατά το χειμώνα.

Θερμοκρασία Μέση Ελάχιστη

Παρατηρείται ότι κατά τη διάρκεια όλου του έτους η μέση ελάχιστη θερμοκρασία είναι μικρότερη κατά 0,1 έως 2 °C στο Πουρνάρι σε σχέση με την Άρτα.

Σχετική Υγρασία

Η σχετική υγρασία στο Πουρνάρι παρουσιάζει ανοδική τάση. Ειδικά μετά το έτος 1985 είναι σχεδόν πάντα υψηλότερη σε σχέση με την Άρτα. Το φαινόμενο είναι πιο έντονο τους μήνες από Απρίλιο έως Σεπτέμβριο, οπότε στο Πουρνάρι η σχετική υγρασία είναι από 5 έως 22% υψηλότερη. Σημειώνεται ότι ο ταμιευτήρας του Πουρναρίου πληρώθηκε το 1980, οπότε η άνοδος της υγρασίας που εντοπίζεται από το 1985 πολύ δύσκολα μπορεί να αποδοθεί στο φράγμα.

Ολικό Ύψος Υετού

Το ολικό ύψος υετού παρουσιάζει ελαφρώς υψηλότερες τιμές στο Πουρνάρι σε σχέση με την Άρτα. Η διαφορά αυτή είναι πιο εμφανής κατά τους χειμερινούς μήνες. Τους καλοκαιρινούς μήνες το φαινόμενο είναι λιγότερο έντονο και σαφές.

5.2.5 ΛΙΔΩΡΙΚΙ – ΛΑΜΙΑ

Αντίστοιχα στο ζευγάρι σταθμών Λιδορικού – Λαμίας εφαρμόστηκαν οι δοκιμές

- Δοκιμή Kruskal - Wallis
- Διπλή Αθροιστική Καμπύλη (γραφική μέθοδος)
- Δοκιμή Rank Sum
- Δοκιμή Two Sample t

Σε κάθε περίπτωση τα δεδομένα χωρίστηκαν σε δυο ομάδες, μία ομάδα πριν την πλήρωση του ταμιευτήρα και μία μετά. Σκοπός ήταν συνεπώς η διαπίστωση αν οι δύο ομάδες

προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό ή όχι, δηλαδή αν υπάρχει μεταβολή στα μετεωρολογικά δεδομένα με την πλήρωση του ταμιευτήρα.

Μία συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων των δοκιμών δίνεται στον Πίνακα 5.2.5-1 που ακολουθεί.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2.5-1 ΛΙΔΩΡΙΚΙ - ΛΑΜΙΑ

ΘΕΡΜ_ΜΕΣΗ	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ	Χειμ	Ανοιξ	Καλοκ	Φθιν
Διπλή αθρ. Καμπύλη	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	o	v	v	v	v
Kruskal-Wallis	v	↑ o	v	o	o	v	↓ o	↓ o	v	o	o	↑ o	o	o	o	o
Rank Sum Test	v	o	v	v	o	v	o	o	v	o	o	o	o	o	o	o
Two-Sample t Test	v	v	v	v	v	v	o	o	v	o	o	o	o	o	o	o

ΘΕΡΜ_ΜΕΣΗ_ΜΕΓ	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ	Χειμ	Ανοιξ	Καλοκ	Φθιν
Διπλή αθρ. Καμπύλη	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Kruskal-Wallis	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Rank Sum Test	v	v	v	v	v	o	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Two-Sample t Test	v	v	v	v	v	o	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v

ΘΕΡΜ_ΜΕΣΗ_ΕΛΑΧ	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ	Χειμ	Ανοιξ	Καλοκ	Φθιν
Διπλή αθρ. Καμπύλη	-	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Kruskal-Wallis	o	v	v	o	o	v	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Rank Sum Test	↑ o	v	v	↑ o	↑ o	v	↑ o	↑ o	↑ o	↑ o	↑ o	↑ o	↑ o	↑ o	↑ o	↑ o
Two-Sample t Test	o	v	v	o	o	v	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o

ΟΛ_ΥΨΟΣ_ΥΕΤΟΥ	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ	Χειμ	Ανοιξ	Καλοκ	Φθιν
Διπλή αθρ. Καμπύλη	v	v	o	v	o	v	o	o	o	v	v	v	v	o	v	o
Kruskal-Wallis	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Rank Sum Test	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Two-Sample t Test	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v

- v Οι δύο ομάδες προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό.
- o Οι δύο ομάδες προέρχονται από διαφορετικό πληθυσμό.
- Δεν δίνει σαφές αποτέλεσμα
- ↑ Αυξητική τάση
- ↓ Τάση μείωσης

Με βάση τον Πίνακα 5.2.5-1, αλλά και τις αναλυτικές δοκιμές που παρουσιάζονται στο επισυναπτόμενο CD, για κάθε μετεωρολογική παράμετρο παρατηρούνται τα κάτωθι.

Μέση θερμοκρασία

Με βάση τη διπλή αθροιστική καμπύλη ουσιαστικά δεν παρατηρείται μεταβολή στη μέση θερμοκρασία. Ωστόσο, οι άλλες δοκιμές δίνουν μεταβολή σε διάφορους μήνες κατά τη διάρκεια του έτους. Πρόκειται λοιπόν για πολύ μικρές μεταβολές, οι οποίες δεν γίνονται

αισθητές και αντιληπτές από τη διπλή αθρ. καμπύλη. Οι μεταβολές αυτές γενικά είναι ασαφείς, άλλοτε αύξηση και άλλοτε μείωση. Προσπαθώντας να καθοριστούν, παρατηρείται μία μικρή αύξηση της μέσης θερμοκρασίας σε σχέση με τη Λαμία κατά το χειμώνα και μία μικρή μείωση κατά το καλοκαίρι.

Θερμοκρασία Μέση Μέγιστη

Όλες οι δοκιμές δείχνουν ότι δεν υπάρχει μεταβολή στις τιμές της μέγιστης θερμοκρασίας, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Θερμοκρασία Μέση Ελάχιστη

Για τις τιμές της ελάχιστης θερμοκρασίας η διπλή αθρ. καμπύλη δε δίνει πουθενά μεταβολή. Τα αποτελέσματα των άλλων δοκιμών συμπίπτουν και δίνουν μεταβολή για τους περισσότερους μήνες και ιδιαίτερα για το χειμώνα και το φθινόπωρο. Παρατηρείται ότι σε αυτές τις περιπτώσεις υπάρχει μείωση στις τιμές της Λαμίας, ενώ οι αντίστοιχες τιμές στο Λιδωρίκι μειώνονται λιγότερο.

Ολικό Ύψος Υετού

Με βάση τις στατιστικές δοκιμές δεν παρατηρείται καμία μεταβολή στο ολικό ύψος υετού. Ωστόσο, η διπλή αθρ. καμπύλη δείχνει μεταβολή σε διάφορους μήνες κατά τη διάρκεια του έτους.

6. ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΜΕ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

6.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Παράλληλα με τη στατιστική προσέγγιση θεωρήθηκε σκόπιμο να εξεταστεί πώς αντιλαμβάνεται το κοινωνικό σύνολο την επίδραση του ταμιευτήρα στο κλίμα της περιοχής. Συντάχθηκαν λοιπόν δύο ερωτηματολόγια που διανεμήθηκαν στους κατοίκους της Άρτας και του Λιδωρικίου (τα κοντινότερα αστικά κέντρα στους ταμιευτήρες).

Τα ερωτηματολόγια περιλαμβάνουν εύκολες ερωτήσεις, χωρίς επιστημονική ορολογία, καθώς απευθύνονταν σε κατοίκους που είχαν ζήσει και θυμούνταν την περιοχή πριν την κατασκευή του φράγματος, δηλαδή σε άτομα μεγάλης ηλικίας. Οι απαντήσεις που μπορούσαν να δοθούν ήταν προκαθορισμένες (αύξηση – μείωση - δεν υπάρχει μεταβολή) για να ποσοτικοποιηθούν εύκολα οι απαντήσεις.

Τα ερωτηματολόγια διανεμήθηκαν στα ΚΑΠΗ Άρτας, όπου έγινε και σχετική συζήτηση. Στο Λιδωρίκι η επικοινωνία έγινε στην αγορά της κωμόπολης, αλλά και ύστερα από επίσκεψη στο σχολείο, όπου μοιράστηκαν ερωτηματολόγια στα παιδιά για να τα συμπληρώσουν οι γονείς και οι παππούδες τους. Τελικά συγκεντρώθηκαν περίπου είκοσι συμπληρωμένα ερωτηματολόγια για κάθε ταμιευτήρα.

Οι ερωτήσεις αναφέρονταν στην παρατήρηση μεταβολής στις διάφορες κλιματικές συνθήκες όπως στη μέση, ελάχιστη και μέγιστη θερμοκρασία, στις βροχοπτώσεις, τις καλοκαιρινές καταιγίδες, την υγρασία, την ομίχλη και τον πάγο μετά το έτος λειτουργίας του φράγματος. Η τελευταία ερώτηση ζητά να εκφραστεί γνώμη για το αν η υποτιθέμενη αλλαγή του κλίματος ήταν προς το καλύτερο ή προς το χειρότερο, δηλαδή εάν είναι αρεστή.

Για την ακρίβεια της έρευνας ζητήθηκε να συμπληρωθούν το έτος γέννησης και τα χρόνια ζωής στην περιοχή του ταμιευτήρα πριν και μετά την κατασκευή του. Τέλος, ζητήθηκε το επάγγελμα για να προσδιοριστεί το μορφωτικό επίπεδο του δείγματος των κατοίκων.

6.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΩΝ

Η επεξεργασία των ερωτηματολογίων έγινε με τη χρήση του στατιστικού πακέτου Statgraphics. Χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό αυτό πακέτο λόγω της δυνατότητάς του αφενός να παρουσιάζει ταυτόχρονα τα ζητούμενα αποτελέσματα και τις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις με μεγάλη ευκολία και ταχύτητα και αφετέρου γιατί δίνει τη δυνατότητα ταυτόχρονης επεξεργασίας δύο ερωτήσεων.

Η επεξεργασία πραγματοποιήθηκε ξεχωριστά για τα 23 ερωτηματολόγια που συμπληρώθηκαν από τους κατοίκους της Άρτας και για τα 22 που συμπληρώθηκαν από τους κατοίκους του Λιδωρικίου.

Έτσι για κάθε περιοχή ακολουθήθηκε καταρχήν μια διαδικασία επεξεργασίας των κατηγορικών δεδομένων των ερωτηματολογίων, την οποία το Statgraphics ονομάζει Tabulation. Η διαδικασία αυτή υπολογίζει το πλήθος εμφάνισης της κάθε απάντησης και στη συνέχεια εκθέτει τα αποτελέσματα σε πίνακες και διαγράμματα.

Οι τρεις απαντήσεις που μπορούσαν να δοθούν στις ερωτήσεις έχουν συμβολιστεί ως A, B, C και αντιστοιχούν κάθε φορά στην πρώτη, δεύτερη και τρίτη απάντηση αντίστοιχα της κάθε ερώτησης.

Στη συνέχεια δίνονται τα αποτελέσματα της έρευνας για την πιθανότητα επίδρασης ή μη επίδρασης του φράγματος Πουρναρίου στο κλίμα της περιοχής Άρτας και τα αντίστοιχα αποτελέσματα της επεξεργασίας των ερωτηματολογίων των κατοίκων του Λιδωρικίου και αναφέρονται στην επίδραση του φράγματος Μόρνου στην περιοχή τους.

- Στην **Ερώτηση 1**, η οποία αναφέρεται στη μεταβολή των μέγιστων θερμοκρασιών στις δύο υπό εξέταση περιοχές μετά την κατασκευή του φράγματος έχουν προκύψει τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Να σημειωθεί ότι οι απαντήσεις σ' αυτή την ερώτηση είναι :

- A: Ναι, αύξηση
- B: Ναι, μείωση
- C: Δεν υπάρχει μεταβολή

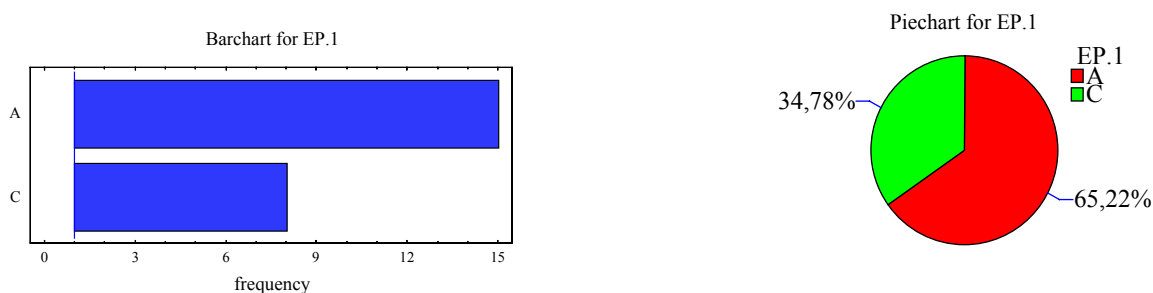
Για τη Άρτα:

Frequency Table for EP.1

Class	Value	Frequency	Relative Frequency
1	A	15	0,6522
2	C	8	0,3478

Πίνακας 6.2-1 Άρτα Ερώτηση 1

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε την συχνότητα και τη σχετική συχνότητα εμφάνισης των απαντήσεων. Προκύπτει ότι ποσοστό 65,22% των ερωτηθέντων κατοίκων της Άρτας θεωρεί ότι υπάρχει αύξηση των μέγιστων θερμοκρασιών και ακολουθεί με ποσοστό 34,78% η άποψη ότι δεν υπάρχει μεταβολή. Κανένας από τους ερωτηθέντες δεν έχει απαντήσει ότι έχει παρατηρήσει μείωση των μέγιστων θερμοκρασιών. Τα ποσοστά των απαντήσεων παρουσιάζονται στα επόμενα διαγράμματα:



Σχήμα 6.2-1 Ραβδόγραμμα και Κυκλικό διάγραμμα. Άρτα Ερώτηση 1

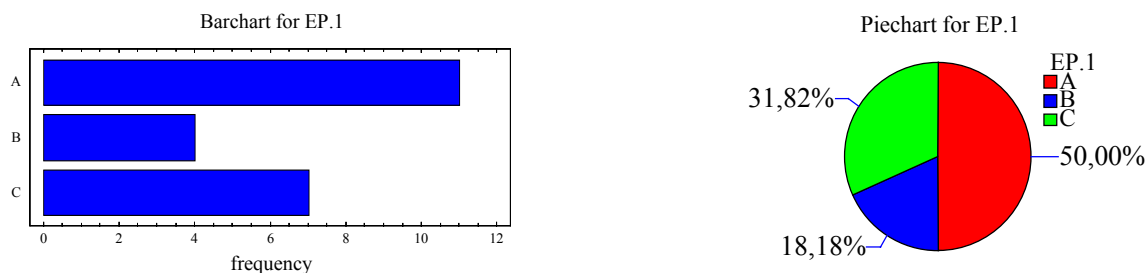
Για το Λιδωρίκι:

Frequency Table for EP.1

Class	Value	Frequency	Relative Frequency
1	A	11	0,5000
2	B	4	0,1818
3	C	7	0,3182

Πίνακας 6.2-2 Λιδωρίκι Ερώτηση 1

Προκύπτει ότι ποσοστό 50,00% των ερωτηθέντων κατοίκων του Λιδωρικού θεωρεί ότι υπάρχει αύξηση των μέγιστων θερμοκρασιών, ακολουθεί με ποσοστό 31,82% η άποψη ότι δεν υπάρχει καμία μεταβολή και τέλος ένα ποσοστό 18,18% θεωρεί ότι υπάρχει μείωση των μέγιστων θερμοκρασιών. Τα ποσοστά των απαντήσεων παρουσιάζονται στα επόμενα διαγράμματα:



Σχήμα 6.2-2 Ραβδόγραμμα και Κυκλικό διάγραμμα. Λιδωρικοί Ερώτηση 1

- Η **Ερώτηση 2** αφορά στη μεταβολή των ελάχιστων θερμοκρασιών μετά την κατασκευή του φράγματος. Στο ερώτημα για μεταβολή των κρύων το χειμώνα οι δυνατές απαντήσεις είναι οι εξής:
- A: Ναι, αύξηση
 - B: Ναι, μείωση
 - C: Δεν υπάρχει μεταβολή

Για την Άρτα:

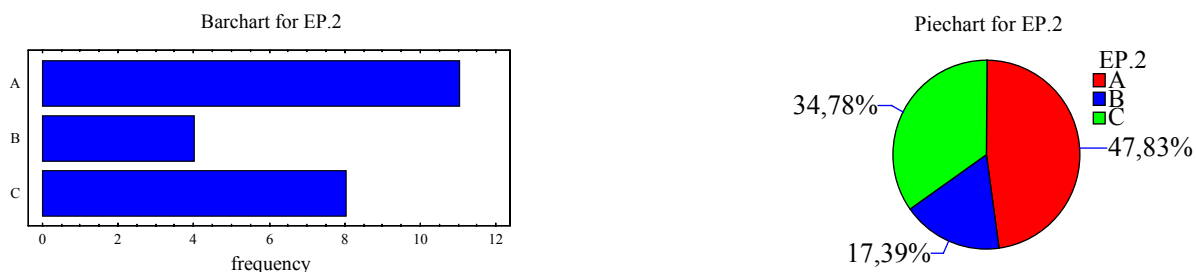
Frequency Table for EP.2

Class	Value	Frequency	Relative Frequency
1	A	11	0,4783
2	B	4	0,1739
3	C	8	0,3478

Πίνακας 6.2-3 Άρτα Ερώτηση 2

Ερμηνεύοντας τον πίνακα παρατηρούμε ποσοστό 47,83% να θεωρεί ότι υπάρχει αύξηση των κρύων, δηλαδή μείωση των ελάχιστων θερμοκρασιών στην περιοχή της Άρτας μετά την κατασκευή του φράγματος, ακολουθεί με ποσοστό 34,78% η άποψη ότι δεν υπάρχει

καμία μεταβολή στις ελάχιστες θερμοκρασίες και τέλος με ποσοστό μόλις 17,39% η άποψη ότι υπάρχει λιγότερο κρύο, δηλαδή αυξήθηκαν οι ελάχιστες θερμοκρασίες. Τα ποσοστά αυτά παρουσιάζονται γραφικά στη συνέχεια:



Σχήμα 6.2-3 Ραβδόγραμμα και Κυκλικό διάγραμμα. Άρτα Ερώτηση 2

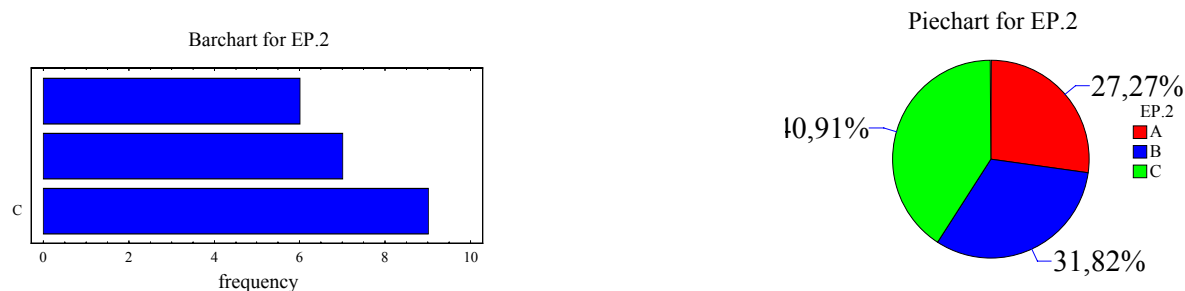
Για το Λιδωρίκι:

Frequency Table for EP.2

Class	Value	Frequency	Relative Frequency
1	A	6	0,2727
2	B	7	0,3182
3	C	9	0,4091

Πίνακας 6.2-4 Λιδωρίκι Ερώτηση 2

Από τον πίνακα παρουσιάζεται ποσοστό 40,91% να θεωρεί ότι δεν υπάρχει καμία μεταβολή στις ελάχιστες θερμοκρασίες, ακολουθεί με ποσοστό μόλις 31,82% η άποψη ότι υπάρχει λιγότερο κρύο, δηλαδή αυξήθηκαν οι ελάχιστες θερμοκρασίες και τέλος με ποσοστό 27,27% ότι υπάρχει αύξηση των κρύων στην περιοχή του Λιδωρικού μετά την κατασκευή του φράγματος. Τα ποσοστά αυτά παρουσιάζονται γραφικά στη συνέχεια:



Σχήμα 6.2-4 Ραβδόγραμμα και Κυκλικό διάγραμμα. Λιδωρίκι Ερώτηση 2

➤ Η **Ερώτηση 3** αναφέρεται την μεταβολή της θερμοκρασίας και οι δυνατές απαντήσεις είναι και εδώ οι εξής:

- A: Ναι, αύξηση
- B: Ναι, μείωση
- C: Δεν υπάρχει μεταβολή

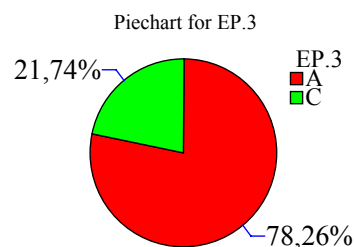
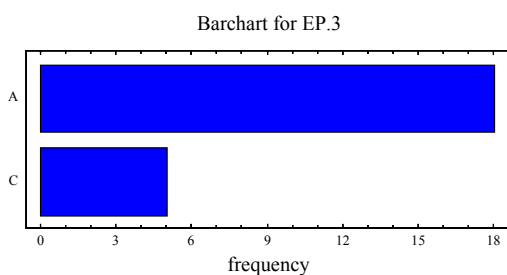
Για την Άρτα:

Frequency Table for EP.3

Class	Value	Frequency	Relative Frequency
1	A	18	0,7826
2	C	5	0,2174

Πίνακας 6.2-5 Άρτα Ερώτηση 3

Με τη βοήθεια του πίνακα διαπιστώνουμε ότι το δείγμα με ποσοστό 78,26% θεωρεί ότι υπάρχει αύξηση της θερμοκρασίας. Με ποσοστό 21,74% ακολουθεί η άποψη ότι δεν υπάρχει μεταβολή, ενώ κανένας από του ερωτηθέντες δεν θεωρεί ότι υπάρχει μείωση της θερμοκρασίας.



Σχήμα 6.2-5 Ραβδόγραμμα και Κυκλικό διάγραμμα. Άρτα Ερώτηση 3

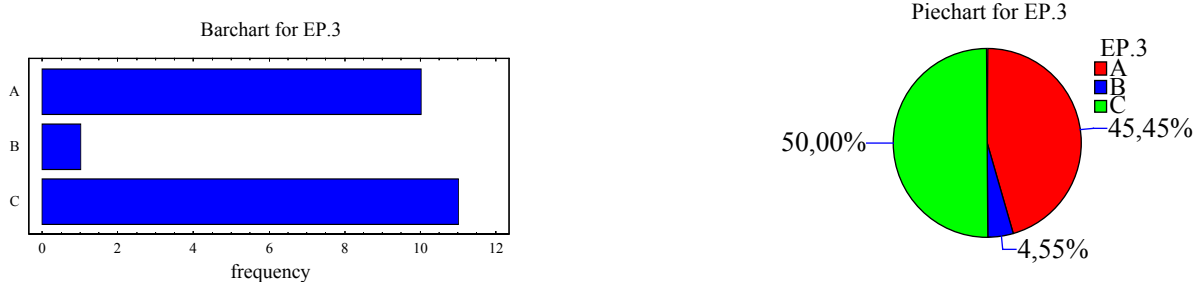
Για το Λιδωρίκι:

Frequency Table for EP.3

Class	Value	Frequency	Relative Frequency
1	A	10	0,4545
2	B	1	0,0455
3	C	11	0,5000

Πίνακας 6.2-6 Λιδωρίκι Ερώτηση 3

Επικρατέστερη απάντηση με ποσοστό 50,00% είναι η μη μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας. Ακολουθεί με ποσοστό 45,45% η απάντηση ότι υπάρχει αύξηση της θερμοκρασίας και τέλος με ποσοστό 4,55% η απάντηση ότι υπάρχει μείωση. Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται γραφικά στη συνέχεια.



Σχήμα 6.2-6 Ραβδόγραμμα και Κυκλικό διάγραμμα. Λιδωρίκι Ερώτηση 3

- Η **Ερώτηση 4** αναφέρεται στην μεταβολή των βροχοπτώσεων μετά την κατασκευή του φράγματος και οι δυνατές απαντήσεις είναι όπως και στις τρεις προηγούμενες ερωτήσεις:

- A: Ναι, αύξηση
- B: Ναι, μείωση
- C: Δεν υπάρχει μεταβολή

Για την Άρτα:

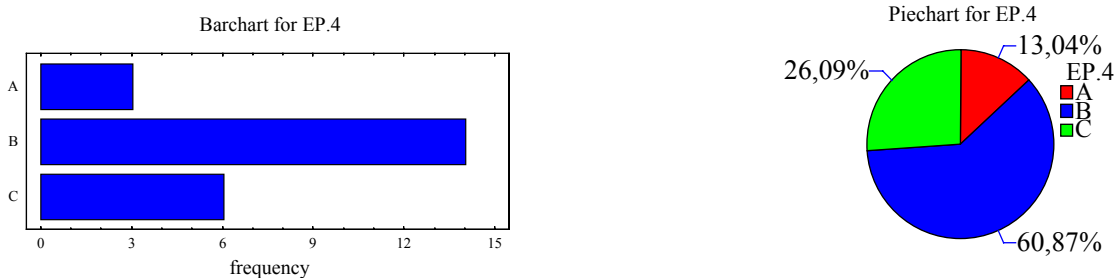
Τα αποτελέσματα από την επεξεργασία των απαντήσεων στην ερώτηση αυτή εμφανίζονται στον επόμενο πίνακα:

Frequency Table for EP.4

Class	Value	Frequency	Relative Frequency
1	A	3	0,1304
2	B	14	0,6087
3	C	6	0,2609

Πίνακας 6.2-7 Άρτα Ερώτηση 4

από τον οποίο επικρατέστερη απάντηση είναι με ποσοστό 60,87% η Β, θεωρούν δηλαδή ότι υπάρχει μείωση των βροχοπτώσεων. Ακολουθεί με ποσοστό 26,09% η απάντηση C, σύμφωνα με την οποία δεν υπάρχει μεταβολή και τέλος με ποσοστό 13,04% η απάντηση Α σύμφωνα με την οποία υπάρχει αύξηση των βροχών. Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται γραφικά στη συνέχεια.

**Σχήμα 6.2-7** Ραβδόγραμμα και Κυκλικό διάγραμμα. Άρτα Ερώτηση 4

Για το Λιδωρίκι:

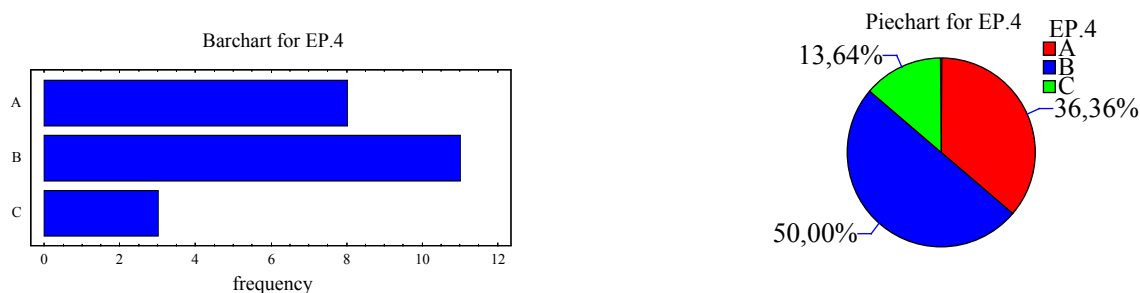
Frequency Table for EP.4

Class	Value	Frequency	Relative Frequency
1	A	8	0,3636
2	B	11	0,5000
3	C	3	0,1364

Πίνακας 6.2-8 Λιδωρίκι Ερώτηση 4

Στον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι ποσοστό 50,00% των ερωτηθέντων κατοίκων του Λιδωρικίου θεωρεί ότι υπάρχει μείωση των βροχοπτώσεων, ακολουθεί με ποσοστό

36,36% η άποψη ότι υπάρχει αύξηση και τέλος ένα ποσοστό 13,64% θεωρεί ότι δεν υπάρχει μεταβολή. Τα ποσοστά των απαντήσεων παρουσιάζονται στα επόμενα διαγράμματα:



Σχήμα 6.2-8 Ραβδόγραμμα και Κυκλικό διάγραμμα. Λιδωρίκι Ερώτηση 4

- Στην **Ερώτηση 5** οι κάτοικοι καλούνται να απαντήσουν εάν έχουν παρατηρήσει μεταβολή στις καλοκαιρινές καταιγίδες μετά την κατασκευή του φράγματος, στην περιοχή της Άρτας και του Λιδωρικίου αντίστοιχα και οι δυνατές απαντήσεις είναι οι εξής:

- A: Ναι, είναι πιο συχνές
- B: Ναι, είναι πιο σπάνιες
- C: Δεν υπάρχει μεταβολή

Για την Άρτα:

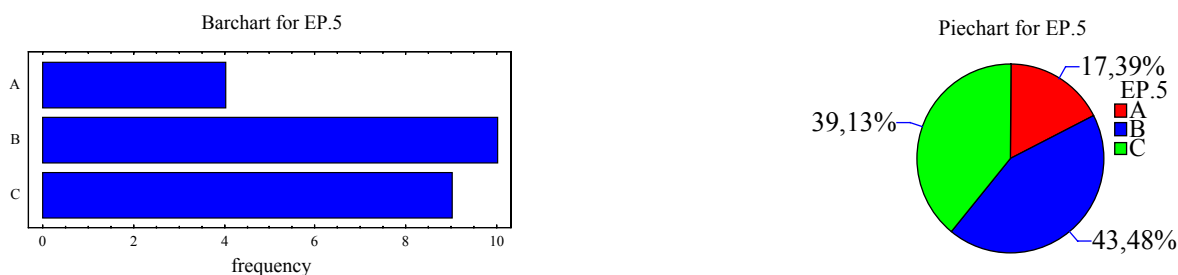
Και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα:

Frequency Table for EP.5

Class	Value	Frequency	Relative Frequency
1	A	4	0,1739
2	B	10	0,4348
3	C	9	0,3913

Πίνακας 6.2-9 Άρτα Ερώτηση 5

Ποσοστό 43,48% απαντά ότι έχει παρατηρήσει πως οι καλοκαιρινές καταιγίδες είναι πιο σπάνιες μετά την κατασκευή του φράγματος, 39,13% ότι δεν υπάρχει μεταβολή, ενώ το υπόλοιπο 17,39% πως οι καλοκαιρινές καταιγίδες είναι πιο συχνές. Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται στα επόμενα γραφήματα:



Σχήμα 6.2-9 Ραβδόγραμμα και Κυκλικό διάγραμμα. Άρτα Ερώτηση 5

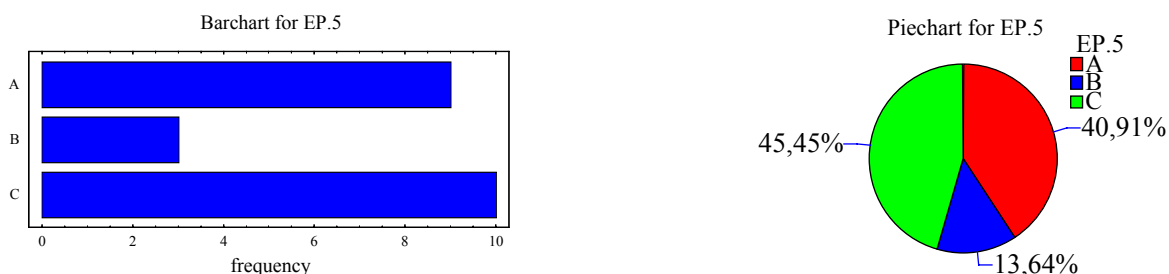
Για το Λιδωρίκι:

Frequency Table for EP.5

Class	Value	Frequency	Relative Frequency
1	A	9	0,4091
2	B	3	0,1364
3	C	10	0,4545

Πίνακας 6.2-10 Λιδωρίκι Ερώτηση 5

Επικρατέστερη απάντηση με ποσοστό 45,45% είναι η μη μεταβολή στις καλοκαιρινές καταιγίδες. Ακολουθεί με ποσοστό 40,91% η απάντηση ότι υπάρχει αύξηση στις καλοκαιρινές καταιγίδες και τέλος με ποσοστό 13,64% η απάντηση ότι υπάρχει μείωση. Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται γραφικά στη συνέχεια.



Σχήμα 6.2-10 Ραβδόγραμμα και Κυκλικό διάγραμμα. Λιδωρίκι Ερώτηση 5

➤ Η **Ερώτηση 6** αναφέρεται στην μεταβολή της υγρασίας και οι δυνατές απαντήσεις είναι:

- A: Ναι, αύξηση
- B: Ναι, μείωση
- C: Δεν υπάρχει μεταβολή

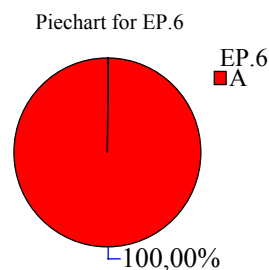
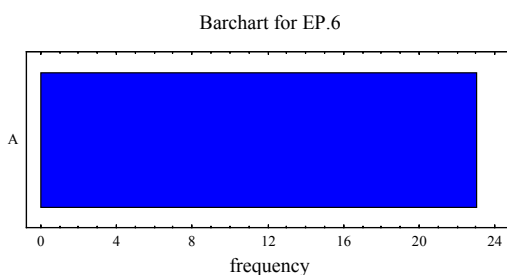
Για την Άρτα:

Frequency Table for EP.6

Class	Value	Frequency	Relative Frequency
1	A	23	1,0000

Πίνακας 6.2-11 Άρτα Ερώτηση 6

Ο πίνακας συχνοτήτων δείχνει απόλυτη ταύτιση των κατοίκων της Άρτας (ποσοστό 100%) σύμφωνα με τους οποίους υπάρχει αύξηση της υγρασίας στην περιοχή μετά την κατασκευή του φράγματος.



Σχήμα 6.2-11 Ραβδόγραμμα και Κυκλικό διάγραμμα. -Άρτα Ερώτηση 6

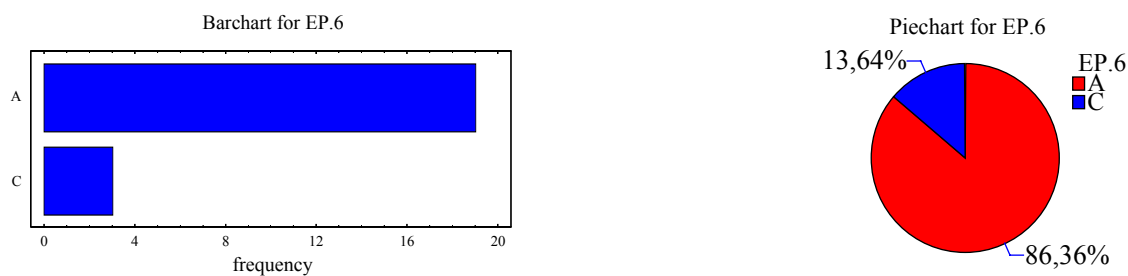
Για το Λιδωρίκι:

Frequency Table for EP.6

Class	Value	Frequency	Relative Frequency
1	A	19	0,8636
2	C	3	0,1364

Πίνακας 6.2-12 Λιδωρίκι Ερώτηση 6

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι ποσοστό 86,36% των ερωτηθέντων κατοίκων του Λιδωρικού θεωρεί ότι υπάρχει αύξηση της υγρασίας και ακολουθεί με ποσοστό 13,64% η άποψη ότι δεν υπάρχει μεταβολή. Κανένας από τους ερωτηθέντες δεν έχει απαντήσει ότι έχει παρατηρήσει μείωση της υγρασίας. Τα ποσοστά των απαντήσεων παρουσιάζονται στα επόμενα διαγράμματα:



Σχήμα 6.2-12 Ραβδόγραμμα και Κυκλικό διάγραμμα. Λιδωρικοί Ερώτηση 6

➤ Η **Ερώτηση 7** αναφέρεται στην μεταβολή της ομίχλης μετά την κατασκευή του φράγματος και οι δυνατές απαντήσεις είναι:

- A: Ναι, είναι πιο συχνή
- B: Ναι, είναι πιο σπάνια
- C: Δεν υπάρχει μεταβολή

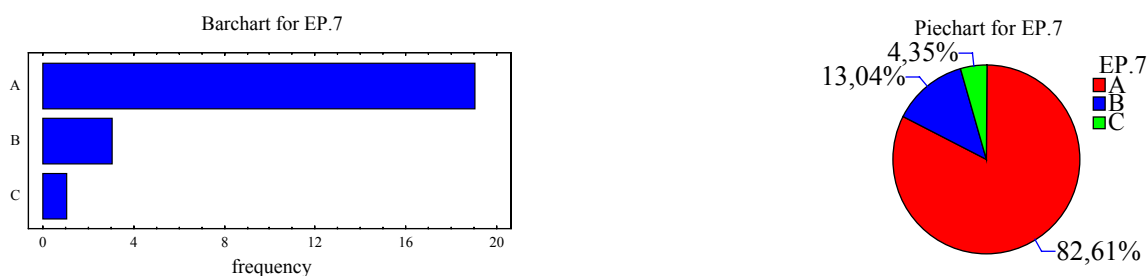
Για την Άρτα:

Frequency Table for EP.7

Class	Value	Frequency	Relative Frequency
1	A	19	0,8261
2	B	3	0,1304
3	C	1	0,0435

Πίνακας 6.2-13 Άρτα Ερώτηση 7

Με την βοήθεια του πίνακα διαπιστώνουμε ότι με ποσοστό 82,61% επικρατεί η άποψη ότι η ομίχλη είναι πιο συχνή, ενώ με μικρό ποσοστό (13,04%) ακολουθεί η άποψη ότι η ομίχλη είναι πιο σπάνια και με μόλις 4,35% η άποψη ότι δεν υπάρχει μεταβολή. Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται στα επόμενα γραφήματα:



Σχήμα 6.2-13 Ραβδόγραμμα και Κυκλικό διάγραμμα. Άρτα Ερώτηση 7

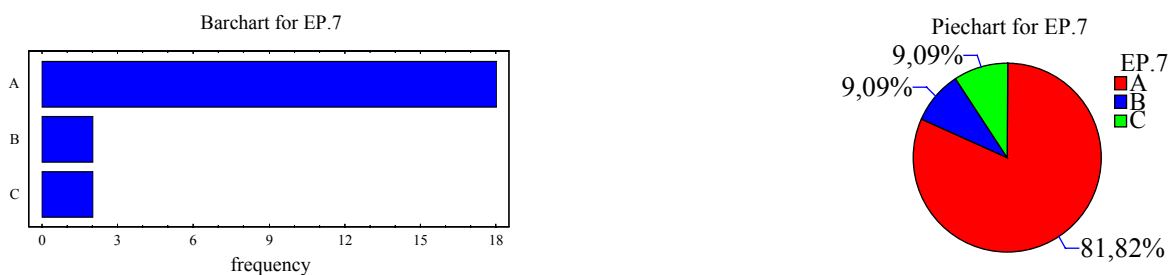
Για το Λιδωρίκι:

Frequency Table for EP.7

Class	Value	Frequency	Relative Frequency
1	A	18	0,8182
2	B	2	0,0909
3	C	2	0,0909

Πίνακας 6.2-14 Λιδωρίκι Ερώτηση 7

Ποσοστό 81,82% απαντά ότι έχει παρατηρήσει πως η ομίχλη είναι πιο συχνή μετά την κατασκευή του φράγματος, 9,09% ότι είναι πιο σπάνια, ενώ το υπόλοιπο 9,09% πως δεν υπάρχει μεταβολή. Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται στα επόμενα γραφήματα:



Σχήμα 6.2-14 Ραβδόγραμμα και Κυκλικό διάγραμμα. Λιδωρίκι Ερώτηση 7

- Η **Ερώτηση 8** αφορά στην μεταβολή του παγετού μετά την κατασκευή του φράγματος και οι δυνατές απαντήσεις εδώ είναι οι εξής:

- A: Ναι, πέφτει πιο συχνά
- B: Ναι, πέφτει πιο σπάνια
- C: Δεν υπάρχει μεταβολή

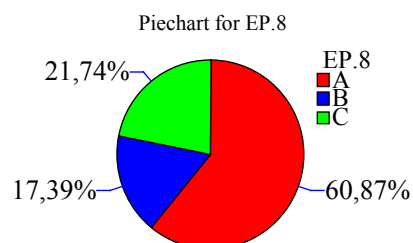
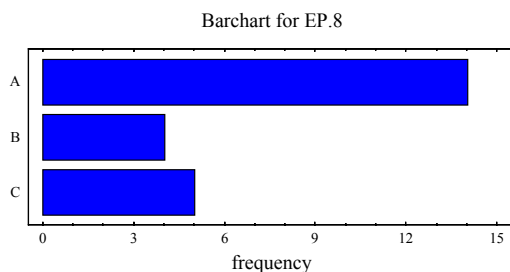
Για την Άρτα:

Frequency Table for EP.8

Class	Value	Frequency	Relative Frequency
1	A	14	0,6087
2	B	4	0,1739
3	C	5	0,2174

Πίνακας 6.2-15 Άρτα Ερώτηση 8

Από τον πίνακα αυτόν διαπιστώνουμε ότι με ποσοστό 50,87% οι κάτοικοι της Άρτας θεωρούν ότι πέφτει πιο συχνά πάγος. Το 21,74% θεωρεί ότι δεν υπάρχει μεταβολή, ενώ ποσοστό 17,39% ότι ο παγετός είναι πιο σπάνιος. Στην συνέχεια παρουσιάζονται γραφικά αυτά τα αποτελέσματα:



Σχήμα 6.2-15 Ραβδόγραμμα και Κυκλικό διάγραμμα. Άρτα Ερώτηση 8

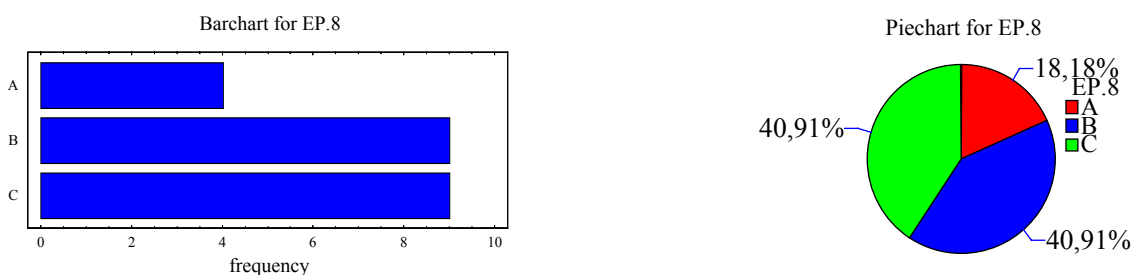
Για το Λιδωρίκι:

Frequency Table for EP.8

Class	Value	Frequency	Relative Frequency	Cumulative Frequency
1	A	4	0,1818	4
2	B	9	0,4091	13
3	C	9	0,4091	22

Πίνακας 6.2-16 Λιδωρίκι Ερώτηση 8

Ποσοστό 40,91% απαντά ότι έχει παρατηρήσει πως ο παγετός πέφτει πιο σπάνια μετά την κατασκευή του φράγματος, 40,91% ότι δεν υπάρχει μεταβολή, ενώ το υπόλοιπο 18,18% πως ο παγετός είναι πιο συχνός. Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται στα επόμενα γραφήματα:

**Σχήμα 6.2-16** Ραβδόγραμμα και Κυκλικό διάγραμμα. Λιδωρίκι Ερώτηση 8

- Η τελευταία **Ερώτηση 9** αποτελεί ερώτηση κρίσεως και έχει σαν στόχο την γενικότερη άποψη των κατοίκων της Άρτας και του Λιδωρικίου για την επίδραση των φραγμάτων Πουρναρίου και Μόρνου αντίστοιχα τους στο κλίμα των περιοχών τους και οι πιθανές απαντήσεις στην περίπτωση αυτή είναι:
 - A: Ναι, άλλαξε προς το καλύτερο
 - B: Ναι, άλλαξε προς το χειρότερο
 - C: Δεν υπάρχει μεταβολή

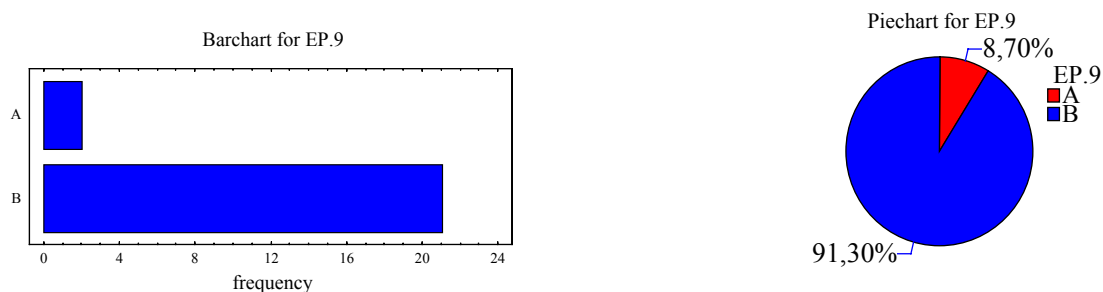
Για την Άρτα:

Frequency Table for EP.9

Class	Value	Frequency	Relative Frequency
1	A	2	0,0870
2	B	21	0,9130

Πίνακας 6.2-17 Άρτα Ερώτηση 9

Από τον πίνακα αυτόν διαπιστώνουμε ότι η συντριπτική πλειοψηφία των κατοίκων της Άρτας, με ποσοστό 91,3%, θεωρεί ότι το κλίμα της περιοχής έχει αλλάξει προς το χειρότερο, ενώ μόλις το 8,7% θεωρεί ότι έχει αλλάξει προς το καλύτερο.



Σχήμα 6.2-17 Ραβδόγραμμα και Κυκλικό διάγραμμα. Άρτα Ερώτηση 9

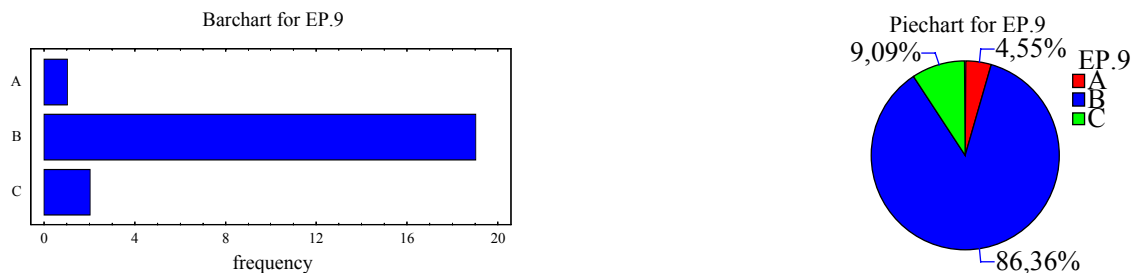
Για το Λιδωρίκι:

Frequency Table for EP.9

Class	Value	Frequency	Relative Frequency
1	A	1	0,0455
2	B	19	0,8636
3	C	2	0,0909

Πίνακας 6.2-18 Λιδωρίκι Ερώτηση 9

Στον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι ποσοστό 86,36% των ερωτηθέντων κατοίκων του Λιδωρικίου θεωρεί ότι το κλίμα άλλαξε προς το χειρότερο, ακολουθεί με ποσοστό μόλις 9,09% η άποψη ότι δεν υπάρχει μεταβολή και ποσοστό 4,55% θεωρεί ότι το κλίμα άλλαξε προς το καλύτερο. Τα ποσοστά των απαντήσεων παρουσιάζονται στα επόμενα διαγράμματα:



Σχήμα 6.2-18 Ραβδόγραμμα και Κυκλικό διάγραμμα. Λιδωρίκι Ερώτηση 9

Το ποσοστό αυτό είναι πολύ μεγάλο αν σκεφτεί κανείς ότι η συγκέντρωση νερού σε μια περιοχή, αν τελικώς προκαλέσει αισθητή μεταβολή, θα ήταν αναμενόμενο να κάνει το κλίμα πιο ήπιο και άρα πιο αποδεκτό από τον άνθρωπο. Με αφορμή τις απαντήσεις που δόθηκαν στην ερώτηση 9 γίνεται φανερό ότι οι απαντήσεις, σε όλες σχεδόν τις ερωτήσεις, περιγράφουν αρνητική προδιάθεση.

Αν, λοιπόν, θεωρηθεί ότι πράγματι έχουν υπάρξει οι αλλαγές στο κλίμα που υποστηρίζει κάθε φορά η πλειοψηφία αυτό θα σήμαινε ότι μετά την κατασκευή του φράγματος έχει παρατηρηθεί αύξηση των μέγιστων θερμοκρασιών, μείωση των ελαχίστων θερμοκρασιών, αύξηση της θερμοκρασίας, μείωση των βροχοπτώσεων και των καλοκαιρινών καταιγίδων, αύξηση της υγρασίας, της ομίχλης και του παγετού. Οι περισσότερες από αυτές τις αλλαγές δεν είναι οι αναμενόμενες από την επίδραση ενός ταμιευτήρα.

Είναι γνωστό ότι κάποιες κλιματικές παράμετροι σχετίζονται μεταξύ τους και αναμένεται ανάλογη ή αντιστρόφως ανάλογη μεταβολή τους. Επειδή οι κάτοικοι απάντησαν και στις δύο περιπτώσεις ότι παρατήρησαν αύξηση της υγρασίας σε εντυπωσιακό ποσοστό, 100% στην Άρτα και 86,36% στο Λιδωρίκι, θεωρήθηκε ενδιαφέρον να γίνει ένας δεύτερος έλεγχος. Εξετάστηκαν λοιπόν, οι απαντήσεις που αφορούν στη μεταβολή της υγρασίας σε σχέση με αυτές που αφορούν στη μεταβολή των βροχοπτώσεων. Για το σκοπό αυτό ακολουθήθηκε η διαδικασία που το Statgraphics ονομάζει Crosstabulation, και η οποία για κάθε δοθείσα απάντηση στην πρώτη ερώτηση εξετάζει τη συχνότητα εμφάνισης των απαντήσεων της άλλης.

Σχέση βροχόπτωσης και υγρασίας

Η αύξηση της βροχόπτωσης σε μια περιοχή ακολουθείται κατά κανόνα από αύξηση της υγρασίας.

Στις γραμμές των πινάκων που ακολουθούν παρουσιάζονται οι απαντήσεις που αφορούν στην ερώτηση της υγρασίας και στις στήλες οι απαντήσεις που αφορούν στην ερώτηση μεταβολής της βροχόπτωσης.

Για την Άρτα:

Frequency Table for EP.6 by EP.4

	A	B	C	Row Total
A	3	14	6	23
	13,04%	60,87%	26,09%	100,00%
Column Total	3	14	6	23
	13,04%	60,87%	26,09%	100,00%

Πίνακας 6.2-19 Άρτα Ερώτηση 6 σε σχέση με Ερώτηση 4

Με βάση τον παραπάνω πίνακα το δείγμα σε ποσοστό 100% έχει απαντήσει ότι υπάρχει αύξηση της υγρασίας, ενώ αντίθετα σε ποσοστό 60,87% έχει απαντήσει ότι υπάρχει μείωση των βροχοπτώσεων. Το ποσοστό των ερωτηθέντων που υποστηρίζει ότι έχει παρατηρήσει ταυτόχρονα αύξηση της υγρασίας και των βροχοπτώσεων είναι μόλις 13,04%.

Για το Λιδωρίκι:

Frequency Table for EP.6 by EP.4

	A	B	C	Row Total
A	7	10	2	19
	36,84%	52,63%	10,53%	86,36%
C	1	1	1	3
	33,33%	33,33%	33,33%	13,64%
Column Total	8	11	3	22
	36,36%	50,00%	13,64%	100,00%

Πίνακας 6.2-20 Λιδωρίκι Ερώτηση 6 σε σχέση με Ερώτηση 4

Με βάση τον παραπάνω πίνακα το δείγμα σε ποσοστό 86,36% έχει απαντήσει ότι υπάρχει αύξηση της υγρασίας, ενώ αντίθετα σε ποσοστό 50,00% έχει απαντήσει ότι υπάρχει μείωση των βροχοπτώσεων. Το ποσοστό των ερωτηθέντων που υποστηρίζει ότι έχει παρατηρήσει αύξηση της υγρασίας και μείωση βροχοπτώσεων είναι 52,63%, ενώ το ποσοστό που υποστηρίζει ότι έχει παρατηρήσει ταυτόχρονα αύξηση της υγρασίας και των βροχοπτώσεων είναι σαφώς μικρότερο (33,84%).

Συνεπώς προκύπτει ότι και στις δύο πόλεις οι απαντήσεις δε συμβαδίζουν με όσα αναφέρονται παραπάνω για τη σχέση των βροχοπτώσεων με την υγρασία.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

7.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα πλαίσια της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας επιχειρήθηκε η διερεύνηση της επιρροής ενός ταμιευτήρα στο κλίμα της άμεσης περιοχής του (μικροκλίμα). Εξετάστηκαν οι περιπτώσεις των φραγμάτων Πουρναρίου και Μόρνου.

Η ανάλυση του θέματος συμπεριέλαβε τόσο αντικειμενικά κριτήρια βασισμένα σε στατιστική ανάλυση ιστορικών μετεωρολογικών δεδομένων, όσο και υποκειμενικά κριτήρια βασισμένα στις γνώμες των κατοίκων, εκφρασμένες ως απαντήσεις σε ερωτηματολόγια. Επιπλέον, επιχειρήθηκε και μια πιο θεωρητική προσέγγιση της επίδρασης του ταμιευτήρα μέσω του ενεργειακού ισοζυγίου και της αύξησης της εξάτμισης, η οποία δε μπόρεσε να δώσει ποσοτικά αποτελέσματα λόγω υπάρξεως αρκετών άγνωστων όρων.

Αντικειμενική Εμπειρική προσέγγιση

Η εμπειρική διερεύνηση του θέματος έγινε μέσω εφαρμογής στατιστικών δοκιμών και γραφημάτων σε μετεωρολογικά δεδομένα από δύο σταθμούς σε κάθε περίπτωση, ενός σταθμού πλησίον του φράγματος και ενός σταθμού βάσης. Έγινε σύγκριση των δεδομένων αυτών πριν και μετά την κατασκευή του ταμιευτήρα, ώστε να ερευνηθεί αν οι δύο ομάδες προέρχονται από τον ίδιο στατιστικό πληθυσμό, δηλαδή εάν υπάρχει (μικρο)κλιματική αλλαγή με τη δημιουργία του ταμιευτήρα ή όχι.

Παρατηρείται ότι τα αποτελέσματα που δίνουν οι εφαρμοζόμενες δοκιμές για μια μετεωρολογική παράμετρο συχνά δε συμφωνούν. Έτσι, σε πολλές περιπτώσεις ενώ η μία δοκιμή δίνει ότι οι δύο εξεταζόμενες ομάδες προέρχονται από διαφορετικό στατιστικό πληθυσμό, οι άλλες δοκιμές δίνουν το αντίθετο. Είναι βέβαια αυτονόητο ότι για να εξαχθεί κατηγορηματικό συμπέρασμα για τη μεταβολή μιας μετεωρολογικής παραμέτρου σε κάποιους μήνες του έτους θα πρέπει να συμφωνούν σε αυτό τα αποτελέσματα όσο το δυνατό περισσότερων κάθε φορά στατιστικών δοκιμών.

Από την ανάλυση της εμπειρικής προσέγγισης για τα ζευγάρια των μετεωρολογικών σταθμών προκύπτουν τα κάτωθι συμπεράσματα

Άρτα - Αγρίνιο

Σύμφωνα με όλες τις δοκιμές:

- δεν υπάρχει μεταβολή στις μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας.
- υπάρχει μεταβολή και συγκεκριμένα αύξηση στις ελάχιστες τιμές της θερμοκρασίας στην Άρτα.
- η σχετική υγρασία δεν παρουσιάζει μεταβολή.
- το ολικό ύψος υετού, το μέγιστο ύψος υετού και οι ημέρες υετού παρουσιάζουν μεταβολή σε κάποιους μήνες, αλλά αυτή είναι ασαφής, άλλοτε αύξηση και άλλοτε μείωση. Ειδικά κατά το καλοκαίρι διαπιστώνεται πολύ μικρή μείωση.

Συνεπώς, από τη στατιστική επεξεργασία των μετεωρολογικών δεδομένων της Άρτας με σταθμό βάσης το Αγρίνιο δεν προκύπτει κλιματική αλλαγή με την κατασκευή του ταμιευτήρα Πουρναρίου. Μεταβολή διαπιστώνεται μόνο στις ελάχιστες θερμοκρασίες που παρουσιάζουν μικρή αύξηση στην Άρτα.

Άρτα - Ιωάννινα

Σύμφωνα με όλες τις δοκιμές:

- δεν υπάρχει μεταβολή στις μέσες τιμές της θερμοκρασίας.
- δεν υπάρχει μεταβολή στις μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας.
- υπάρχει μεταβολή στις ελάχιστες τιμές της θερμοκρασίας και συγκεκριμένα αύξηση στην Άρτα στους περισσότερους μήνες του έτους.
- η σχετική υγρασία δεν παρουσιάζει μεταβολή.
- οι τιμές του ολικού ύψους υετού και του μέγιστου ύψους υετού και οι ημέρες υετού στην Άρτα τους καλοκαιρινούς μήνες παρουσιάζουν μικρή μείωση σε σχέση με τις αντίστοιχες των Ιωαννίνων.

Παρατηρείται ότι προκύπτουν τα ίδια συμπεράσματα με το ζεύγος σταθμών Άρτα – Αγρίνιο. Συνεπώς επιβεβαιώνεται ότι δεν υπάρχει ουσιαστική κλιματική αλλαγή στην Άρτα με την κατασκευή του ταμιευτήρα Πουρναρίου. Μεταβολή παρατηρείται μόνο στις ελάχιστες θερμοκρασίες που παρουσιάζουν αύξηση στην Άρτα.

Άρτα

Οι ημέρες υετού, καταιγίδας, δρόσου, πάχνης και ομίχλης με βάση τη δοκιμή διαφορές αναλογιών δεν παρουσιάζουν μεταβολή μετά την κατασκευή του ταμιευτήρα

Σημειώνεται ότι τα παραπάνω κλιματικά φαινόμενα εμφανίζονται πολύ αραιά, ενώ έχουν έντονα τοπικό χαρακτήρα. Για το λόγο αυτό κρίθηκε σκόπιμο να εξεταστούν τα δεδομένα του σταθμού της Άρτας μεμονωμένα καθώς η σύγκριση τους με κάποιο σταθμό βάσης δεν θα οδηγούσε σε συμπεράσματα.

Πουρνάρι - Άρτα

Η σύγκριση αυτή αφορά κυρίως την περίοδο μετά την κατασκευή του φράγματος επειδή ο σταθμός Πουρναρίου δε λειτουργούσε πριν την κατασκευή. Με βάση τις παρατηρήσεις των διαγραμμάτων διαπιστώνονται τα κάτωθι:

- Κατά τους θερινούς μήνες η τιμές της απόλυτης μέγιστης θερμοκρασίας είναι κατά κανόνα πιο χαμηλές, της τάξεως των 0,5 έως 1 °C, στο Πουρνάρι σε σχέση με την Άρτα. Η διαφορά αυτή όμως κρίνεται πολύ μικρή για να οδηγήσει σε ένα ασφαλές συμπέρασμα.
- Η σχετική υγρασία στο Πουρνάρι παρουσιάζει ανοδική τάση μετά το έτος 1985 σε σχέση με την Άρτα. Σημειώνεται όμως ότι ο ταμιευτήρας του Πουρναρίου πληρώθηκε το 1980, οπότε η άνοδος αυτή της υγρασίας δε μπορεί να αποδοθεί στο φράγμα.
- Το ολικό ύψος υετού κατά τους χειμερινούς μήνες παρουσιάζει ελαφρώς υψηλότερες τιμές στο Πουρνάρι σε σχέση με την Άρτα.

Λιδωρίκι – Λαμία

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των περισσότερων δοκιμών:

- δεν υπάρχει μεταβολή στις μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας, ενώ
- υπάρχει μεταβολή και συγκεκριμένα αύξηση στις ελάχιστες τιμές της θερμοκρασίας στην Άρτα.
- οι τιμές της ελάχιστης θερμοκρασίας παρουσιάζουν μεταβολή και συγκεκριμένα αύξηση στο Λιδωρίκι.

Συνεπώς από τη στατιστική επεξεργασία των μετεωρολογικών δεδομένων του Λιδωρικού με σταθμό βάσης τη Λαμία δεν προκύπτει κλιματική αλλαγή με την κατασκευή του ταμιευτήρα Μόρνου. Μεταβολή διαπιστώνεται μόνο στις ελάχιστες θερμοκρασίες που παρουσιάζουν μικρή αύξηση στο Λιδωρικό. Σημειώνεται ότι η ίδια παρατήρηση έγινε και για την Άρτα και τον ταμιευτήρα Πουρναρίου.

Ερωτηματολόγια

Η ενότητα αυτή της εργασίας εξέτασε πώς αντιλαμβάνεται το κοινωνικό σύνολο την επίδραση του ταμιευτήρα στο κλίμα της περιοχής. Η έρευνα βασίστηκε σε ερωτηματολόγια που συμπληρώθηκαν από τους κατοίκους της Άρτας και του Λιδωρικού (τα κοντινότερα αστικά κέντρα στους ταμιευτήρες). Η επεξεργασία των ερωτηματολογίων έγινε με τη χρήση του στατιστικού πακέτου Statgraphics.

Με βάση τις απαντήσεις των κατοίκων της Άρτας μετά την κατασκευή του φράγματος Πουρναρίου φαίνεται να έχει παρατηρηθεί αύξηση των μέγιστων θερμοκρασιών, μείωση των ελαχίστων θερμοκρασιών, αύξηση της μέσης θερμοκρασίας, μείωση των βροχοπτώσεων και των καλοκαιρινών καταιγίδων, αύξηση της υγρασίας, της ομίχλης και του παγετού.

Με βάση τις απαντήσεις των κατοίκων του Λιδωρικού μετά την κατασκευή του φράγματος Μόρνου φαίνεται να έχει παρατηρηθεί αύξηση των μέγιστων θερμοκρασιών, μη μεταβολή των ελαχίστων θερμοκρασιών και της μέσης θερμοκρασίας, μείωση των βροχοπτώσεων, μη μεταβολή των καλοκαιρινών καταιγίδων, αύξηση της υγρασίας και της ομίχλης και μη μεταβολή του παγετού.

Οι περισσότερες από αυτές τις μεταβολές δεν είναι οι αναμενόμενες από την επίδραση ενός ταμιευτήρα. Η συγκέντρωση νερού σε μια περιοχή, αν τελικώς προκαλέσει αισθητή μεταβολή, θα ήταν αναμενόμενο να κάνει το κλίμα πιο ήπιο και υγρό και συνεπώς να επιφέρει μείωση του παγετού, μείωση των μέγιστων και αύξηση των ελαχίστων θερμοκρασιών, αύξηση των βροχοπτώσεων. Επιπλέον, σχεδόν όλες οι παραπάνω κλιματικές αλλαγές δε συμφωνούν με τα αποτελέσματα της αντικειμενικής - εμπειρικής προσέγγισης, η οποία βασίστηκε σε πραγματικά μετεωρολογικά δεδομένα και σε στατιστική επεξεργασία αυτών.

Εντυπωσιακό δε είναι ότι οι κάτοικοι απάντησαν ότι παρατήρησαν αύξηση της υγρασίας σε ποσοστό 100% στην Άρτα και 86,36% στο Λιδωρίκι, ενώ από τη στατιστική επεξεργασία των μετεωρολογικών δεδομένων δεν προκύπτει μεταβολή της υγρασίας.

Σε κάθε περίπτωση οι ερωτηθέντες δεν είναι σε θέση να απαντήσουν με ακρίβεια, ιδιαίτερα όταν καλούνται να θυμηθούν τις κλιματικές συνθήκες πριν από κάποιες δεκαετίες. Άλλωστε, ένας άνθρωπος δεν είναι ικανός να αντιληφθεί τέτοιες μικροκλιματικές αλλαγές οι οποίες αν υπάρχουν είναι τόσο μικρές που δεν εντοπίζονται από τη στατιστική επεξεργασία των μετεωρολογικών δεδομένων. Συνεπώς, οι κάτοικοι της περιοχής μπορούν να έχουν μόνο μια γενική αίσθηση του κλίματος, η οποία είναι υποκειμενική.

Επισημαίνεται ότι στην ερώτηση εάν πιστεύουν ότι το κλίμα άλλαξε προς το καλύτερο ή προς το χειρότερο, ποσοστό 91,30% των ερωτηθέντων στην Άρτα και 86,36% στο Λιδωρίκι απάντησε ότι το κλίμα άλλαξε προς το χειρότερο. Η απάντηση αυτή οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι κάτοικοι αντιμετωπίζουν το θέμα με αρνητική διάθεση. Συνεπώς, τα ερωτηματολόγια αντιπροσωπεύουν μια υποκειμενική, προκατειλημμένη, αρνητική αντίληψη των κατοίκων ως προς τις επιπτώσεις του ταμιευτήρα. Είναι χαρακτηριστικό ότι σε κάθε ερώτηση η απάντηση που συγκεντρώνει το μεγαλύτερο ποσοστό είναι αυτή που εκφράζει τη μεταβολή του κλίματος που θα ήταν πιο δυσμενής για τη διαβίωση των κατοίκων, όπως η αύξηση της υγρασίας, της ομίχλης, του παγετού, η αύξηση των μέγιστων και η μείωση των ελάχιστων θερμοκρασιών.

Τα αποτελέσματα αυτά από τα ερωτηματολόγια δείχνουν ότι γενικά οι άνθρωποι τείνουν να αντιμετωπίζουν με επιφύλαξη κάθε νέο τεχνικό έργο στην περιοχή τους. Βεβαίως, έχει ενδιαφέρον η άποψη των κατοίκων και δεν πρέπει να αγνοείται. Σε κάθε περίπτωση όμως οι πραγματικές κλιματικές συνθήκες αντιπροσωπεύονται από τις μετρήσεις των μετεωρολογικών σταθμών, ακόμα και αν αυτές δεν έχουν την επιθυμητή ακρίβεια.

Γενικό Συμπέρασμα

Συνοψίζοντας λοιπόν η μόνη κλιματική αλλαγή που αντικειμενικά διαπιστώνεται και η οποία προκύπτει και για τους δύο ταμιευτήρες είναι μία αύξηση των ελάχιστων τιμών της θερμοκρασίας σε σχέση με το σταθμό βάσης. Με τη μεταβολή μίας μόνο μετεωρολογικής παραμέτρου δε μπορεί να υποστηριχθεί ότι η κατασκευή ενός φράγματος επιφέρει ουσιώδεις

αλλαγές στο μικροκλίμα. Συνεπώς, από την παρούσα έρευνα δεν προκύπτουν επιπτώσεις των ταμιευτήρων στο μικροκλίμα των εξεταζόμενων περιοχών.

Τονίζεται ωστόσο ότι η έρευνα βασίστηκε σε μηνιαίες τιμές μετρήσεων μετεωρολογικών σταθμών που παραχωρήθηκαν από τις αρμόδιες Υπηρεσίες. Η ακρίβεια λοιπόν της έρευνας βασίζεται στην ακρίβεια των τιμών αυτών. Επομένως, οι οποίες κλιματικές αλλαγές, αν τελικά υπάρχουν, είναι τόσο μικρές που δε γίνονται αντιληπτές από την επεξεργασία των μηνιαίων μετεωρολογικών δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν.

Επιπλέον, επισημαίνεται ότι ακόμα και αν είχαν βρεθεί ουσιαστικότερες μεταβολές στο κλίμα και πάλι θα μπορούσαν να διατυπωθούν επιφυλάξεις για το πόσο αυτές αντιστοιχούν σε φυσικά αίτια που σχετίζονται με τον ταμιευτήρα. Η αλλαγή ενός οργάνου παρατήρησης στο μετεωρολογικό σταθμό, η αλλαγή παρατηρητή, η αλλαγή της μεθοδολογίας επεξεργασίας των παρατηρήσεων από την αρμόδια υπηρεσία ή και η ίδια η απόκλιση του οργάνου μέτρησης μπορούν να αλλοιώσουν τα πρωτογενή δεδομένα και κατά συνέπεια να αλλοιώσουν τα αποτελέσματα των στατιστικών δοκιμών. Άλλωστε όπως έχει προαναφερθεί, ακόμα και οι ίδιες στατιστικές δοκιμές με αλλαγή του διαστήματος εμπιστοσύνης δύναται να δώσουν διαφορετικά αποτελέσματα.

Τέλος και από τη βιβλιογραφική επισκόπηση συνάγεται ότι οι μέθοδοι προσδιορισμού της επίδρασης του ταμιευτήρα στην ατμόσφαιρα είναι μάλλον δύσκολο να τυποποιηθούν και ότι μια γενίκευση μπορεί να είναι επικίνδυνη.

7.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Το πρώτο και πιο σημαντικό βήμα για την περαιτέρω έρευνα και τη γνώση της αλληλεπίδρασης των ταμιευτήρων με την ατμόσφαιρα είναι η συστηματική συλλογή δεδομένων.

Ο υδάτινος όγκος ενός ταμιευτήρα ανάλογου μεγέθους με τους υπό μελέτη θεωρείται αρκετά μικρός και συνεπώς οι όποιες μεταβολές στο κλίμα, εάν υπάρχουν, θα είναι εξαιρετικά μικρές και εξαιρετικά περιορισμένες σε εύρος γύρω από τις όχθες. Επομένως τα χρησιμοποιούμενα δεδομένα πρέπει να χαρακτηρίζονται από σημαντική ακρίβεια και χρονική και χωρική διακριτότητα, έτσι ώστε να γίνουν αντιληπτές και οι πιο μικρές κλιματικές μεταβολές.

Επιπλέον, οι όποιες μεταβολές είναι πιθανό να μην είναι διακριτές στα μηνιαία δεδομένα. Μία επεξεργασία ημερήσιων δεδομένων ή ακόμα και η παρατήρηση των μεταβολών των μετεωρολογικών παραμέτρων κατά τη διάρκεια της ημέρας, θεωρείται ότι θα μπορούσε να εξετάσει με περισσότερη ακρίβεια το θέμα.

Θα ήταν επομένως σκόπιμο για μια πληρέστερη διερεύνηση του θέματος η τοποθέτηση ενός δικτύου παρατήρησης στην περιοχή του ταμιευτήρα πριν ακόμα από την κατασκευή του με αυτόματους μετεωρολογικούς σταθμούς. Οι μετεωρολογικοί αυτοί σταθμοί πρέπει να καλύπτουν ένα εύρος αποστάσεων από τις όχθες του ταμιευτήρα, ξεκινώντας από απόσταση λίγων μέτρων.

Πέρα από τα παραπάνω θα μπορούσε να εξεταστεί η χρήση τηλεσκοπικών μεθόδων, δεδομένα από δορυφόρους ή πτήσεις αεροπλάνων, με στόχο την εκτίμηση της ροής θερμότητας και την υγρασία του αέρα καθώς και μετρήσεων στην ίδια τη λίμνη (δεδομένα από πλωτήρες ή πλοίο).

Τέλος, επισημαίνεται η ανάγκη για μελέτη της εξάτμισης και τη δημιουργία μαθηματικών μοντέλων για την ατμοσφαιρική κυκλοφορία πάνω από ταμιευτήρες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Ε.Υ.Δ.Ε. Αχελώου Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., 1995. *Εκτροπή Αχελώου, Συνολική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων*, Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Αθήνα.

Κουτσογιάννης, Δ., και Θ. Ξανθόπουλος, 1999. *Τεχνική Υδρολογία* Έκδοση 3, 418 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, (Διαθέσιμο στο Διαδίκτυο στη διεύθυνση <http://www.itia.ntua.gr/g/docinfo/115/>).

Κουτσογιάννης, Δ., 2000. *Σημειώσεις Υδρομετεωρολογίας - Μέρος Α*, Έκδοση 2, 157 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, (Διαθέσιμο στο Διαδίκτυο στη διεύθυνση <http://www.itia.ntua.gr/dk/courses/hydrometeo/>).

Μαμάσης, Ν., και Δ. Κουτσογιάννης, 2000. *Σημειώσεις Υδρομετεωρολογίας - Μέρος Β*, Έκδοση 2, 176 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, (Διαθέσιμο στο Διαδίκτυο στη διεύθυνση <http://www.itia.ntua.gr/dk/courses/hydrometeo/>).

Ξανθόπουλος Θ, και Ι. Τζεράνης, 1988. *Διερεύνηση προσφερόμενων δυνατοτήτων για την ενίσχυση της ύδρευσης μείζονος περιοχής Αθηνών*, Τεύχη 1, 6 και 7, Ερευνητικό έργο, ΥΠΕΧΩΔΕ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

ΤΟΜΗ, ΟΜΕΤΕ Α.Ε., Όμιλος Τεχνικών Μελετών ΤΕΠΕ και Β. Παρασχούδης, 1996. *Μελέτη βελτίωσης κατά τμήματα Ε.Ο. Ιωαννίνων- Αντιρρίου, Τμήμα Παράκαμψη Άρτας- Φιλιππιάδας*, ΥΠΕΧΩΔΕ- ΓΓΔΕ, ΕΥΔΕ- ΜΕΔΕ, Αθήνα.

Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, 2001. *Ποιοτικά χαρακτηριστικά υδάτων των ποταμών και λιμνών της χώρας*, τόμος Α, 647 σελίδες, Αθήνα.

Χατζηλάκος, Δ., 1999. *Οικολογία (Τα φράγματα στον Άραχθο), Γεόγραμμα*, Τεύχος Ιαν-Φεβ.

Borushko, I.S., 1965. Effect of reservoirs on air temperature and humidity of a coast, *Leningrad Gl. Geofiz. Observ. Tr.*, no. 182, 38-49.

Brown, D.M., G.A. McKay, and L.J. Chapman, 1968. The climate of southern Ontario, *Climatol. Stud.* 5, Meteorol. Br., Can. Dep of Environ., Toronto, Ont.

Brutsaert, W., 1982. *Evaporation Into the Atmosphere*, Reidel, Dordrecht.

Changnon, S.A., 1966. Effect of lake Michigan on severe weather, Proceedings of the 9th Conference on Great Lakes Research, *Great Lakes Division Michigan Publ.*, 15, 220-234.

Gilbert, R.O., 1987. *Statistical methods for environmental pollution monitoring*, Van Nostrand Reinhold, New York. Kovacs, Z., 1965. Influence of lake Balaton on the temperature and vapor pressure of air flowing over it, *Idojaras*, 69 (1), 49-51.

Hand, D.W., 1964. Advective effects on evaporation conditions as hot dry air crosses irrigated lucerne, *Empire Journal of Experimental Agriculture*, 32, 253-261.

International Rivers Network, 2002. *Flooding the land, warming the earth*, West Coast Print Center with Solstice Press, Berkeley, (Διαθέσιμο στο Διαδίκτυο στη διεύθυνση <http://www.irn.org>).

Kossawska, U., 1967. Effect of the water surface on temperature and humidity conditions from observations in the lake District in the summer of 1962, *Prace i studia Geograficzne*, 2, 32-62, Warsaw Univ., Warsaw.

Lofgren, B.M. and Y. Zhu, 1999. Seasonal climatology of surface energy fluxes on the Great Lakes, *Great Lakes Environmental Research Laboratory*, Glerl Publ., (Διαθέσιμο στο Διαδίκτυο στη διεύθυνση <http://www.glerl.noaa.gov>).

Maidment, D.R., 1993. *Handbook of Hydrology*, Mc Graw Hill Inc., New York.

Meijninger, W.M.L., and H.A.R. de Bruin, 2000. The sensible heat fluxes over irrigated areas in western Turkey determined with a large aperture scintillometer, *Journal of Hydrology*, 229, 42-49.

National Center for Atmospheric Research, 1966. Assessment of atmospheric effects of lake Nasser, *Int. Ass. Sci. Hydrol. Publ.*, 71, 865-880.

Rodhe, B., 1968. Studies on the effect of lake regulation on local climate, *Swedish Meteorological and Hydrological Institute Medd., Ser. B*, 28, 61-77.

Segal, M., W.E. Schreiber, G. Kallos, J.R. Garratt, A. Rodi, J. Weaver, and R.A. Pielke, 1989. The impact of crop areas in Northeast Colorado on midsummer mesoscale Thermal Circulations, *Monthly Weather Review*, vol. 117, No. 4.

Spiegel, M. R., Μετάφραση Περσίδης Σ. Κ., 1977. *Πιθανότητες και Στατιστική*, 374 σελίδες, Scaum's Outline Series, ΕΣΠΙ, Αθήνα.

Thornthwaite, C.W., 1958. Introduction to arid zone climatology, *Climatology and Microclimatology*, AZR XI, UNESCO, 15-22.

Viculina, Z.A. and E.M Seljuk, 1966. Study of hydrometeorological regime of large reservoirs of the USSR, *Symposium of Garda*, 132-139, Int. Ass. Sci. Hydrol. Publ., 70.