ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΑΡΙΝΟ ΕΞΑΜΗΝΟ 2024-2025

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ»

ΠΑΤΕΔΑΚΗΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ – ΚΡΗΤΗΣ
2025

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΑΡΙΝΟ ΕΞΑΜΗΝΟ 2024-2025

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ»

ΠΑΤΕΔΑΚΗΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ - ΚΡΗΤΗΣ

2025

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Ελένη Κόκκινου

Επιτροπή Αξιολόγησης :

Κόκκινου Ελένη

Κώττη Μελίνα

Καλδέρης Δημήτριος

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ *6*

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ *7*

1.1 Αντικείμενο πτυχιακής εργασίας **7**

1.2 Επεξεργασία περιβαλλοντικών δεδομένων **8**

1.3 Η σημασία της στατιστικής ανάλυσης στα περιβαλλοντικά δεδομένα **8**

1.4 Το JASP στην στατιστική ανάλυση **10**

2. ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ JASP *11*

2.1 Το λογισμικό JASP *11*

2.1.1 Ιστορία, ανάπτυξη και χαρακτηριστικά 11

2.2 Εγκατάσταση και βασική διεπαφή χρήστη **12**

2.2.1 Οδηγίες εγκατάστασης του JASP 12

2.2.2 Η διεπαφή χρήστη του JASP: Απλότητα με δυνατότητες 14

2.3 Βασικές λειτουργίες **17**

2.4 Εξαγωγή αποτελεσμάτων και αναφορών **21**

3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ *22*

3.1 Περιγραφή των δεδομένων **22**

3.1.1 Πηγή δεδομένων 22

3.1.2 Δομή και μεταβλητές των δεδομένων 24

3.2 Στατιστική Ανάλυση στο JASP - Μεθοδολογία **27**

3.2.1 Περιγραφικά στατιστικά μεταβλητών 27

3.2.2 Συσχετίσεις μεταξύ μεταβλητών 28

3.2.3 Principal Component Analysis – Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών 32

4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ *35*

4.1 Συμπεράσματα από τα Περιγραφικά Στατιστικά του Αλμυρού **35**

4.1.1 Συμπεράσματα PCA Αλμυρού 35

4.2 Συμπεράσματα από τα Περιγραφικά Στατιστικά Ετήσιων Βροχοπτώσεων **36**

4.2.1 Συμπεράσματα PCA Βροχόπτωσης 37

5. ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΙ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ *38*

5.1 Συσχέτιση Στάθμης νερού Αλμυρού με χημικές παραμέτρους **38**

5.2 Συσχέτιση Στάθμης νερού Αλμυρού με Ετήσιες βροχοπτώσεις **39**

5.3 Συζήτηση και Συμπεράσματα 42

5.4 Πλεονεκτήματα της χρήσης JASP στην περιβαλλοντική στατιστική 43

5.5 Περιορισμοί - Προτάσεις για μελλοντική έρευνα 44

6. Επίλογος 45

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 46

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο της ολοκλήρωσης των σπουδών μου στο Τμήμα Μηχανικών Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος και πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Χαρτογράφησης Γαιών και Τηλεπισκόπησης του τμήματος Γεωπονίας του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου. Αποτελεί το επιστέγασμα μιας ακαδημαϊκής διαδρομής που με έφερε σε επαφή με ποικίλα επιστημονικά πεδία και με βοήθησε να αντιληφθώ τη σημασία της ολιστικής προσέγγισης στην περιβαλλοντική επιστήμη.

Τώρα, που το έργο έχει ολοκληρωθεί, θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια Κόκκινου Ελένη για την ευκαιρία που μου έδωσε να εργαστώ στο εργαστήριό της. Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω επίσης στα μέλη του εργαστηρίου μου, για το ευχάριστο κλίμα εργασίας, τον υποψήφιο διδάκτορα Ευστράτιο - Γεώργιο Κοκολάκη και την μεταπτυχιακή φοιτήτρια Ματένια Καραγιαννίδου, για την συνεχή καθοδήγηση και το ανιδιοτελές ενδιαφέρον τους. Τέλος, το μεγαλύτερο ευχαριστώ το οφείλω στους ανθρώπους μου …

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία επικεντρώνεται στην επεξεργασία περιβαλλοντικών δεδομένων μέσω του JASP, ενός λογισμικού στατιστικής ανάλυσης ανοιχτού κώδικα.

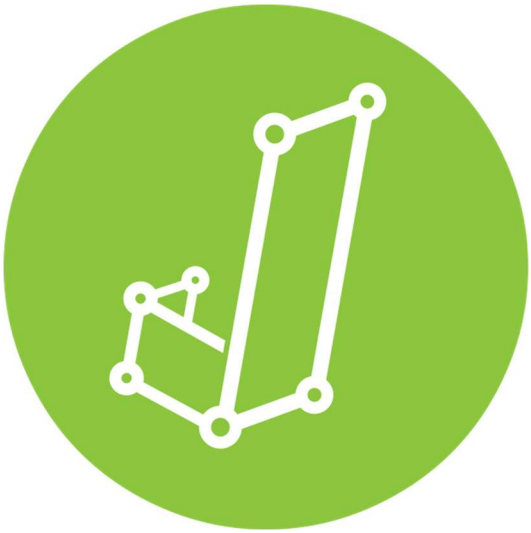
Βασικός στόχος είναι η παρουσίαση του JASP με απλό και προσιτό τρόπο, έτσι ώστε να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο για φοιτητές και ερευνητές στον χώρο των περιβαλλοντικών επιστημών. Παράλληλα, η εργασία επιχειρεί να δείξει στην πράξη πώς μπορούν να εφαρμοστούν βασικές στατιστικές τεχνικές, όπως η ANOVA, η παλινδρόμηση και οι συσχετίσεις, σε πραγματικά περιβαλλοντικά δεδομένα για την εξαγωγή ουσιαστικών και τεκμηριωμένων συμπερασμάτων.

Η εργασία, πέραν της εισαγωγής, διαρθρώνεται σε δύο κύρια μέρη. Στο πρώτο μέρος, παρουσιάζεται το JASP, η φιλοσοφία και η λειτουργικότητά του, καθώς και η εφαρμογή βασικών στατιστικών αναλύσεων. Στο δεύτερο μέρος, πραγματοποιείται ανάλυση πραγματικών περιβαλλοντικών δεδομένων. Βάσει δειγματοληψιών νερού που έλαβαν μέρος στον Αλμυρό ποταμό κοντά στην πόλη του Ηρακλείου, επιτυγχάνονται ορισμένοι συσχετισμοί, συναρτήσει επίσημων μετεωρολογικών δεδομένων που αφορούν την ετήσια βροχόπτωση ανά περιοχές, στην ευρύτερη περιοχή του Ηρακλείου, με στόχο την εξαγωγή αποτελεσμάτων που να είναι κατανοητά και αξιοποιήσιμα. Η εργασία ολοκληρώνεται με την ανάλυση των συσχετισμών, την συζήτηση των ευρημάτων και εν τέλει, την αξιολόγηση του JASP ως εργαλείου περιβαλλοντικής στατιστικής.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αντικείμενο πτυχιακής εργασίας

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει διττό στόχο: αφενός να λειτουργήσει ως ένα πλήρες και κατανοητό εγχειρίδιο χρήσης του JASP, εστιάζοντας σε βασικές και προχωρημένες δυνατότητες που σχετίζονται με την επεξεργασία περιβαλλοντικών δεδομένων· αφετέρου να παρουσιάσει ένα πρακτικό παράδειγμα εφαρμογής, βασισμένο σε πραγματικά περιβαλλοντικά δεδομένα, προκειμένου να καταδειχθεί η χρησιμότητα του λογισμικού στην εξαγωγή έγκυρων και τεκμηριωμένων συμπερασμάτων (Εικ. 1).



Εικόνα 1: JASP Logo. *Wikimedia Commons. (n.d.). JASP logo]. Wikimedia Commons. Retrieved August 19, 2025, from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:JASP_logo.svg*

1.2 Επεξεργασία περιβαλλοντικών δεδομένων

Ζούμε σε μια εποχή όπου οι περιβαλλοντικές προκλήσεις είναι μεγαλύτερες από ποτέ. Η ρύπανση, η κλιματική αλλαγή και η υποβάθμιση των φυσικών πόρων δεν είναι πια θεωρητικά σενάρια, αλλά καθημερινά φαινόμενα που επηρεάζουν τη ζωή μας με άμεσους και έμμεσους τρόπους. Για να μπορέσουμε να κατανοήσουμε σε βάθος αυτά τα φαινόμενα και να πάρουμε σωστές αποφάσεις για το μέλλον, χρειαζόμαστε κάτι βασικό: δεδομένα – και, κυρίως, ανάλυση αυτών των δεδομένων με επιστημονικό τρόπο. Η επεξεργασία περιβαλλοντικών δεδομένων αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία της σύγχρονης περιβαλλοντικής επιστήμης, καθώς επιτρέπει την ποσοτική αποτύπωση και κατανόηση πολύπλοκων φυσικών και ανθρωπογενών φαινομένων. Σήμερα, η τεράστια αύξηση στη διαθεσιμότητα περιβαλλοντικών δεδομένων – είτε μέσω μετρητικών σταθμών, είτε μέσω δορυφορικών συστημάτων, αισθητήρων IoT (Internet of things) ή άλλων τεχνολογικών μέσων, δημιουργεί την ανάγκη για αξιόπιστη και μεθοδική ανάλυση.

Ωστόσο, η ακατέργαστη μορφή των δεδομένων αυτών δεν είναι από μόνη της αρκετή για να οδηγήσει σε χρήσιμα επιστημονικά συμπεράσματα. Είναι απαραίτητη η εφαρμογή στατιστικών τεχνικών ώστε να αναδειχθούν σχέσεις, πρότυπα, και αποκλίσεις, και να στηριχθούν με σαφήνεια περιβαλλοντικές ερμηνείες και προβλέψεις. {1,2,4}

1.3 Η σημασία της στατιστικής ανάλυσης στα περιβαλλοντικά δεδομένα

Η ιδέα για αυτή την πτυχιακή εργασία ξεκίνησε ακριβώς από αυτό το σημείο: την ανάγκη να συνδεθεί η θεωρητική γνώση της στατιστικής, με την πράξη της ανάλυσης περιβαλλοντικών δεδομένων, με έναν προσιτό και αποτελεσματικό τρόπο.

Τα περιβαλλοντικά δεδομένα, όπως οι μετρήσεις ρύπων στην ατμόσφαιρα, οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας ή οι ενδείξεις ποιότητας νερού, συνήθως συλλέγονται σε μεγάλες ποσότητες και μέσα σε πολύπλοκα φυσικά πλαίσια. Η στατιστική ανάλυση έρχεται να οργανώσει αυτά τα δεδομένα, να αποκαλύψει συσχετίσεις που δεν φαίνονται με την πρώτη ματιά και να προσφέρει ουσιαστική κατανόηση για φαινόμενα που σχετίζονται με το περιβάλλον. Χωρίς τη βοήθεια της στατιστικής, η ερμηνεία τέτοιων πληροφοριών θα ήταν αποσπασματική και πιθανώς παραπλανητική. Μέσω κατάλληλων εργαλείων, μπορούμε όχι μόνο να εντοπίσουμε τάσεις και ανωμαλίες στα δεδομένα, αλλά και να διαπιστώσουμε εάν οι αλλαγές που παρατηρούμε είναι τυχαίες ή ερμηνεύσιμες. Για παράδειγμα, η σύγκριση μέσων όρων μεταξύ δύο χρονικών περιόδων μπορεί να δείξει αν μια αύξηση της θερμοκρασίας είναι στατιστικά σημαντική, ενώ οι συσχετίσεις μάς βοηθούν να καταλάβουμε αν μια μεταβολή στην ποιότητα του αέρα σχετίζεται με την κίνηση στους δρόμους ή με καιρικές συνθήκες.

Επιπλέον, η στατιστική αξιολόγηση υποστηρίζει τη διαμόρφωση πολιτικών και δράσεων με επιστημονική τεκμηρίωση. Μια απόφαση για περιορισμό των εκπομπών ρύπων, για παράδειγμα, είναι πολύ πιο πειστική όταν βασίζεται σε σαφή και αξιόπιστα στατιστικά στοιχεία. Έτσι, η στατιστική δεν είναι απλώς ένα τεχνικό εργαλείο, αλλά βασικό μέσο για να μετατρέψουμε τις

μετρήσεις σε γνώση και τη γνώση σε πράξη, με στόχο τη βιώσιμη διαχείριση του φυσικού περιβάλλοντος.

Η στατιστική ανάλυση επιτρέπει τη μελέτη της συμπεριφοράς των μεταβλητών μέσα στον χρόνο ή στον χώρο, την εκτίμηση μέσων όρων και διασπορών, την ανίχνευση ακραίων τιμών ή σφαλμάτων, καθώς και την εξαγωγή συσχετίσεων και αιτιακών σχέσεων. Τεχνικές όπως η περιγραφική στατιστική, η ανάλυση διασποράς (ANOVA), οι έλεγχοι υποθέσεων, οι συσχετίσεις (Pearson, Spearman) και η παλινδρόμηση, επιτρέπουν την αποκάλυψη σημαντικών. Παράλληλα, η χρήση γραφημάτων και στατιστικών διαγραμμάτων διευκολύνει τη διερεύνηση της δομής των δεδομένων και την επικοινωνία των ευρημάτων με σαφή και οπτικά κατανοητό τρόπο. Βέβαια, η στατιστική ανάλυση δεν είναι μία αυτόματη διαδικασία. Απαιτείται σαφής μεθοδολογική προσέγγιση, ώστε τα αποτελέσματα να είναι έγκυρα και χρήσιμα. Τα κύρια βήματα της, περιλαμβάνουν:

1. **Καθορισμός του προβλήματος ή του ερευνητικού ερωτήματος**
    - Ποια είναι η περιβαλλοντική μεταβλητή που μας ενδιαφέρει;
    - Υπάρχει υποψία σχέσης με άλλες παραμέτρους;

2. **Συλλογή και Επεξεργασία δεδομένων**
- Προέλευση δεδομένων (πχ. αισθητήρες, μετρήσεις πεδίου , βάσεις δεδομένων)
- Επιλογή των κατάλληλων μεθόδων συλλογής δεδομένων (π.χ. δειγματοληψία, παρατήρηση, έρευνα).
- Επεξεργασία (π.χ. καθαρισμός, μετατροπή, ανάλυση απωλειών).

3. **Περιγραφική Στατιστική**
- Περιγραφή των βασικών χαρακτηριστικών των δεδομένων, όπως η μέση τιμή, η διακύμανση, η διάμεση, η συχνότητα κ.λπ., χρησιμοποιώντας κατάλληλες στατιστικές μετρήσεις και γραφικές αναπαραστάσεις (π.χ. ιστογράμματα, διαγράμματα διασποράς).

4. **Επιλογή Στατιστικών Μοντέλων**
- Η επιλογή του κατάλληλου στατιστικού μοντέλου εξαρτάται από το ερευνητικό ερώτημα, τον τύπο των δεδομένων και τις υποθέσεις που θέλει να ελεγχθεί (πχ. ANOVA, PCA κλπ.).

5. **Έλεγχος Υποθέσεων**
- Αυτό το βήμα περιλαμβάνει την εκτέλεση στατιστικών ελέγχων για να διερευνηθεί η ύπαρξη στατιστικά σημαντικών σχέσεων μεταξύ μεταβλητών.

6. **Ερμηνεία και Παρουσίαση Αποτελεσμάτων**
- Τι δείχνουν οι συσχετίσεις; Υπάρχουν στατιστικά σημαντικές σχέσεις;
- Παρουσίαση με σαφήνεια και χρήση κατάλληλων διαγραμμάτων/πινάκων.

7. <u>Συμπεράσματα και Προτάσεις</u>

- Ποιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις ή δράσεις προκύπτουν από τα ευρήματα;
- Τέλος, τα συμπεράσματα πρέπει να βασίζονται σε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα και να συνδέονται με το υπό διερεύνηση ερευνητικό ερώτημα. {4,6,11}

Η σωστή εφαρμογή στατιστικής ανάλυσης στα περιβαλλοντικά δεδομένα δεν είναι απλώς ένα τεχνικό βήμα· αποτελεί ουσιαστικό στοιχείο της επιστημονικής τεκμηρίωσης, επηρεάζοντας τις αποφάσεις σε θέματα πολιτικής προστασίας, διαχείρισης φυσικών πόρων, περιβαλλοντικής εκπαίδευσης και έγκαιρης προειδοποίησης. Ωστόσο, πολλοί φοιτητές, ερευνητές και επαγγελματίες του χώρου συχνά δυσκολεύονται να εφαρμόσουν αυτές τις μεθόδους, κυρίως επειδή πολλά στατιστικά εργαλεία είναι είτε πολύπλοκα είτε οικονομικά απρόσιτα.{2,10}

1.4 Το JASP στην στατιστική ανάλυση

Μια ενδιαφέρουσα λύση στο προαναφερθέν πρόβλημα προσφέρει το JASP: ένα ελεύθερο, ανοικτού κώδικα στατιστικό λογισμικό που έχει σχεδιαστεί για να είναι εύχρηστο, φιλικό προς τον χρήστη και ταυτόχρονα επιστημονικά αξιόπιστο. Το JASP συνδυάζει ένα καθαρό και απλό περιβάλλον με πλήθος στατιστικών δυνατοτήτων, κάνοντάς το ιδανικό εργαλείο για εκπαιδευτικούς σκοπούς, αλλά και για ουσιαστική ανάλυση δεδομένων σε επαγγελματικό πλαίσιο (Εικ. 2).



Εικόνα 2: JASP Logo, https://github.com/jasp-stats/jasp-desktop.

2. ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ JASP

2.1 Το λογισμικό JASP

Το JASP (Jeffreys's Amazing Statistics Program) αποτελεί ένα καινοτόμο λογισμικό ανοιχτού κώδικα για στατιστική ανάλυση, το οποίο αναπτύσσεται από το University of Amsterdam και έχει ως βασική φιλοσοφία την απλοποίηση της στατιστικής επεξεργασίας χωρίς να θυσιάζεται η επιστημονική αυστηρότητα. Η δημιουργία του JASP βασίστηκε στην ανάγκη για ένα εργαλείο που θα γεφύρωνε το χάσμα μεταξύ θεωρητικής στατιστικής και πρακτικής εφαρμογής, ιδίως για χρήστες που δεν διαθέτουν εμπειρία σε προγραμματιστικά περιβάλλοντα όπως το R ή το Python.{1}

Η ανάπτυξή του ξεκίνησε γύρω στο 2015 και από τότε εξελίσσεται συνεχώς, με την κοινότητα των χρηστών και των συντελεστών να συμβάλλει ενεργά στην προσθήκη νέων λειτουργιών. Το JASP υποστηρίζει τόσο παραμετρικές όσο και μη παραμετρικές αναλύσεις, περιλαμβάνει bayesian στατιστική και ενσωματώνει σύγχρονα εργαλεία οπτικοποίησης των δεδομένων. Παράλληλα, προσφέρει υποστήριξη για την αυτόματη δημιουργία πίνακα αποτελεσμάτων σε μορφή APA, δηλαδή σύμφωνα με το **American Psychological Association style**. Το APA αποτελεί διεθνώς αναγνωρισμένο πρότυπο συγγραφής και παρουσίασης επιστημονικών εργασιών, που καθορίζει συγκεκριμένους κανόνες για τη μορφοποίηση κειμένου, τη δομή αναφορών και βιβλιογραφίας, καθώς και την παρουσίαση πινάκων και σχημάτων, εξασφαλίζοντας έτσι συνέπεια, σαφήνεια και επιστημονική εγκυρότητα, γεγονός που το καθιστά ιδανικό για επιστημονικές εργασίες και δημοσιεύσεις.

2.1.1 Ιστορία, ανάπτυξη και χαρακτηριστικά

Το JASP ξεκίνησε να αναπτύσσεται από το Πανεπιστήμιο του Άμστερνταμ (University of Amsterdam), από μια ερευνητική ομάδα του Τμήματος Ψυχολογίας, υπό την καθοδήγηση του καθηγητή Eric-Jan Wagenmakers. Η ανάγκη για ένα εργαλείο που θα έκανε τη στατιστική πιο προσβάσιμη στους φοιτητές και στους ερευνητές, ιδιαίτερα στο χώρο των κοινωνικών και συμπεριφορικών επιστημών, οδήγησε στη δημιουργία του JASP. Το όνομα του προγράμματος είναι αφιερωμένο στον Harold Jeffreys (1891–1989), έναν Βρετανό μαθηματικό, φυσικό και στατιστικό, γνωστό για τη θεμελιώδη συνεισφορά του στη Bayesιανή στατιστική. Η επιλογή του ονόματός του συμβολίζει τη φιλοδοξία του λογισμικού να ενσωματώσει και να εκλαϊκεύσει τις Bayesιανές μεθόδους ανάλυσης, κάτι που απουσίαζε από πολλά υπάρχοντα στατιστικά εργαλεία. Η πρώτη δημόσια έκδοση του JASP κυκλοφόρησε γύρω στο 2015. Από τότε, η ανάπτυξή του είναι συνεχής και ανοιχτή, με συχνές ενημερώσεις, προσθήκη νέων λειτουργιών και διορθώσεις σφαλμάτων. Η κοινότητα χρηστών και προγραμματιστών που το υποστηρίζει περιλαμβάνει ακαδημαϊκούς από

διάφορους τομείς, από ψυχολογία και κοινωνιολογία μέχρι επιστήμες υγείας και περιβαλλοντικές επιστήμες.

Το JASP σχεδιάστηκε ως απάντηση στις αδυναμίες άλλων στατιστικών λογισμικών, όπως η δυσκολία χρήσης του SPSS, η πολυπλοκότητα του R και η απουσία καλού γραφικού περιβάλλοντος σε εργαλεία όπως το Jamovi ή το Python. Ένα από τα βασικά του πλεονεκτήματα είναι ότι συνδυάζει ευχρηστία με επιστημονική ακρίβεια: προσφέρει αυτόματη μορφοποίηση αποτελεσμάτων κατά APA, υποστήριξη για Bayesιανές αναλύσεις, και σύστημα «drag-and-drop» για εύκολη επιλογή μεταβλητών και παραμέτρων.

Σήμερα, το JASP χρησιμοποιείται ευρέως στην πανεπιστημιακή εκπαίδευση, σε μαθήματα στατιστικής, μεθοδολογίας και ανάλυσης δεδομένων. Η διάδοσή του υποστηρίζεται επίσης από τη διαθεσιμότητα οδηγών, εκπαιδευτικών βίντεο και κοινοτήτων υποστήριξης, καθιστώντας το ένα από τα πιο προσιτά και δημοφιλή στατιστικά εργαλεία ελεύθερης χρήσης.

Βασικά χαρακτηριστικά του JASP περιλαμβάνουν:

- Ελεύθερη διάθεση και συνεχείς αναβαθμίσεις
- Φιλικό γραφικό περιβάλλον (GUI)
- Εύκολη εισαγωγή και επεξεργασία αρχείων δεδομένων (CSV, SAV, XLSX)
- Εκτεταμένη βιβλιοθήκη με στατιστικές μεθόδους και τεχνικές
- Δυνατότητα bayesian ανάλυσης
- Αυτόματη παραγωγή αποτελεσμάτων συμβατών με APA
- Δυνατότητα οπτικοποίησης δεδομένων με γραφήματα υψηλής ποιότητας

Το JASP, σε αντίθεση με πιο σύνθετα λογισμικά, επιτρέπει την εστίαση στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων, κάτι ιδιαίτερα χρήσιμο για τους φοιτητές και τους ερευνητές των περιβαλλοντικών επιστημών, όπου η ανάλυση δεδομένων αποτελεί μέσο και όχι αυτοσκοπό.

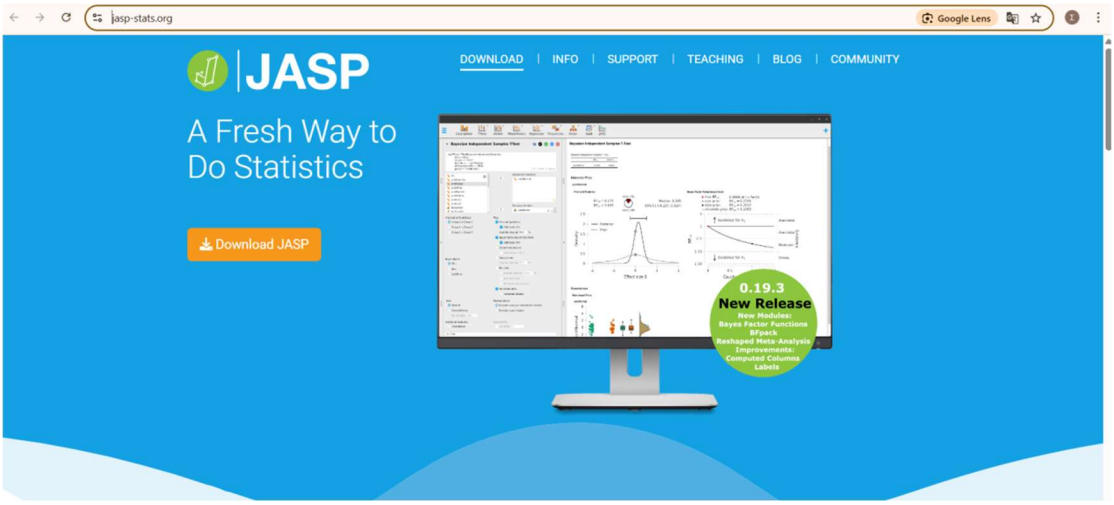
2.2 Εγκατάσταση και βασική διεπαφή χρήστη

2.2.1 Οδηγίες εγκατάστασης του JASP

Η εγκατάσταση του JASP είναι μια διαδικασία απλή και προσβάσιμη ακόμη και για χρήστες χωρίς τεχνικό υπόβαθρο. Το λογισμικό είναι διαθέσιμο δωρεάν μέσω της επίσημης ιστοσελίδας του (https://jasp-stats.org), και υποστηρίζει τα πιο διαδεδομένα λειτουργικά συστήματα, όπως τα Windows, το macOS και το Linux.

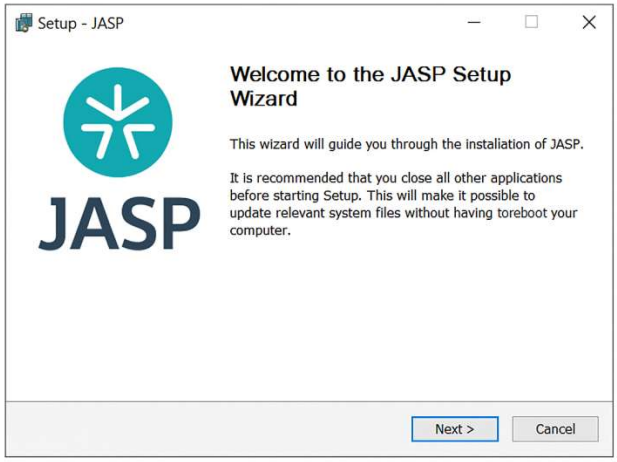
Για να εγκατασταθεί σωστά το JASP, ακολουθούνται συνήθως τα εξής βήματα:

- **Επίσκεψη στην ιστοσελίδα του JASP**
  Ο χρήστης πλοηγείται στην αρχική σελίδα της πλατφόρμας και εντοπίζει το κουμπί "Download" (Εικ. 3).



Εικόνα 3: Αρχική σελίδα εγκατάστασης JASP. JASP - a fresh way to do statistics. (2025, July 28). JASP - Free and User-Friendly Statistical Software. https://jasp-stats.org/ .

- **Επιλογή λειτουργικού συστήματος**
  Το JASP προσφέρει εκδόσεις ειδικά διαμορφωμένες για Windows, macOS και Linux. Η επιλογή της σωστής έκδοσης είναι καθοριστική για την ομαλή λειτουργία του.
- **Λήψη και εκτέλεση του αρχείου εγκατάστασης**
  Το αρχείο εγκατάστασης (συνήθως .exe για Windows ή .dmg για Mac) κατεβαίνει στον υπολογιστή και, με διπλό κλικ, ξεκινά η καθοδηγούμενη διαδικασία εγκατάστασης.
- **Βήματα εγκατάστασης**
  Η εγκατάσταση ακολουθεί τη γνωστή λογική "επόμενο - αποδοχή - εγκατάσταση - ολοκλήρωση", χωρίς την απαίτηση για παραμετροποιήσεις ή σύνθετες επιλογές από τον χρήστη (Εικ. 4).



Εικόνα 4: JASP Setup.

- **Εκκίνηση του προγράμματος**
  Μετά την ολοκλήρωση της εγκατάστασης, το JASP μπορεί να ξεκινήσει είτε από τη συντόμευση στην επιφάνεια εργασίας είτε από το μενού "Έναρξη" (στα Windows).

Η εγκατάσταση δεν απαιτεί γνώσεις προγραμματισμού, ενώ το πρόγραμμα λειτουργεί αυτόνομα – δεν χρειάζεται υποστήριξη από άλλες βιβλιοθήκες ή λογισμικά, όπως συμβαίνει σε άλλα στατιστικά εργαλεία (π.χ. R ή Python).{1}

2.2.2 Η διεπαφή χρήστη του JASP: Απλότητα με δυνατότητες

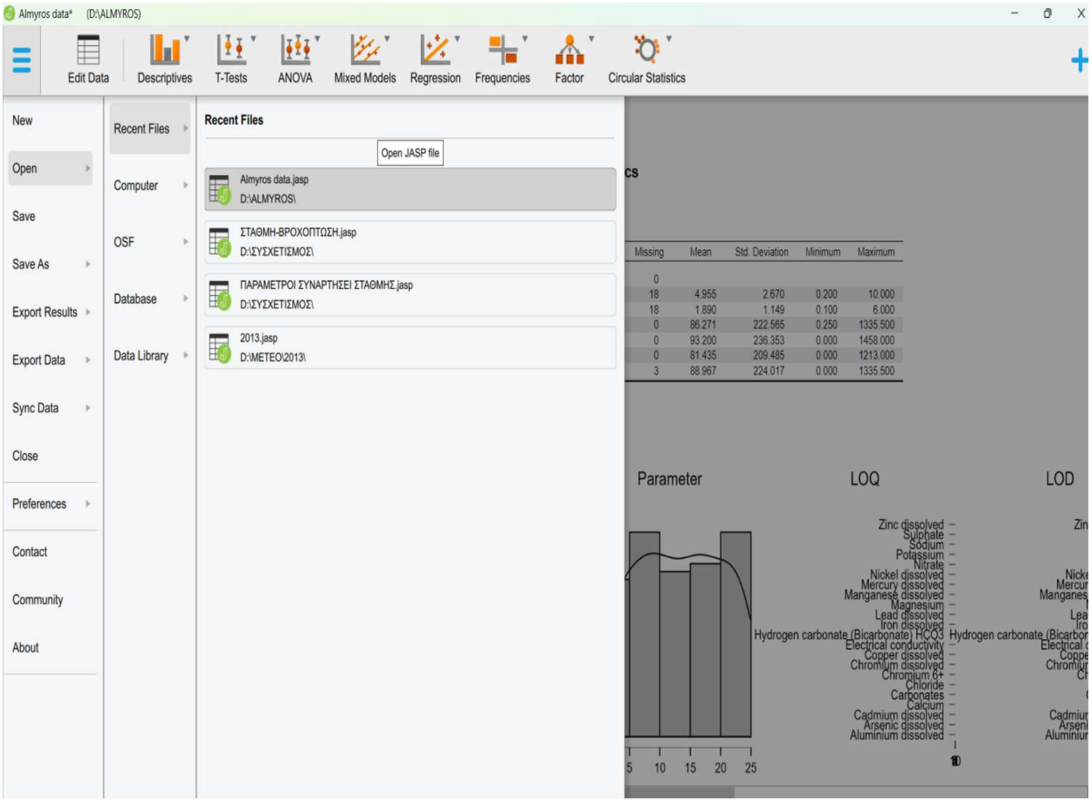
Το περιβάλλον εργασίας του JASP αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματά του. Είναι σχεδιασμένο με στόχο την ευχρηστία, ώστε ακόμη και αρχάριοι χρήστες να μπορούν να εκτελέσουν βασικές και σύνθετες στατιστικές αναλύσεις χωρίς δυσκολία.

Τα βασικά στοιχεία της διεπαφής περιλαμβάνουν:

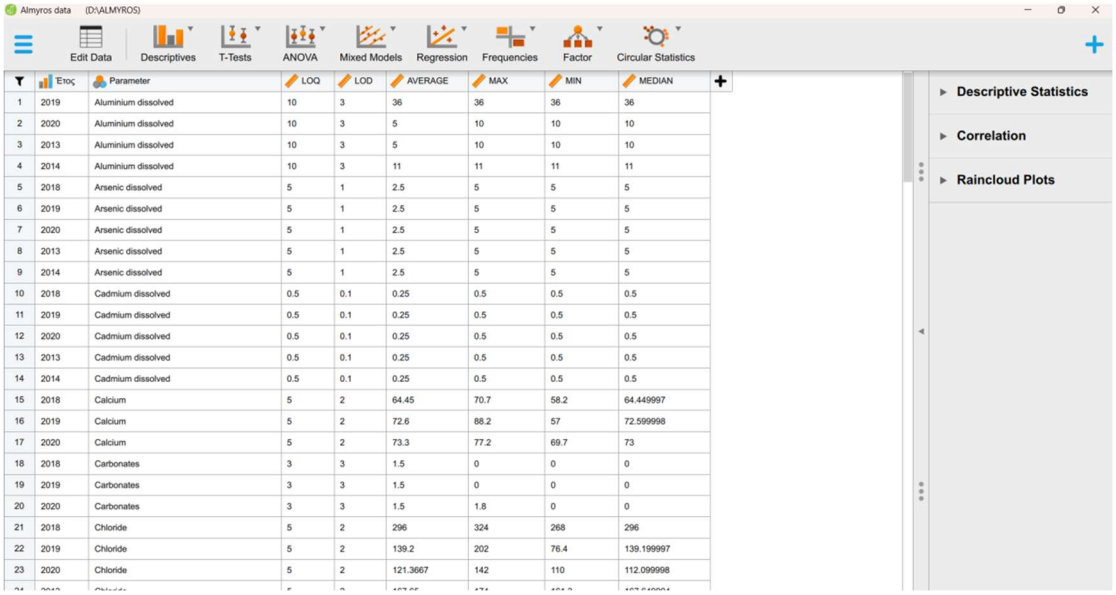
- **Αριστερός πίνακας δεδομένων (Data Panel):**

  Εδώ εμφανίζονται οι μεταβλητές και οι παρατηρήσεις του αρχείου δεδομένων που έχει φορτωθεί (Εικ. 5). Το JASP υποστηρίζει διατάξεις όπως CSV, .sav (SPSS), .ods (OpenDocument),

αλλά και αρχεία Excel. Ο χρήστης μπορεί να τροποποιήσει ονομασίες, τύπους μεταβλητών (π.χ. ποιοτική/ποσοτική) και να ορίσει ετικέτες (Εικ. 6).



Εικόνα 5: Εισαγωγή Δεδομένων.

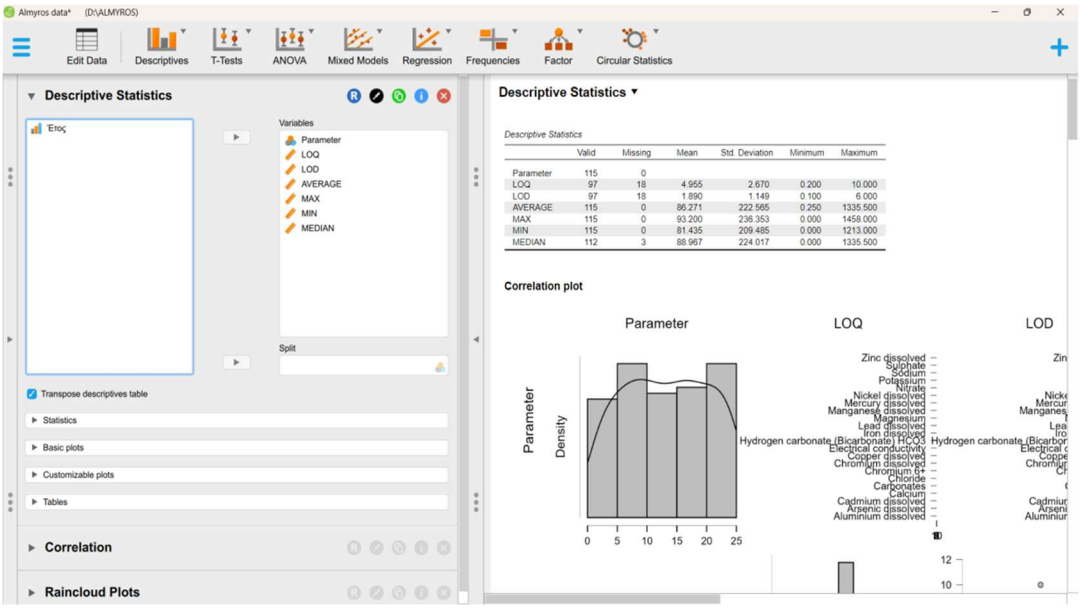


	Έτος	Parameter	LOQ	LOD	AVERAGE	MAX	MIN	MEDIAN
1	2019	Aluminium dissolved	10	3	36	36	36	36
2	2020	Aluminium dissolved	10	3	5	10	10	10
3	2013	Aluminium dissolved	10	3	5	10	10	10
4	2014	Aluminium dissolved	10	3	11	11	11	11
5	2018	Arsenic dissolved	5	1	2.5	5	5	5
6	2019	Arsenic dissolved	5	1	2.5	5	5	5
7	2020	Arsenic dissolved	5	1	2.5	5	5	5
8	2013	Arsenic dissolved	5	1	2.5	5	5	5
9	2014	Arsenic dissolved	5	1	2.5	5	5	5
10	2018	Cadmium dissolved	0.5	0.1	0.25	0.5	0.5	0.5
11	2019	Cadmium dissolved	0.5	0.1	0.25	0.5	0.5	0.5
12	2020	Cadmium dissolved	0.5	0.1	0.25	0.5	0.5	0.5
13	2013	Cadmium dissolved	0.5	0.1	0.25	0.5	0.5	0.5
14	2014	Cadmium dissolved	0.5	0.1	0.25	0.5	0.5	0.5
15	2018	Calcium	5	2	64.45	70.7	58.2	64.449997
16	2019	Calcium	5	2	72.6	88.2	57	72.599998
17	2020	Calcium	5	2	73.3	77.2	69.7	73
18	2018	Carbonates	3	3	1.5	0	0	0
19	2019	Carbonates	3	3	1.5	0	0	0
20	2020	Carbonates	3	3	1.5	1.8	0	0
21	2018	Chloride	5	2	296	324	268	296
22	2019	Chloride	5	2	139.2	202	76.4	139.199997
23	2020	Chloride	5	2	121.3667	142	110	112.099998

Εικόνα 6: Data Panel.

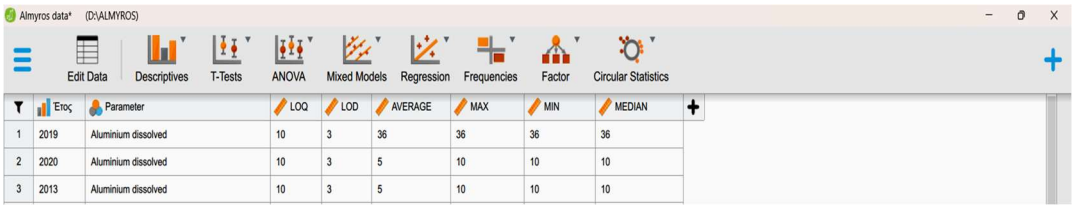
- **Κεντρικός χώρος αποτελεσμάτων (Results Panel):**

- Το πιο χαρακτηριστικό στοιχείο της εφαρμογής. Κάθε φορά που εκτελείται μία στατιστική ανάλυση, τα αποτελέσματα εμφανίζονται αυτόματα σε αυτό το παράθυρο, διαδοχικά και οργανωμένα. Ο χρήστης μπορεί να αφαιρέσει, να προσθέσει, να μετακινήσει ή να τροποποιήσει τις εξόδους, όπως σε ένα έγγραφο παρουσίασης (Εικ. 7).



Εικόνα 7: Results Panel.

- **Άνω μενού επιλογών (Top Toolbar):**
  Από εδώ ενεργοποιούνται οι διάφορες λειτουργίες του JASP. Οι βασικές ενότητες περιλαμβάνουν (Εικ. 8):
  - *Descriptives:* περιγραφικά στατιστικά στοιχεία.
  - *T-tests, ANOVA, Regression, Correlation:* βασικές και σύνθετες αναλύσεις.
  - *Machine Learning, SEM, Factor:* πιο εξειδικευμένα μοντέλα.
  - *Data:* δυνατότητες για φιλτράρισμα, υπολογισμούς νέων μεταβλητών, ή διαχείριση ελλιπών τιμών.

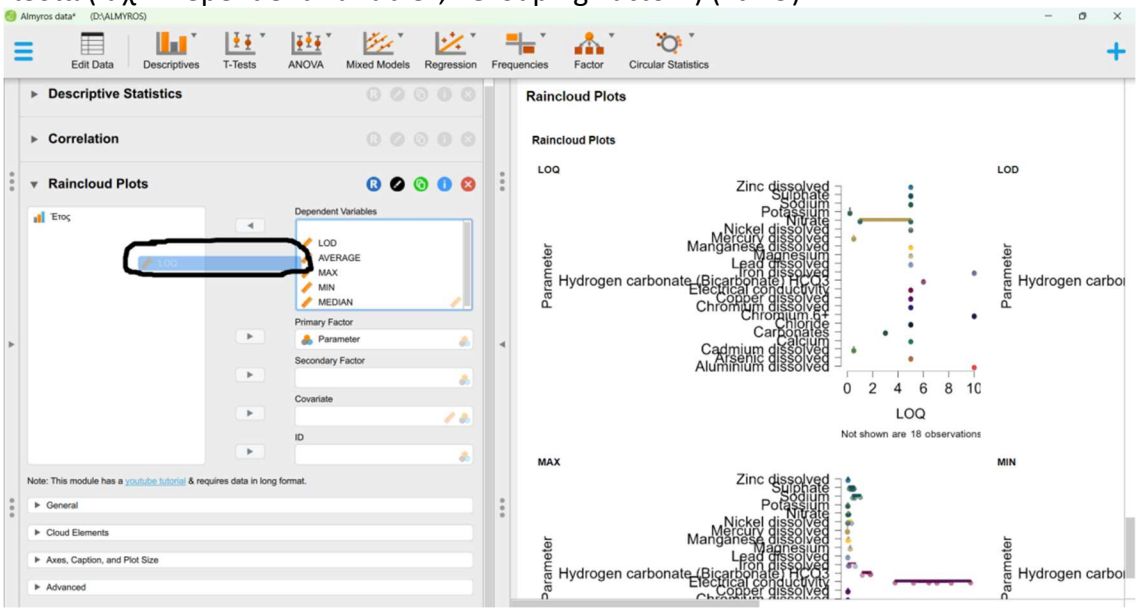


Εικόνα 8: Top Toolbar.

- **Δυναμική ενημέρωση των αποτελεσμάτων:**
  Κάθε αλλαγή στις ρυθμίσεις (π.χ. τιμές, επιλογές εξόδου, μέθοδοι) ανανεώνει αυτόματα τα αποτελέσματα στον κεντρικό χώρο, δίνοντας άμεση ανατροφοδότηση στον χρήστη.
- **Συγχρονισμός δεδομένων και αρχείων:**
  Το JASP επιτρέπει την αποθήκευση της πλήρους ανάλυσης σε αρχεία .jasp, τα οποία μπορούν να ανοίξουν αργότερα με όλα τα δεδομένα και τα αποτελέσματα στη θέση τους.

Χαρακτηριστικά διεπαφής που ξεχωρίζουν:

- **Drag-and-drop** επιλογές:
  Ο χρήστης επιλέγει μεταβλητές για ανάλυση με απλό σύρσιμο και απόθεση στα αντίστοιχα πεδία (π.χ. “Dependent Variable”, “Grouping Factor’’) (Εικ. 9).



Εικόνα 9: Drug and Drop choice.

- **Επαγγελματική παρουσίαση εξόδου:**
  Οι πίνακες αποτελεσμάτων είναι καθαροί, εύκολοι στην ανάγνωση και συμβατοί με τις οδηγίες της APA, ιδανικοί για ένταξη σε επιστημονικές εκθέσεις.
- **Πολυγλωσσική υποστήριξη:**
  Αν και το JASP διατίθεται κυρίως στα Αγγλικά, υπάρχουν προσπάθειες για μετάφραση της διεπαφής και σε άλλες γλώσσες, περιλαμβανομένων και ορισμένων Ελληνικών όρων.

Όλες οι φωτογραφίες ελήφθησαν κατά τη διάρκεια εγκατάστασης του προγράμματος.

2.3 Βασικές λειτουργίες

- **<u>Περιγραφική στατιστική</u>**

Η περιγραφική στατιστική στο JASP είναι η διαδικασία με την οποία αποκτούμε μια γενική αλλά ουσιαστική εικόνα των δεδομένων, πριν προβούμε σε πιο εξειδικευμένες αναλύσεις. Η χρήση της είναι καθοριστική, επειδή επιτρέπει στον ερευνητή να κατανοήσει βασικά χαρακτηριστικά του δείγματος, να εντοπίσει πιθανά σφάλματα ή ακραίες τιμές και να λάβει αποφάσεις για τα επόμενα βήματα της ανάλυσης.

- Τι περιλαμβάνει στο JASP:

- ✓ **Κεντρικές τάσεις**: μέσος όρος, διάμεσος, επικρατούσα τιμή (modus).
- ✓ **Διασπορά**: τυπική απόκλιση, διακύμανση, εύρος τιμών, τεταρτημόρια.
- ✓ **Κατανομή**: συμμετρία (skewness), κύρτωση (kurtosis), συχνότητες.
- ✓ **Γραφήματα**: ιστόγραμμα, boxplot, frequency tables.

- Στην πράξη, στο JASP:

1. Επιλέγεις το αρχείο δεδομένων.
2. Μεταβαίνεις στο μενού “Descriptives”.
3. Επιλέγεις τις μεταβλητές που σε ενδιαφέρουν και τα στατιστικά που θέλεις να υπολογιστούν.
4. Ενεργοποιείς επιλογές για διαγράμματα και ομαδοποιήσεις (π.χ. κατά φύλο, περιοχή, χρόνο).

Τα αποτελέσματα προβάλλονται σε πίνακες με πλήρη σύνοψη στατιστικών για κάθε μεταβλητή και γραφήματα που προσαρμόζονται αυτόματα καθώς αλλάζεις παραμέτρους.

- **<u>Ανάλυση διακύμανσης (ANOVA)</u>**

Η ανάλυση διακύμανσης στο JASP είναι μια βασική στατιστική μέθοδος που χρησιμοποιείται για να εξεταστεί αν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων τριών ή περισσότερων ανεξάρτητων ομάδων. Πρόκειται για ένα εργαλείο που απαντά στο ερώτημα: *<u>είναι οι διαφορές που παρατηρούνται στους μέσους όρους των ομάδων αποτέλεσμα τυχαίας διακύμανσης ή υπάρχουν πραγματικές στατιστικές διαφορές;</u>* Στο JASP, η εκτέλεση της ANOVA γίνεται μέσω ενός διαισθητικού περιβάλλοντος**.** Ο χρήστης αρχικά επιλέγει την εξαρτημένη μεταβλητή (αυτή που μελετάμε), έπειτα ορίζει μία ή περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές και τέλος καθορίζει το είδος της ANOVA (μονοπαραγοντική, πολυπαραγοντική, επαναλαμβανόμενων μετρήσεων). Το JASP επιστρέφει αυτόματα πίνακα ANOVA με τιμές F, p-value, μέγεθος επίδρασης (effect size, π.χ. partial η^2) και γραφήματα όπως για παράδειγμα γραφήματα μέσων τιμών με διαστήματα εμπιστοσύνης.

- **<u>Συσχετίσεις (Pearson, Spearman)</u>**

Οι συσχετίσεις στο JASP αναφέρονται στις στατιστικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται για να εξεταστεί η σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών**.** Η συσχέτιση μετράει **το βαθμό και την κατεύθυνση της σχέσης** μεταξύ δύο μεταβλητών:

- Όταν αυξάνεται η μία και αυξάνεται και η άλλη → θετική συσχέτιση.

- Όταν αυξάνεται η μία και μειώνεται η άλλη → αρνητική συσχέτιση.
- Όταν δεν υπάρχει σταθερή σχέση → μηδενική συσχέτιση.

Τύποι συσχετίσεων που προσφέρει το JASP:

- ***Pearson's (r):*** Για συνεχείς μεταβλητές με γραμμική σχέση και κανονική κατανομή. Παράδειγμα: Η συσχέτιση θερμοκρασίας και επιπέδου όζοντος στην ατμόσφαιρα.
- ***Spearman's (ρ):*** Μη παραμετρικός δείκτης, ιδανικός για μη κανονικά κατανεμημένα ή ιεραρχημένα δεδομένα. Παράδειγμα: Συσχέτιση μεταξύ κατατάξεων ρύπανσης σε διαφορετικές περιοχές.
- ***Kendall's tau***: (πιο σπάνια στο JASP): Για μικρά δείγματα ή όταν έχουμε πολλαπλές ισοβαθμίες.

Η διεπαφή του JASP καθιστά εύκολη την επιλογή πολλών μεταβλητών ταυτόχρονα, ενώ τα αποτελέσματα εμφανίζονται με διαγράμματα συσχέτισης, πίνακες με τιμές r και p, και επιπλέον επιλογές όπως heatmaps για οπτική αναπαράσταση.

- **<u>Παλινδρόμηση</u>**

Στο JASP, η παλινδρόμηση αποτελεί ένα βασικό εργαλείο που χρησιμοποιείται για τη μοντελοποίηση και πρόβλεψη της σχέσης μεταξύ μιας εξαρτημένης (ανταποκρινόμενης) μεταβλητής και μίας ή περισσότερων ανεξάρτητων (προβλεπτικών) μεταβλητών.

- ***Απλή Γραμμική Παλινδρόμηση****:* Μοντελοποιεί τη σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών, π.χ. η θερμοκρασία προβλέπεται από την ηλιακή ακτινοβολία.
- ***Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση****:* Συμπεριλαμβάνει περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές. Π.χ. η συγκέντρωση ρύπων ως συνάρτηση της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της έντασης του ανέμου.
- ***Παλινδρόμηση με Οροφές & Αλληλεπιδράσεις****:* Επιτρέπει την προσθήκη τετραγωνικών όρων ή την ανάλυση της επίδρασης μιας μεταβλητής που εξαρτάται από μια άλλη (interactions).
- ***Bayesιανή Παλινδρόμηση****:* Παρέχει εκτίμηση με χρήση πιθανοτήτων, ειδικά όταν θέλουμε να ενσωματώσουμε προηγούμενη γνώση ή να αντιμετωπίσουμε την αβεβαιότητα διαφορετικά από την κλασική στατιστική.

Οι χρήστες μπορούν να παρακολουθούν την τιμή του R^2, η οποία αποτυπώνει το ποσοστό της μεταβλητότητας που εξηγείται από το μοντέλο. Επίσης, το JASP παρέχει τους συντελεστές παλινδρόμησης με τα αντίστοιχα t-tests και p-values, ώστε να αξιολογείται η σημασία κάθε προβλεπτικής μεταβλητής. Επιπλέον, παρέχονται γραφήματα καταλοίπων (residual plots), έλεγχοι πολυσυγγραμμικότητας (VIF), και διαγράμματα διάγνωσης που ενισχύουν τη δυνατότητα εντοπισμού ασυμβατότητας με τις υποθέσεις της γραμμικής παλινδρόμησης.

- **<u>Έλεγχοι υποθέσεων</u>**

Οι έλεγχοι υποθέσεων στο JASP αποτελούν ένα θεμελιώδες εργαλείο στατιστικής επεξεργασίας, που δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να επιβεβαιώσει ή να απορρίψει υποθέσεις σχετικά με τα δεδομένα του. Στην πράξη, αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να αξιολογήσουμε αν οι παρατηρούμενες

διαφορές ή σχέσεις σε ένα δείγμα έχουν στατιστική σημασία ή εάν είναι πιθανό να προέκυψαν τυχαία. Ο έλεγχος υποθέσεων αφορά τη σύγκριση μιας **μηδενικής υπόθεσης (H_0)**, η οποία δηλώνει ότι δεν υπάρχει κάποια επίδραση ή διαφορά, με μια **εναλλακτική υπόθεση (H_1)**, που δηλώνει το αντίθετο. Ο στόχος είναι να αποφασίσουμε, με βάση τα δεδομένα, αν θα απορρίψουμε ή όχι τη μηδενική υπόθεση. Το JASP προσφέρει μία ολοκληρωμένη πλατφόρμα για τον έλεγχο στατιστικών υποθέσεων, προσαρμοσμένη στις ανάγκες τόσο των παραμετρικών όσο και των μη παραμετρικών αναλύσεων. Υποστηρίζονται:

- ***T-tests (Παραμετρικοί έλεγχοι):***

✓ *One-sample t-test:* Ελέγχει αν ο μέσος όρος ενός δείγματος διαφέρει από μια γνωστή τιμή.
✓ *Independent samples t-test:* Συγκρίνει τους μέσους όρους μεταξύ δύο ανεξάρτητων ομάδων.
✓ *Paired samples t-test*: Χρησιμοποιείται όταν οι μετρήσεις προέρχονται από το ίδιο άτομο ή αντικείμενο σε δύο χρονικές στιγμές.

- ***Μη παραμετρικοί έλεγχοι (για δεδομένα που δεν πληρούν παραμετρικές προϋποθέσεις):***

✓ *Mann-Whitney U:* Αντίστοιχο του independent t-test, αλλά δεν απαιτεί κανονική κατανομή.
✓ *Wilcoxon signed-rank:* Εναλλακτική του paired t-test, για ζεύγη μη παραμετρικών δεδομένων.

Κάθε έλεγχος συνοδεύεται από αυτόματη δημιουργία πίνακα αποτελεσμάτων, οπτικοποιήσεις (π.χ. confidence intervals, distributions), καθώς και υπολογισμούς του effect size, όπως Cohen's d,), που δείχνει το μέγεθος της διαφοράς – όχι μόνο αν υπάρχει, αλλά και πόσο σημαντική είναι πρακτικά.

➢ **<u>Οπτικοποιήσεις</u>**

Οι οπτικοποιήσεις στο JASP αποτελούν ένα από τα πιο ισχυρά και φιλικά εργαλεία για την κατανόηση και την παρουσίαση των δεδομένων. Δεν πρόκειται απλώς για διακοσμητικά στοιχεία, αλλά για αναγκαία μέσα που βοηθούν στη διάγνωση τάσεων, αποκλίσεων, και δομών μέσα στο σύνολο των δεδομένων. Οι οπτικοποιήσεις ή διαγράμματα στο JASP είναι αυτόματα ή χειροκίνητα δημιουργούμενες γραφικές αναπαραστάσεις που συνοδεύουν σχεδόν κάθε στατιστική ανάλυση. Παρέχουν τη δυνατότητα να δούμε πώς κατανέμονται τα δεδομένα, ποιες ομάδες διαφέρουν, ποιες μεταβλητές σχετίζονται, ή αν υπάρχουν εξαιρέσεις και ανωμαλίες.

Τύποι διαγραμμάτων:

- ***Histogram*** *(Ιστόγραμμα):* Δείχνει την κατανομή μιας συνεχούς μεταβλητής.
- ***Boxplot*** *(Διάγραμμα κουτιού):* Εξαιρετικό για τον εντοπισμό διάμεσων, τεταρτημορίων και ακραίων τιμών.
- ***Bar Plot*** *(Ραβδόγραμμα):* Ιδανικό για κατηγορικές μεταβλητές και σύγκριση συχνοτήτων.
- ***Scatter Plot*** *(Διάγραμμα διασποράς*): Για την απεικόνιση συσχετίσεων μεταξύ δύο μεταβλητών.
- ***Density Plot*** *(Καμπύλες πυκνότητας):* Εναλλακτικό των ιστογραμμάτων για πιο λείες απεικονίσεις κατανομών.
- ***QQ Plot:*** Για την αξιολόγηση της κανονικότητας.

Οι χρήστες μπορούν να προσαρμόσουν τον τύπο και την εμφάνιση των διαγραμμάτων, να επιλέξουν συγκεκριμένες μεταβλητές, να χρωματίσουν δεδομένα βάσει κατηγορίας και να εξάγουν γραφήματα σε μορφές εικόνας για επιστημονική χρήση. Η διαδραστική φύση του περιβάλλοντος του JASP καθιστά τη δημιουργία γραφημάτων άμεση και προσαρμόσιμη ανάλογα με τις ανάγκες του εκάστοτε έργου.

2.4 Εξαγωγή αποτελεσμάτων και αναφορών

Η εξαγωγή αποτελεσμάτων/αναφορών στο JASP μπορεί να επιτευχθεί με τους εξής τρόπους:

- **Αυτόματη Ενημέρωση Πινάκων και Γραφημάτων**
  - Καθώς ο χρήστης προσθέτει επιλογές ή αναλύσεις, το JASP δημιουργεί αυτόματα έναν οργανωμένο πίνακα εξόδου στα δεξιά της οθόνης.
  - Οι πίνακες, τα διαγράμματα και τα σχόλια παραμένουν διαδοχικά οργανωμένα, σαν να αποτελούν ενιαία αναφορά.
- **Αποθήκευση του Αποτελέσματος σε Αρχείο JASP (.jasp)**
  - Μπορείς να αποθηκεύσεις όλη τη συνεδρία, περιλαμβανομένων των αναλύσεων, επιλογών, μεταβλητών και εξόδου, ώστε να επανέλθεις αργότερα.
  - Επιλογή: File > Save As.
- **Εξαγωγή σε HTML, PDF**
  - Επιλέγεις το κουμπί **"Export"** στο επάνω μέρος του παραθύρου εξόδου.
  - Οι διαθέσιμες μορφές εξαγωγής είναι:
    - **PDF**: κατάλληλο για αναφορές και εκτύπωση.
    - **HTML**: εύχρηστο για διαμοιρασμό ή ενσωμάτωση σε ιστοσελίδες.
    - **LaTeX**: ιδανικό για ακαδημαϊκά έγγραφα.
- **Αντιγραφή και Επικόλληση Επιλεγμένων Στοιχείων**
  - Οποιοδήποτε μέρος της ανάλυσης (πίνακες, γραφήματα, αποτελέσματα) μπορεί να επιλεγεί, δεξί κλικ → Copy image ή Copy text, και να επικολληθεί σε Word, PowerPoint κ.λπ.
- **Εξαγωγή Γραφημάτων ως Εικόνες**
  - Δεξί κλικ πάνω σε ένα γράφημα → Save image as....
  - Οι εικόνες αποθηκεύονται συνήθως ως .png ή .svg, με υψηλή ανάλυση για χρήση σε επιστημονικά άρθρα ή παρουσιάσεις.

3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

3.1 Περιγραφή των δεδομένων

Στο δεύτερο μέρος της παρούσας πτυχιακής, έγινε χρήση δυο διαφορετικών συνόλων πραγματικών δεδομένων. Βάσει επίσημων δειγματοληψιών νερού που έλαβαν μέρος στον Αλμυρό ποταμό κοντά στην πόλη του Ηρακλείου, επιτυγχάνονται ορισμένοι συσχετισμοί, συναρτήσει επίσημων μετεωρολογικών δεδομένων που αφορούν την ετήσια βροχόπτωση ανά περιοχές, στην ευρύτερη περιοχή του Ηρακλείου, με στόχο την εξαγωγή αποτελεσμάτων που να είναι κατανοητά και αξιοποιήσιμα.

3.1.1 Πηγή δεδομένων

Η παρούσα μελέτη στο πρώτο σκέλος της, εστιάζει στον Αλμυρό Ποταμό (ή Ρεύμα Αλμυρού) (Εικ. 10), έναν παράκτιο καρστικό σχηματισμό στη δυτική πλευρά του νομού Ηρακλείου Κρήτης. Ο Αλμυρός αποτελεί μια από τις σημαντικότερες υδρολογικές πηγές της Κρήτης, καθώς χαρακτηρίζεται από πολύ μεγάλη παροχή με μέση εκροή περίπου 235×10^6 m^3/έτος αλλά και υψηλή αλατότητα, η οποία περιορίζει τη χρήση του νερού χωρίς επεξεργασία. Ο Αλμυρός είναι ένας καρστικός υγρότοπος {8} , με το καρστικό σύστημα να αποτελεί βασικό γεωλογικό χαρακτηριστικό της περιοχής. Τα καρστικά συστήματα διαμορφώνονται από τη διάλυση διαλυτών πετρωμάτων, κυρίως ασβεστόλιθου και δολομίτη, από όξινο νερό. Αυτό οδηγεί σε μοναδικά χαρακτηριστικά όπως βυθιζόμενα ρέματα, κλειστές κοιλότητες, σπήλαια και μεγάλες πηγές, όλα συνδεδεμένα με ένα δίκτυο υπόγειων αγωγών. Επιπλέον, η λεκάνη του Αλμυρού βρίσκεται σε Νεογενείς και προ-Νεογενείς γεωλογικές μονάδες. Το βραχώδες υπόστρωμά της αποτελείται από ανθρακικά πετρώματα, συγκεκριμένα την ημιαυτόχθονη μονάδα «Πλακωδών ασβεστόλιθων», που χρονολογείται από την Τριαδική-Ηώκαινη περίοδο. Η υψηλή αλατότητα του ρέματος είναι αυτό που το διαφοροποιεί από τα υπόλοιπα ποτάμια και ρέματα του νησιού. Η υφάλμυρη φύση του ρέματος οφείλεται στο μείγμα θαλασσινού και γλυκού νερού στον υδροφόρο ορίζοντα που τροφοδοτεί την πηγή. Αυτή η διείσδυση θαλασσινού νερού πιθανώς οφείλεται στην υπεράντληση υπόγειων υδάτων, στο χαμηλό υψόμετρο της πηγής και στα γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Πρέπει να σημειωθεί ότι το φαινόμενο αυτό είναι πιο έντονο τους ξηρούς μήνες. Το ρέμα του Αλμυρού έχει μήκος περίπου 1.8 km πριν εκβάλει στη θάλασσα, επηρεαζόμενο έντονα από τις τοπικές υδρομετεωρολογικές συνθήκες. Αν και αυτά τα χαρακτηριστικά καθιστούν ένα διακριτό οικοσύστημα, καθιστούν επίσης τον υγρότοπο πιο ευάλωτο στη ρύπανση. Οι ρύποι μπορούν εύκολα να περάσουν μέσα από τα πορώδη ανθρακικά πετρώματα και να εξαπλωθούν γρήγορα σε όλο το σύστημα. Έτσι, οι ρύποι παραμένουν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα εντός των διασυνδεδεμένων υπόγειων καναλιών, εμποδίζοντας την ανάκαμψη των υγροτόπων από τη μόλυνση. {3,8,10,13}



Εικόνα 10: Άποψη του Αλμυρού ποταμού

Το τεχνητό φράγμα στον Αλμυρό κατασκευάστηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1970 (περίπου το 1977) στην εκροή της πηγής, με στόχο να ανυψωθεί η στάθμη του νερού κατά περίπου 10 m, έτσι ώστε να αυξηθεί η υδροστατική πίεση και να ανασταλεί η εισροή θαλασσινού νερού μέσω του καρστικού υδροφορέα. Πειραματικά, το φράγμα λειτούργησε για μικρό χρονικό διάστημα –χωρίς να υπάρξει ουσιαστική βελτίωση στην ποιότητα του νερού, αν και σε επόμενη δοκιμή το 1987 διαφημίστηκε μείωση της αλατότητας. Με βάση μαθηματικά μοντέλα, προτάθηκε η κατασκευή φράγματος μέχρι 26 m ύψος**,** το οποίο εκτιμάται ότι θα μπορούσε να αποτρέψει πλήρως την υφαλμύρωση. Παρά τη θεωρητική δυνατότητα, αυτά τα έργα δεν υλοποιήθηκαν, αφήνοντας το Αλμυρό σαν ένα ενδιαφέρον παράδειγμα δοκιμαστικής παρέμβασης στη διαχείριση υδατικών πόρων καρστικών συστημάτων. Στον υγροβιότοπο του Αλμυρού μπορούν να εντοπιστούν πολλά είδη φυτών που είναι αντιπροσωπευτικά του μεσογειακού κλίματος και της ιδιαιτερότητας του υγροτόπου. Στην παρόχθια ζώνη του ρέματος, μπορεί να ανιχνευθεί ένα μείγμα ετήσιων και πολυετών φυτών. Ένα σημαντικό μέρος αυτών των φυτών είναι προσαρμοσμένο στις ιδιαίτερες περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως το υφάλμυρο νερό, η υψηλή αλατότητα και οι μεγάλες περιόδοι ξηρασίας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες με τα πιο συνηθισμένα φυτά να είναι τα Eryngium maritinum, Olea europaea, Visnaga daucoides.

Η δεύτερη πηγή δεδομένων που χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία, αφορά τις ετήσιες τιμές βροχόπτωσης (σε mm) για την περιοχή του Ηρακλείου Κρήτης, καλύπτοντας την περίοδο 2013–2015 και 2018-2020. Τα δεδομένα ελήφθησαν από το Meteo.gr**,** την επίσημη πλατφόρμα του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, που διαθέτει ένα πυκνό δίκτυο αυτόματων μετεωρολογικών σταθμών (ΑΜΣ) σε όλη την Ελλάδα. Οι σταθμοί που επιλέχθηκαν βρίσκονται είτε εντός των ορίων του Δήμου Ηρακλείου είτε στην ευρύτερη περιοχή του Νομού και παρουσιάζουν γεωγραφική διασπορά που επιτρέπει την περιφερειακή αξιολόγηση της βροχόπτωσης και την σύγκριση των υδρομετεωρολογικών χαρακτηριστικών με τα δεδομένα του Αλμυρού Ποταμού. {3}

3.1.2 Δομή και μεταβλητές των δεδομένων

Ξεκινώντας την ανάλυση μας, έγινε λήψη δεδομένων από επίσημη μελέτη που ολοκληρώθηκε στο πλαίσιο ενός κυβερνητικού προγράμματος σχετικά με τα σχέδια διαχείρισης για 14 λεκάνες απορροής ποταμών σε εθνικό επίπεδο, συμπεριλαμβανομένου και του Αλμυρού ποταμού. Το ρέμα παρακολουθήθηκε από το 2012 έως το 2021, για διάφορες παραμέτρους που επηρεάζουν την υγεία του, όπως το pH, η θερμοκρασία, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, οι ανόργανοι και οργανικοί ρύποι.

Αναλυτικά μελετήθηκαν οι συγκεντρώσεις των παρακάτω ενώσεων:

- *Διαλυμένο αλουμίνιο*
- *Διαλυμένο αρσενικό*
- *Διαλυμένο κάδμιο*
- *Ασβέστιο*
- *Ανθρακικά άλατα*
- *Χλωριούχο*
- *Χρώμιο 6+*
- *Διαλυμένο χρώμιο*
- *Διαλυμένος χαλκός*
- *Διαλυμένο οξυγόνο*
- *Ανθρακικό υδρογόνο (Διττανθρακικό) HCO3*
- *Διαλυμένος σίδηρος*
- *Διαλυμένος μόλυβδος*
- *Μαγνήσιο*
- *Διαλυμένο μαγγάνιο*
- *Διαλυμένος υδράργυρος*
- *Διαλυμένο νικέλιο*
- *Νιτρικό*
- *Νιτρώδες*
- *Κάλιο*
- *Νάτριο*
- *Θειικό*
- *Ολικά φωσφορικά άλατα*
- *Διαλυμένος ψευδάργυρος,*

καθώς και οι τιμές του *pH*, *ηλεκτρικής αγωγιμότητας* και *θερμοκρασίας του νερού*.

Οι μετρήσεις των παραμέτρων καταγράφηκαν σε διαφορετικές περιόδους του έτους, αποτυπώνοντας την εποχική και χρονική διακύμανση της ποιότητας του νερού. Για κάθε έτος έρευνας (2013-15 και 2018-20), καταγράφηκαν οι παρακάτω μεταβλητές για κάθε χημική ένωση:

- ***LOD*** *(Limit of Detection): Το κατώτατο όριο ανίχνευσης μιας ουσίας.*
- ***LOQ*** *(Limit of Quantification): Το κατώτατο όριο ποσοτικοποίησης μιας ουσίας.*
- ***AVERAGE:*** *Η μέση τιμή των συγκεντρώσεων της παραμέτρου για το συγκεκριμένο έτος.*
- ***MAX:*** *Η μέγιστη καταγεγραμμένη τιμή της παραμέτρου.*

- ***MIN:*** *Η ελάχιστη καταγεγραμμένη τιμή.*
- ***MEDIAN:*** *Η διάμεσος της κατανομής τιμών.*
- ***STDEV*** *(Standard Deviation): Η τυπική απόκλιση.*

Όσων αφορά το δεύτερο σκέλος, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονται από την βάση δεδομένων του meteo.gr **,** την επίσημη πλατφόρμα του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Οι μετεωρολογικοί σταθμοί (Πιν. 1) που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι εξής:

Σταθμός	**Υψόμετρο (ενδεικτικά)**	**Θέση**
Ηράκλειο Κρήτης – Ανατολικά	~90 m	Αστικό περιβάλλον
Ηράκλειο Κρήτης – Δυτικά	~140 m	Προάστιο
Ηράκλειο Κρήτης – Κνωσσός	~100 m	Ανατολική Κνωσσός
Ηράκλειο Κρήτης – Λιμάνι	~10 m	Παράκτιο σημείο
Λέντας Ηρακλείου	~200 m	Νότια Κρήτη
Μεταξοχώρι Ηρακλείου	~360 m	Ημιορεινή θέση
Μοίρες Ηρακλείου	~200 m	Νότια ενδοχώρα

Πίνακας 1.

Για κάθε σταθμό, καταγράφηκαν οι ετήσιες τιμές βροχόπτωσης (σε mm) για τα έτη:
2013, 2014, 2015, 2018, 2019, 2020
καθώς και τα αθροιστικά totals για την συνολική βροχόπτωση ανά σταθμό και ανά χρονολογία.

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά οι μετρήσεις (σε mm), για κάθε έτος ξεχωριστά (Εικ. 11-16):

ΣΤΑΘΜΟΣ-2013	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	TOTAL
Ηράκλειο Κρήτης-Δυτικά	-	-	-	-	-	-	-	0,0	1,6	38,8	38,0	170,6	**249,0**
Ηράκλειο Κρήτης-Κνωσσός	128,2	32,6	17,6	14,8	8,6	0,8	0,0	0,0	1,4	9,6	54,8	160,4	**428,8**
Ηράκλειο Κρήτης-Λιμάνι	77,4	25,1	13,0	8,6	10,8	3,6	0,0	0,0	0,8	7,0	16,0	81,6	**243,9**
Λέντας Ηρακλείου	44,6	42,6	11,8	5,6	6,4	2,4	0,0	0,0	1,0	2,8	26,4	28,6	**172,2**
Μεταξοχώρι Ηρακλείου	141,6	81,4	21,2	28,0	9,2	2,2	0,0	0,0	50,6	6,4	47,8	141,7	**530,1**
Μοίρες Ηρακλείου	85,2	49,8	18,6	12,4	13,2	0,0	0,0	0,0	1,6	0,4	58,3	66,4	**305,9**

Εικόνα 11: Τιμές μηνιαίας βροχόπτωσης για το έτος 2013

ΣΤΑΘΜΟΣ-2014	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	TOTAL
Ηράκλειο Κρήτης-Δυτικά	30,8	73,2	90,2	7,0	4,0	5,6	0,0	0,6	32,0	78,0	23,4	112,2	**457,0**
Ηράκλειο Κρήτης-Κνωσσός	27,6	68,8	109,6	18,0	4,2	2,0	0,0	0,0	28,2	63,2	23,6	99,6	**444,8**
Ηράκλειο Κρήτης-Λιμάνι	14,0	32,8	31,4	8,0	1,4	2,4	0,0	0,0	15,6	66,4	14,8	50,4	**237,2**
Λέντας Ηρακλείου	42,0	113,0	59,2	30,4	1,6	1,2	0,0	0,0	9,2	42,6	30,0	119,4	**448,6**
Μεταξοχώρι Ηρακλείου	87,9	41,0	99,6	28,6	4,8	19,4	0,4	0,2	74,0	59,4	34,7	213,0	**663,0**
Μοίρες Ηρακλείου	79,6	68,0	76,8	29,6	2,2	1,4	0,0	0,0	0,2	58,0	24,6	218,9	**559,3**

Εικόνα 12: Τιμές μηνιαίας βροχόπτωσης για το έτος 2014

ΣΤΑΘΜΟΣ-2015	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
Ηράκλειο Κρήτης-Δυτικά	227,8	158,0	60,0	20,2	21,2	7,4	0,0	6,8	17,4	63,4	16,6	15,2	**614,0**
Ηράκλειο Κρήτης-Κνωσσός	232,8	106,6	52,6	29,6	8,4	4,0	0,0	28,4	15,4	72,2	17,4	13,0	**580,4**
Ηράκλειο Κρήτης-Λιμάνι	128,5	57,0	46,8	9,2	3,4	1,8	0,0	8,2	9,6	45,8	16,0	5,0	**331,3**
Λέντας Ηρακλείου	167,8	141,4	79,6	11,0	4,6	4,8	0,0	2,4	-	23,0	38,8	0,8	**474,2**
Μεταξοχώρι Ηρακλείου	326,8	193,6	-	44,6	14,2	32,2	0,0	11,8	29,2	131,6	43,8	23,6	**851,4**
Μοίρες Ηρακλείου	165,4	152,2	112,6	10,2	2,8	3,8	0,0	4,8	37,0	97,0	72,0	2,8	**660,6**

Εικόνα 13: Τιμές μηνιαίας βροχόπτωσης για το έτος 2015

ΣΤΑΘΜΟΣ-2018	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
Ηράκλειο - Ανατολικά	51,8	47,2	9,4	0,0	22,8	10,6	2,4	14,0	27,6	3,2	162,4	111,8	**463,2**
Ηράκλειο Κρήτης-Δυτικά	51,8	47,2	9,4	0,0	22,8	10,6	2,4	14,0	27,6	3,2	162,4	111,8	**463,2**
Ηράκλειο Κρήτης-Κνωσσός	41,8	48,6	5,2	0,0	14,4	17,2	2,0	6,0	22,2	3,8	131,2	91,4	**383,8**
Ηράκλειο Κρήτης-Λιμάνι	55,8	43,8	5,6	0,2	10,0	15,0	7,6	8,4	28,0	4,6	195,6	79,2	**453,8**
Λέντας Ηρακλείου	66,4	86,0	12,8	0,4	11,4	5,0	0,0	9,6	47,6	40,2	88,4	75,8	**443,6**
Μεταξοχώρι Ηρακλείου	66,4	86,0	12,8	0,4	11,4	5,0	0,0	9,6	47,6	40,2	88,4	75,8	**443,6**
Μοίρες Ηρακλείου	51,2	59,0	23,0	0,0	14,8	12,6	0,0	0,0	30,4	18,4	110,2	99,4	**419,0**

Εικόνα 14: Τιμές μηνιαίας βροχόπτωσης για το έτος 2018

ΣΤΑΘΜΟΣ-2019	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
Ηράκλειο - Ανατολικά	186,6	229,2	51,2	35,4	4,6	0,0	4,4	0,0	0,0	20,4	65,8	331,6	**929,2**
Ηράκλειο Κρήτης-Δυτικά	193,4	220,4	56,6	44,0	3,4	0,0	2,4	0,0	0,0	31,2	53,0	164,6	**769,0**
Ηράκλειο Κρήτης-Κνωσσός	231,8	224,6	61,2	34,8	2,6	0,0	2,8	0,0	0,0	16,4	54,4	141,0	**769,6**
Ηράκλειο Κρήτης-Λιμάνι	184,2	123,2	20,6	25,8	2,2	0,0	2,0	0,0	0,0	9,8	41,0	102,6	**511,4**
Λέντας Ηρακλείου	127,0	126,8	17,8	59,0	5,6	0,0	0,8	0,0	0,0	35,6	65,4	133,4	**571,4**
Μεταξοχώρι Ηρακλείου	227,0	222,8	108,2	55,4	4,0	0,0	3,0	0,0	1,6	23,8	97,4	204,0	**947,2**
Μοίρες Ηρακλείου	177,8	118,4	40,6	82,8	4,2	0,0	3,2	0,0	0,6	15,8	86,0	120,8	**650,2**

Εικόνα 15: Τιμές μηνιαίας βροχόπτωσης για το έτος 2019

ΣΤΑΘΜΟΣ-2020	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
Ηράκλειο - Ανατολικά	120,0	62,8	50,4	16,4	4,0	0,0	0,0	0,0	3,6	237,2	156,6	43,2	**694,2**
Ηράκλειο Κρήτης-Δυτικά	127,8	65,0	42,6	15,0	8,0	0,6	0,2	0,0	43,2	97,6	178,8	46,0	**624,8**
Ηράκλειο Κρήτης-Κνωσσός	106,0	41,6	36,0	17,0	3,0	0,0	0,0	0,0	23,2	189,6	233,8	41,2	**691,4**
Ηράκλειο Κρήτης-Λιμάνι	39,8	27,4	21,6	7,6	8,0	0,0	0,2	0,0	–	130,0	83,2	22,6	**340,4**
Λέντας Ηρακλείου	70,0	28,8	61,8	11,2	26,0	1,0	0,0	0,0	6,0	71,0	49,6	64,0	**389,4**
Μεταξοχώρι Ηρακλείου	246,0	102,2	71,0	22,0	25,0	10,2	15,8	0,2	20,6	32,8	–	1,4	**547,2**
Μοίρες Ηρακλείου	37,6	44,4	45,6	0,8	–	0,2	0,0	0,0	4,0	39,2	44,6	73,4	**289,8**

Εικόνα 16: Τιμές μηνιαίας βροχόπτωσης για το έτος 2020

Συνεχίζοντας, προέκυψαν τα ακόλουθα αθροιστικά σύνολα (Εικ. 17-18):

ΣΤΑΘΜΟΣ	2013	2014	2015	2018	2019	2020	TOTAL(s)
Ηράκλειο Κρήτης-Ανατολικά	-	-	-	463,2	929,2	694,2	2086,6
Ηράκλειο Κρήτης-Δυτικά	249	457	614	463,2	769	624,8	3177
Ηράκλειο Κρήτης-Κνωσσός	428,8	444,8	580,4	383,8	769,6	691,4	3298,8
Ηράκλειο Κρήτης-Λιμάνι	243,9	237,2	331,3	453,8	511,4	340,4	2118,0
Λέντας Ηρακλείου	172,2	448,6	474,2	443,6	571,4	389,4	2499,4
Μεταξοχώρι Ηρακλείου	530,1	663,0	851,4	443,6	947,2	547,2	3982,5
Μοίρες Ηρακλείου	305,9	559,3	660,6	419,0	650,2	289,8	2884,8

Εικόνα 17: Άθροισμα Βροχοπτώσεων ανά ***σταθμό*** *(σε mm)*

ΕΤΟΣ	TOTAL(ε)
2013	1929,9
2014	2809,9
2015	3511,9
2018	3070,2
2019	5148
2020	3577,2

Εικόνα 18: Άθροισμα Βροχοπτώσεων ανά ***έτος*** (*σε mm)*

3.2 Στατιστική Ανάλυση στο JASP - Μεθοδολογία

3.2.1 Περιγραφικά στατιστικά μεταβλητών

Ο πίνακας περιγραφικών στατιστικών για τα δεδομένα του Αλμυρού (Εικ. 19), παρουσίασε τα εξής αποτελέσματα:

Descriptive Statistics

Descriptive Statistics

	Valid	Missing	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Parameter	115	0				
LOQ	97	18	4.955	2.670	0.200	10.000
LOD	97	18	1.890	1.149	0.100	6.000
AVERAGE	115	0	86.271	222.565	0.250	1335.500
MAX	115	0	93.200	236.353	0.000	1458.000
MIN	115	0	81.435	209.485	0.000	1213.000
MEDIAN	112	3	88.967	224.017	0.000	1335.500

Εικόνα 19: Περιγραφικά στατιστικά δεδομένων Αλμυρού ποταμού.

Μπορούμε να παρατηρήσουμε πως η μεταβλητότητα των τιμών είναι αρκετά μεγάλη, όπως φαίνεται από τις υψηλές τιμές τυπικής απόκλισης στις AVERAGE, MAX, MIN και MEDIAN. Επίσης, τα όρια LOQ και LOD παραμένουν σε σχετικά χαμηλές τιμές, γεγονός που αντανακλά τη φύση των αναλύσεων ιχνοστοιχείων και διαλυμένων ουσιών. Τέλος, ύπαρξη μηδενικών τιμών στις μεταβλητές MAX και MIN, αντανακλά τιμές εκτός ορίων ανίχνευσης για ορισμένες ουσίες.

Συνεχίζοντας, έχουμε τον πίνακα περιγραφικών στατιστικών για τα δεδομένα βροχοπτώσεων ((Εικ. 20) από το meteo.gr, όπως προκύπτει από το πρόγραμμα JASP :

Descriptive Statistics

Descriptive Statistics

	Valid	Missing	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
ΣΤΑΘΜΟΣ	7	0				
2013	7	0	275.700	172.007	0.000	530.100
2014	7	0	401.414	219.337	0.000	663.000
2015	7	0	501.700	273.203	0.000	851.400
2018	7	0	438.600	28.515	383.800	463.200
2019	7	0	735.429	167.853	511.400	947.200
2020	7	0	511.029	169.896	289.800	694.200
TOTAL	7	0	2863.871	687.058	2086.600	3982.500

Εικόνα 20: Περιγραφικά στατιστικά δεδομένων Meteo ετήσιων βροχοπτώσεων.

Από τα αποτελέσματα μπορούμε να διακρίνουμε πως η μέση βροχόπτωση παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις από έτος σε έτος. Το 2013 είχε τη χαμηλότερη μέση τιμή (275,7 mm), ενώ το 2019 την υψηλότερη (735,4 mm). Αυτό υποδηλώνει διαφορετικές υδρολογικές συνθήκες ανά έτος, πιθανώς λόγω καιρικών φαινομένων, κυκλώνων ή περιόδων ξηρασίας.

3.2.2 Συσχετίσεις μεταξύ μεταβλητών

Για την ανάλυση των συσχετίσεων μεταξύ των βασικών μεταβλητών που καταγράφηκαν στον ποταμό Αλμυρό (LOQ, LOD, AVERAGE, Έτος), εφαρμόστηκαν συντελεστές συσχέτισης **Pearson** και **Spearman**, μέσω του λογισμικού JASP. Οι συσχετίσεις μελετήθηκαν τόσο για την εξερεύνηση γραμμικών σχέσεων (Pearson), όσο και για τη διερεύνηση μονοτονικών μη γραμμικών σχέσεων (Spearman), καλύπτοντας έτσι ένα πιο ολοκληρωμένο φάσμα στατιστικής συσχέτισης (Εικ. 21).

Correlation

Correlation Table

				Pearson		Spearman	
			n	r	p	rho	p
Έτος	-	LOQ	97	−0.101	0.326	−0.074	0.469
Έτος	-	LOD	97	0.045	0.659	0.009	0.931
Έτος	-	AVERAGE	115	−0.022	0.817	0.048	0.609
LOQ	-	LOD	97	0.693	< .001	0.806	< .001
LOQ	-	AVERAGE	97	0.034	0.745	0.467	< .001
LOD	-	AVERAGE	97	−0.071	0.489	0.288	0.004

Εικόνα 21: Πίνακας συσχετισμών μεταξύ μεταβλητών για τον Αλμυρό.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα:

- **LOQ και LOD** εμφανίζουν **ισχυρή θετική συσχέτιση**:
  - ✓ *Pearson*: **r = 0.693**, *p < 0.001*
  - ✓ *Spearman*: **ρ = 0.860**, *p < 0.001*
  - ✓ Αυτό δείχνει ότι όσο αυξάνεται το όριο ποσοτικοποίησης (LOQ), αυξάνεται και το όριο ανίχνευσης (LOD), γεγονός αναμενόμενο λόγω της τεχνικής τους σχέσης στις αναλύσεις ιχνοστοιχείων.
- **LOD και AVERAGE** παρουσιάζουν **μέτρια θετική συσχέτιση** μόνο στον Spearman:
  - ✓ *Spearman*: **ρ = 0.288**, *p = 0.004*
  - ✓ Αν και η συσχέτιση στον Pearson δεν είναι σημαντική (*p = 0.489*), η σημαντική μη γραμμική συσχέτιση στον Spearman ενδέχεται να υποδεικνύει την επίδραση ακραίων τιμών ή μη γραμμική συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών.
- **LOQ και AVERAGE** δείχνουν:
  - ✓ *Pearson*: **r = 0.034**, *p = 0.745* (μη σημαντικό)
  - ✓ *Spearman*: **ρ = 0.467**, *p < 0.001** → υποδηλώνοντας πιθανή μη γραμμική σχέση

- Οι μεταβλητές **Έτος και LOQ/LOD/AVERAGE** δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις, τόσο στον Pearson όσο και στον Spearman ($p > 0.05$), γεγονός που υποδηλώνει απουσία τάσης μεταβολής στο χρόνο.

Συμπερασματικά, οι ισχυρότερες και στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις εντοπίζονται ανάμεσα σε τεχνικά σχετικές μεταβλητές, ενώ οι μη γραμμικές σχέσεις αναδεικνύονται καλύτερα μέσω του συντελεστή Spearman (Εικ. 22).

Correlation

Correlation Table

			Pearson		Spearman	
			r	p	rho	p
2013	-	2014	0.828*	0.021	0.714	0.088
2013	-	2015	0.885**	0.008	0.857*	0.024
2013	-	2018	−0.549	0.202	−0.618	0.139
2013	-	2019	0.152	0.745	0.393	0.396
2013	-	2020	−0.031	0.948	−0.143	0.783
2013	-	TOTAL	0.873*	0.010	0.929**	0.007
2014	-	2015	0.985***	< .001	0.964**	0.003
2014	-	2018	−0.398	0.377	−0.346	0.448
2014	-	2019	−0.016	0.974	0.214	0.662
2014	-	2020	−0.280	0.543	−0.429	0.354
2014	-	TOTAL	0.829*	0.021	0.750	0.066
2015	-	2018	−0.385	0.394	−0.436	0.328
2015	-	2019	0.045	0.923	0.321	0.498
2015	-	2020	−0.198	0.671	−0.321	0.498
2015	-	TOTAL	0.880**	0.009	0.857*	0.024
2018	-	2019	0.077	0.869	0.018	0.969
2018	-	2020	−0.043	0.926	0.309	0.500
2018	-	TOTAL	−0.368	0.417	−0.509	0.243
2019	-	2020	0.761*	0.047	0.679	0.110
2019	-	TOTAL	0.487	0.268	0.464	0.302
2020	-	TOTAL	0.256	0.580	0.036	0.963

* p < .05, ** p < .01, *** p < .001

Εικόνα 22: Πίνακας συσχετισμών μεταξύ μεταβλητών για τις Βροχοπτώσεις.

Για τα ετήσια δεδομένα βροχόπτωσης ανά έτος και σταθμό (Meteo), διερευνήθηκαν οι στατιστικές συσχετίσεις μεταξύ των ετών 2013–2020 και του συνολικού αθροίσματος βροχής (TOTAL), χρησιμοποιώντας τους συντελεστές **Pearson** και **Spearman**.

Τα βασικά ευρήματα από τον πίνακα είναι τα εξής:

- **Ισχυρές θετικές συσχετίσεις** μεταξύ διαδοχικών ετών (κυρίως Pearson):

  - ✓ **2013–2014**: *r = 0.828*, *p = 0.021*
  - ✓ **2013–2015**: *r = 0.885**, *p = 0.008*, **ρ = 0.857**, *p = 0.024*
  - ✓ **2014–2015**: *r = 0.985***, *p < .001*, **ρ = 0.964**, *p = 0.003*

  Οι παραπάνω τιμές υποδηλώνουν ότι οι τιμές βροχόπτωσης για αυτά τα έτη αυξάνονται ή μειώνονται με παρόμοιο ρυθμό ανάμεσα στους σταθμούς.

- Συνολικό άθροισμα βροχόπτωσης (TOTAL)**:**

  Συσχετίζεται **ισχυρά και στατιστικά σημαντικά** με αρκετά έτη:

  - ✓ **2013–TOTAL**: *r = 0.873*, *p = 0.010*, **ρ = 0.929**, *p = 0.007*
  - ✓ **2015–TOTAL**: *r = 0.880**, *p = 0.009*, **ρ = 0.857**, *p = 0.024*
  - ✓ **2020–TOTAL**: *r = 0.761*, *p = 0.047*, *ρ = 0.679*, *p = 0.110* (οριακά)

- **Χαμηλές ή μη στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις** παρατηρούνται για τα έτη:

  - ✓ 2018, 2019, με άλλες χρονιές ή με το TOTAL (π.χ. *r = –0.398*, *p = 0.377*)
  - ✓ Αυτό πιθανόν οφείλεται σε ανωμαλίες ή έντονες αποκλίσεις βροχόπτωσης σε αυτούς τους συγκεκριμένους χρόνους.

Συμπερασματικά, οι συσχετίσεις αναδεικνύουν σταθερές και επαναλαμβανόμενες κλιματολογικές τάσεις μεταξύ ορισμένων διαδοχικών ετών, ειδικά στις αρχές της εξεταζόμενης περιόδου (2013–2015). Το TOTAL συνδέεται ισχυρά με έτη που παρουσίασαν υψηλές ή ομοιόμορφα κατανεμημένες τιμές μεταξύ των σταθμών. Τα αποτελέσματα του Spearman συμπληρώνουν αυτά του Pearson, εντοπίζοντας μονοτονικές σχέσεις ακόμη κι εκεί όπου δεν εντοπίζεται γραμμική συσχέτιση.

3.2.3 Principal Component Analysis – Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών

Η Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών (Principal Component Analysis – PCA) εφαρμόστηκε στα δεδομένα του σταθμού Αλμυρού με σκοπό τη μείωση του συνόλου των μεταβλητών και την αποκάλυψη υποκείμενων δομών μεταξύ των παραμέτρων. Η μέθοδος αυτή επιτρέπει την αναγνώριση μοτίβων και τη συμπύκνωση της πληροφορίας σε λιγότερες διαστάσεις, διατηρώντας παράλληλα το μεγαλύτερο μέρος της αρχικής διασποράς των δεδομένων.

Στην παρούσα περίπτωση, χρησιμοποιήθηκαν ως μεταβλητές διάφοροι δείκτες συγκέντρωσης (LOQ, LOD, AVERAGE, MIN, MAX, MEDIAN) για να εντοπιστούν πιθανά συσχετιζόμενα φορτία που συνοψίζουν την πολυπλοκότητα των τιμών. Η PCA αξιολογήθηκε με βάση τη διακύμανση που εξηγούν οι πρώτες κύριες συνιστώσες, καθώς και με τον έλεγχο του μοντέλου μέσω της στατιστικής του χ^2, με σκοπό να διαπιστωθεί αν οι μεταβλητές μπορούν να συνοψιστούν σε μικρό αριθμό συνιστωσών με ερμηνευτική σημασία (Εικ. 23-24).

Principal Component Analysis ▼

Chi-squared Test ▼

	Value	df	p
Model	427.306	8	< .001

Component Loadings

	PC1	PC2	Uniqueness
Έτος	−0.030	−0.076	0.993
LOQ	0.028	0.925	0.144
LOD	−0.088	0.913	0.159
AVERAGE	1.000	0.011	0.000
MAX	0.999	0.013	0.003
MIN	0.999	0.013	0.003
MEDIAN	1.000	0.014	0.000

Note. No rotation method applied.

Component Characteristics

	Eigenvalue	Proportion var.	Cumulative
Component 1	4.003	0.572	0.572
Component 2	1.695	0.242	0.814

Component Correlations

	Component 1	Component 2
Component 1	1.000	0.000
Component 2	0.000	1.000

Εικόνα 23: PCA για τα δεδομένα του Αλμυρού.

Στο πλαίσιο της στατιστικής ανάλυσης των συγκεντρώσεων ρύπων και ποιοτικών μεταβλητών στο σταθμό του Αλμυρού, εφαρμόστηκε PCA με σκοπό την αναγνώριση υποκείμενων προτύπων και τη μείωση της διαστατικότητας των δεδομένων, διατηρώντας ταυτόχρονα το μεγαλύτερο μέρος της πληροφορίας.

Όπως προέκυψε στο JASP:

Ο έλεγχος καταλληλότητας του μοντέλου μέσω του τεστ χ^2 επέστρεψε τιμή = 427.306, με 8 βαθμούς ελευθερίας και $p < 0.001$, υποδηλώνοντας ότι το μοντέλο είναι στατιστικά σημαντικό και κατάλληλο για ερμηνεία. Η ανάλυση εντόπισε δύο κύριες συνιστώσες με ιδιοτιμές μεγαλύτερες της μονάδας. Η Component1 εξηγεί το 57.2% της συνολικής διακύμανσης, ενώ η Component2 προσθέτει επιπλέον 24.2%, οδηγώντας σε σωρευτική ερμηνεία **81.4% της διακύμανσης των αρχικών μεταβλητών**. Η υψηλή αυτή τιμή φανερώνει ότι οι δύο αυτοί άξονες καταφέρνουν να αναπαραστήσουν την πληροφορία του αρχικού συνόλου με μεγάλη ακρίβεια.

Όπως προκύπτει από τους πίνακες φορτίσεων (loadings) (Εικ. 23), οι μεταβλητές AVERAGE, MAX, MIN και MEDIAN παρουσιάζουν σχεδόν απόλυτη συσχέτιση με την Component 1 (φορτίσεις = 0.999–1.000), και μηδενική μοναδικότητα (uniqueness ≈ 0.000–0.003). Αυτό υποδηλώνει ότι αυτές οι μεταβλητές αντιπροσωπεύουν το ίδιο βασικό υπόβαθρο πληροφορίας, το οποίο φαίνεται να αποτελεί το κυρίαρχο μοτίβο διακύμανσης στα δεδομένα του Αλμυρού.

Αντιθέτως, οι μεταβλητές LOQ και LOD (Εικ. 23) έχουν πολύ χαμηλή φόρτιση στον πρώτο άξονα (0.028 και –0.088 αντίστοιχα), αλλά ισχυρή συσχέτιση με τη δεύτερη συνιστώσα (0.925 και 0.913 αντίστοιχα). Συνεπώς, η Component 2 αντανακλά μια διαφορετική διάσταση πληροφορίας, πιθανώς σχετιζόμενη με τα όρια ανίχνευσης και ποσοτικοποίησης των ρύπων – στοιχεία που διαφοροποιούνται σε σχέση με τις γενικές μετρικές περιγραφής (μέση τιμή, διάμεσος, κ.λπ.).

Η μεταβλητή Έτος παρουσιάζει αμελητέες φορτίσεις και στους δύο άξονες (–0.030 και –0.076), με υψηλή μοναδικότητα (0.993), γεγονός που υποδηλώνει πως δεν παίζει ουσιαστικό ρόλο στη διαμόρφωση των συνιστωσών (Εικ. 24). Δηλαδή, η χρονολογική σειρά από μόνη της δεν εξηγεί κάποια από τα βασικά μοτίβα μεταβολής στα δεδομένα.

Principal Component Analysis

Chi-squared Test

	Value	df	p
Model	16.770	9	0.052

Component Loadings

	RC1	Uniqueness
2014	0.949	0.099
2015	0.967	0.065
2018	−0.527	0.722
2019	0.213	0.955
2020	−0.015	1.000
TOTAL	0.943	0.111

Note. Applied rotation method is promax.

Component Characteristics

	Unrotated solution			Rotated solution		
	Eigenvalue	Proportion var.	Cumulative	SumSq. Loadings	Proportion var.	Cumulative
Component 1	3.048	0.508	0.508	3.048	0.508	0.508

Εικόνα 24: PCA για τα δεδομένα Ετήσιων βροχοπτώσεων.

Για τη διερεύνηση των σχέσεων μεταξύ των ετήσιων τιμών βροχόπτωσης και της συνολικής (TOTAL) τιμής, επίσης εφαρμόστηκε PCA.

Ο έλεγχος του μοντέλου PCA με κριτήριο το τεστ του χ^2 απέδωσε τιμή $\boldsymbol{\chi^2 = 16.770}$**,** με 9 βαθμούς ελευθερίας και p = 0.052, υποδηλώνοντας οριακά στατιστικά μη σημαντική προσαρμογή (σε επίπεδο $p < 0.05$), αλλά κοντά στο αποδεκτό όριο (Εικ. 24). Παρ' όλα αυτά, η πρώτη κύρια συνιστώσα (RC1) εξηγεί το 50.8% της συνολικής διακύμανσης**,** δείχνοντας ότι ένα σημαντικό μέρος της πληροφορίας των αρχικών μεταβλητών συνοψίζεται σε έναν ενιαίο άξονα.

Σύμφωνα με τις φορτίσεις των μεταβλητών στον πρώτο κύριο άξονα (RC1), τα έτη 2014 (loading = 0.949) και 2015 (loading = 0.967**)** παρουσιάζουν ισχυρή θετική συσχέτιση με την RC1, υποδεικνύοντας ότι συνέβαλαν καθοριστικά στον σχηματισμό του κύριου προτύπου μεταβολής. Εξίσου υψηλό loading παρατηρείται και στη μεταβλητή TOTAL (0.943)**,** γεγονός που ενισχύει την άποψη ότι η RC1 αντανακλά τη γενική τάση αυξημένων τιμών βροχόπτωσης**.**

Αντιθέτως, τα έτη 2018 (loading = –0.527) και 2020 (loading = –0.015) είτε συνδέονται αρνητικά είτε καθόλου με την RC1, παρουσιάζοντας υψηλές τιμές uniqueness (0.722 και 1.000 αντίστοιχα) (Εικ. 24)**.** Αυτό φανερώνει ότι οι μεταβλητές αυτές δεν εξηγούνται ικανοποιητικά από την κύρια συνιστώσα και ενδέχεται να αποτελούν εξαιρέσεις στο συνολικό πρότυπο. Το 2020, ειδικότερα, δεν προσφέρει καμία πληροφορία για τη διαμόρφωση της RC1, γεγονός που ίσως αντανακλά ασυνήθιστες κλιματικές συνθήκες ή ανωμαλία στα δεδομένα εκείνης της χρονιάς.

4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ

4.1 Συμπεράσματα από τα Περιγραφικά Στατιστικά του Αλμυρού

1. **Μεγάλη Διακύμανση στις Τιμές των Παραμέτρων:**
   - Οι μεταβλητές **AVERAGE**, **MAX**, **MIN** και **MEDIAN** εμφανίζουν πολύ υψηλές τιμές **τυπικής απόκλισης** (π.χ. 222.565, 236.353, κ.λπ.), που δείχνουν **έντονη μεταβλητότητα** στις συγκεντρώσεις των χημικών παραμέτρων μεταξύ των δειγμάτων.
   - Αυτό υποδηλώνει ότι οι συγκεντρώσεις των διαλυμένων ουσιών στον Αλμυρό ποταμό δεν είναι σταθερές, αλλά επηρεάζονται από εξωτερικούς περιβαλλοντικούς παράγοντες (π.χ. βροχόπτωση, εποχικότητα, γεωλογικές ιδιότητες, ανθρώπινες δραστηριότητες κ.λπ.).
2. **Υψηλές Μέγιστες Τιμές (MAX):**
   - Η μέγιστη τιμή (1458.000) υποδηλώνει **πολύ υψηλές συγκεντρώσεις** για ορισμένα δείγματα, κάτι που ενδέχεται να σχετίζεται με **στιγμιαία ρύπανση** ή εποχικά φαινόμενα, όπως αυξημένες εκροές μετά από βροχοπτώσεις ή χρήση λιπασμάτων.
3. **Μηδενικές ή Πλησίον Μηδέν Τιμές:**
   - Παρατηρούνται **μηδενικές τιμές** σε MIN και σε άλλες μεταβλητές, γεγονός που πιθανόν υποδηλώνει **τιμές κάτω από το όριο ανίχνευσης (LOD)** για ορισμένα στοιχεία. Αυτό είναι αναμενόμενο σε υδροχημικές αναλύσεις φυσικού νερού.
4. **LOQ και LOD σε Λογικά Όρια:**
   - Οι μέσες τιμές των LOQ (4.955) και LOD (1.890) βρίσκονται σε φυσιολογικά επίπεδα για εργαστηριακές αναλύσεις και υποδηλώνουν ότι τα όρια ποσοτικοποίησης και ανίχνευσης ήταν **κατάλληλα για τα περισσότερα στοιχεία**.
5. **Ομοιομορφία Κατανομής:**
   - Το **διάγραμμα πυκνότητας (density)** για τον αριθμό των παραμέτρων υποδεικνύει ότι η κατανομή είναι σχετικά **ομοιόμορφη** – δεν υπάρχει έντονη συγκέντρωση μετρήσεων σε συγκεκριμένα στοιχεία. Αυτό υποδεικνύει **ποικιλομορφία στις χημικές παραμέτρους** που εξετάστηκαν.
6. **Επαρκής Αριθμός Παρατηρήσεων:**
   - Οι περισσότερες μεταβλητές έχουν πάνω από 100 έγκυρες παρατηρήσεις, κάτι που ενισχύει τη στατιστική εγκυρότητα των επόμενων αναλύσεων (συσχετίσεις, PCA κ.ά.).

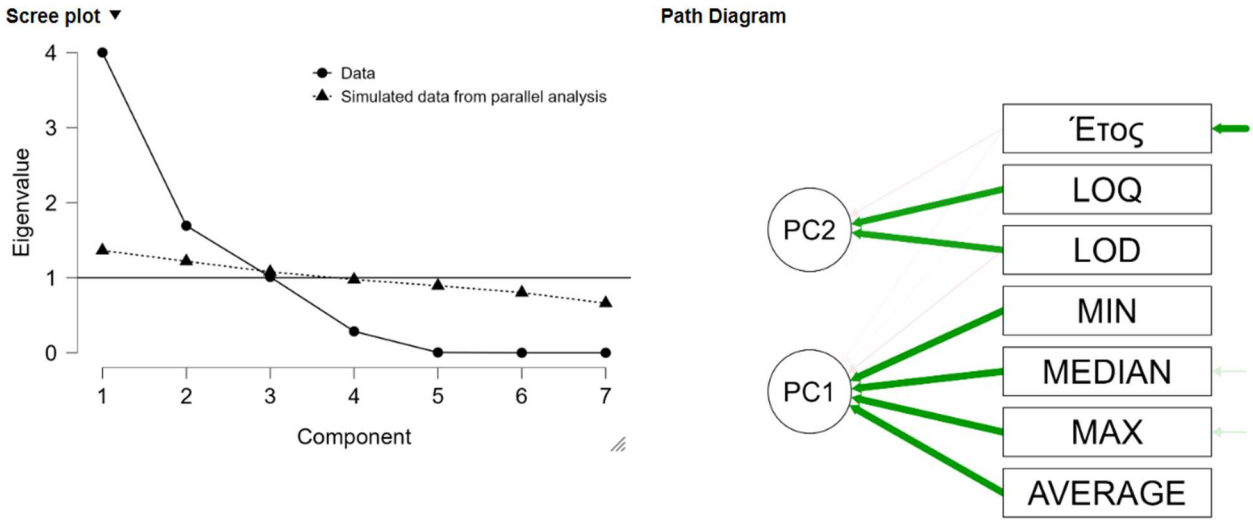
Η εικόνα που προκύπτει από τα περιγραφικά στατιστικά δείχνει ότι τα νερά του Αλμυρού ποταμού χαρακτηρίζονται από υψηλό βαθμό υδροχημικής μεταβλητότητας, κάτι που πιθανώς σχετίζεται με φυσικές γεωλογικές διεργασίες αλλά και ανθρώπινες επιρροές. Η ύπαρξη τόσο χαμηλών όσο και εξαιρετικά υψηλών τιμών ενισχύει την ανάγκη για περαιτέρω ανάλυση, όπως π.χ. συσχετίσεις μεταξύ παραμέτρων και ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA)**.**

4.1.1 Συμπεράσματα PCA Αλμυρού

Η PCA κατέδειξε την ύπαρξη δύο διακριτών διαστάσεων πληροφορίας στα δεδομένα του Αλμυρού:

- Η πρώτη αφορά την **γενική περιγραφική τάση των συγκεντρώσεων** (μέση τιμή, μέγιστο, ελάχιστο, διάμεσος) και ερμηνεύεται σχεδόν πλήρως από έναν μόνο άξονα.
- Η δεύτερη ενσωματώνει **τεχνικά στοιχεία ανίχνευσης/μέτρησης (LOQ, LOD)**, τα οποία διαφοροποιούνται σε σχέση με το γενικό πρότυπο.

Η μέθοδος PCA συνέβαλε καθοριστικά στην αποκάλυψη των παραπάνω δομών, προσφέροντας έναν **συνοπτικό και ερμηνεύσιμο τρόπο αναπαράστασης** των ποιοτικών χαρακτηριστικών των μετρήσεων. Η πληροφορία που προκύπτει μπορεί να αξιοποιηθεί για περαιτέρω στατιστική μοντελοποίηση ή οπτική παρουσίαση (Εικ. 25).



Εικόνα 25: Scree plot & Path diagram για την PCA Αλμυρού

Η PC1 συσχετίζεται ισχυρά με τις μεταβλητές MEDIAN, MAX, MIN και AVERAGE, που αφορούν πιθανώς φυσικοχημικά ή υδρολογικά χαρακτηριστικά.

Η PC2 συνδέεται περισσότερο με τις μεταβλητές LOQ, LOD και το Έτος, δείχνοντας ότι αυτή η συνιστώσα σχετίζεται με την ανίχνευση ορίων και χρονικές τάσεις.

Συμπέρασμα

1. Διατήρηση δύο κύριων συνιστωσών (PC1 και PC2) που εξηγούν το μεγαλύτερο ποσοστό της διακύμανσης.
2. Η PC1 αντικατοπτρίζει φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, ενώ η PC2 σχετίζεται με τον χρόνο (Έτος) και όρια ανίχνευσης (LOQ, LOD).
3. Η PCA επιτρέπει τη μείωση της πολυπλοκότητας των δεδομένων, διατηρώντας τις βασικές πληροφορίες.

4.2 Συμπεράσματα από τα Περιγραφικά Στατιστικά Ετήσιων Βροχοπτώσεων

1. **Μεταβλητότητα μεταξύ ετών και σταθμών**

Η μέση βροχόπτωση παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις από έτος σε έτος. Το 2013 είχε τη χαμηλότερη μέση τιμή (275,7 mm), ενώ το 2019 την υψηλότερη (735,4 mm). Αυτό υποδηλώνει διαφορετικές υδρολογικές συνθήκες ανά έτος, πιθανώς λόγω καιρικών φαινομένων, κυκλώνων ή περιόδων ξηρασίας.

2. **Ανομοιομορφία μεταξύ περιοχών**

Οι **υψηλές τιμές τυπικής απόκλισης** στα περισσότερα έτη (π.χ. 2015: 273 mm) δείχνουν **μεγάλες διαφορές βροχόπτωσης μεταξύ των 7 σταθμών**, κάτι που ενισχύει τη γεωγραφική ποικιλομορφία του νομού Ηρακλείου.

3. **Ακραίες τιμές (πιθανή ανάγκη καθαρισμού δεδομένων)**

Η εμφάνιση **μηδενικών τιμών** για την ελάχιστη βροχόπτωση στα έτη 2013, 2014 και 2015 πιθανόν δηλώνει:

   - είτε **σταθμούς με ελλιπή ή μη καταγεγραμμένα δεδομένα**
   - είτε **πραγματική απουσία βροχής**, γεγονός που όμως απαιτεί επιβεβαίωση.

4. **Ενιαία κατανομή το 2018**

Το έτος 2018 εμφανίζει **πολύ μικρή τυπική απόκλιση** (28.5 mm), γεγονός που υποδηλώνει ότι η βροχόπτωση ήταν **ομοιογενής σε όλους τους σταθμούς** εκείνη τη χρονιά.

5. **Γενικό υδρολογικό φορτίο περιοχής**

Ο συνολικός μέσος όρος βροχόπτωσης ανά σταθμό για την περίοδο 2013–2020 είναι **2863.9 mm**, με **εύρος από 2086.6 έως 3982.5 mm**. Αυτό φανερώνει πως **ορισμένες περιοχές έχουν σημαντικά υψηλότερη συμβολή στην υδρολογική ισορροπία**, πιθανώς λόγω γεωγραφίας (υψόμετρο, προσανατολισμός, απόσταση από θάλασσα.

4.2.1 Συμπεράσματα PCA Βροχόπτωσης

Συνολικά, η PCA έδειξε πως η διακύμανση των τιμών βροχόπτωσης παρουσιάζει ένα κοινό μοτίβο κυρίως για τις χρονιές με έντονη βροχόπτωση, ενώ ορισμένα έτη αποκλίνουν σημαντικά από αυτή τη γενική τάση. Η μεθοδολογία συνέβαλε στην αναγνώριση των κύριων διαστάσεων της μεταβλητότητας των δεδομένων και στην περαιτέρω ερμηνεία των συσχετίσεών τους.

5. ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΙ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 Συσχέτιση Στάθμης νερού Αλμυρού με χημικές παραμέτρους

Για την κατανόηση της σχέσης μεταξύ της στάθμης του υδροφορέα στον Αλμυρό και των επιμέρους χημικών παραμέτρων του νερού, εφαρμόστηκε ανάλυση συσχέτισης Pearson και Spearman. Η ανάλυση καλύπτει την περίοδο 2013-2015 και 2018-2020, με χρήση των ετήσιων τιμών για κάθε μεταβλητή (Εικ. 26).

Correlation ▼

Correlation Table ▼

			Pearson		Spearman		
			r	p	rho	p	Covariance
ΣΤΑΘΜΗ	-	Arsenic dissolved	0.505	.307	0.393	.441	3.047
ΣΤΑΘΜΗ	-	Aluminium dissolved	0.045	.933	0.177	.738	3.594
ΣΤΑΘΜΗ	-	Carbonates	−0.413	.416	−0.488	.326	−2.004
ΣΤΑΘΜΗ	-	Calcium	−0.438	.385	−0.516	.295	−99.731
ΣΤΑΘΜΗ	-	Cadmium dissolved	0.505	.307	0.393	.441	0.305
ΣΤΑΘΜΗ	-	Chloride	0.580	.227	0.600	.242	279.555
ΣΤΑΘΜΗ	-	Chromium dissolved	0.478	.338	0.414	.414	3.643
ΣΤΑΘΜΗ	-	Copper dissolved	0.696	.125	0.698	.123	15.846
ΣΤΑΘΜΗ	-	Dissolved Oxygen	−0.073	.890	−0.290	.577	−0.427
ΣΤΑΘΜΗ	-	Electrical conductivity	0.698	.123	0.714	.136	1,146.271
ΣΤΑΘΜΗ	-	Hydrogen carbonate (Bicarbonate) HCO3	−0.507	.305	−0.638	.173	−388.920
ΣΤΑΘΜΗ	-	Iron dissolved	0.402	.430	0.086	.919	82.061
ΣΤΑΘΜΗ	-	Magnesium	−0.425	.401	−0.577	.231	−42.006
ΣΤΑΘΜΗ	-	Manganese dissolved	−0.495	.318	−0.169	.749	−21.675
ΣΤΑΘΜΗ	-	Nickel dissolved	−0.071	.894	0.169	.749	−8.051
ΣΤΑΘΜΗ	-	Nitrate	0.308	.553	0.200	.714	10.360
ΣΤΑΘΜΗ	-	pH	−0.727	.101	−0.886	.033	−1.349
ΣΤΑΘΜΗ	-	Potassium	−0.233	.656	−0.395	.439	−4.020
ΣΤΑΘΜΗ	-	Sodium	−0.215	.683	−0.395	.439	−72.715
ΣΤΑΘΜΗ	-	Sulphate	0.338	.512	0.200	.714	36.477
ΣΤΑΘΜΗ	-	Temperature (W)	0.333	.518	0.058	.913	2.094
ΣΤΑΘΜΗ	-	Chromium 6+	0.505	.307	0.393	.441	6.093
ΣΤΑΘΜΗ	-	Lead dissolved	0.505	.307	0.393	.441	3.047
ΣΤΑΘΜΗ	-	Mercury dissolved	0.505	.307	0.393	.441	0.305
ΣΤΑΘΜΗ	-	Zinc dissolved	0.738	.094	0.845	.034	17.452

Εικόνα 26: Correlation table για την Στάθμη συναρτήσει των χημικών παραμέτρων του Αλμυρού.

Κύρια ευρήματα:

- **Ισχυρή θετική συσχέτιση** της στάθμης με:
  - **Zinc dissolved** (r = 0.738, p = 0.094)
  - **Electrical conductivity** (r = 0.698, p = 0.123)
  - **Copper dissolved** (r = 0.696, p = 0.125)

Αν και τα επίπεδα σημαντικότητας (p- values) είναι > 0.05 (λόγω μικρού δείγματος), οι συντελεστές Pearson δείχνουν σαφή τάση**:** όσο ανεβαίνει η στάθμη, αυξάνονται και οι συγκεντρώσεις των συγκεκριμένων στοιχείων.

- **Αρνητική συσχέτιση** παρατηρείται με:
  - **pH** (r = –0.727), δείχνοντας ότι υψηλότερες στάθμες σχετίζονται με μικρότερες τιμές pH.
  - **Μαγνήσιο** (r = –0.425) και **Ανθρακικά** (r = –0.413), γεγονός που μπορεί να υποδεικνύει αραίωση σε περιόδους υψηλής στάθμης.

- Ενδιαφέρουσες, αν και όχι στατιστικά σημαντικές, σχέσεις παρατηρούνται και με:
  - **Chromium dissolved** (r = 0.478)
  - **Chloride** (r = 0.580)
  - **Hydrogen carbonate** (HCO_3) (r = –0.507)

Οι τιμές αυτές δείχνουν μέτριου επιπέδου συσχετίσεις**,** υποδηλώνοντας ότι κάποιες παράμετροι ακολουθούν την υδροδυναμική του υδροφορέα.

Η γενική εικόνα υποδεικνύει ότι οι μεταβολές της στάθμης επιδρούν σε αρκετές χημικές παραμέτρους**,** κυρίως λόγω διαλυτοποίησης, αραίωσης ή εμπλουτισμού του υδροφόρου ορίζοντα από ανθρωπογενείς και φυσικές διεργασίες.

Η θετική συσχέτιση με την ηλεκτρική αγωγιμότητα υποδηλώνει πως όσο υψηλότερη η στάθμη, τόσο αυξάνεται η περιεκτικότητα σε ιόντα**,** γεγονός που σχετίζεται πιθανώς με εισροές θαλασσινού νερού ή διάλυση αλάτων. Αντίθετα, η αρνητική συσχέτιση με το pH μπορεί να συνδέεται με μεταβολές στην αλκαλικότητα και πιθανή οξίνιση.

Παρότι λόγω μικρού δείγματος δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις ($p < 0.05$**),** οι τάσεις που παρατηρούνται είναι συνεπείς και αξιόλογες**.** Προτείνεται σε μελλοντικές μελέτες η διεύρυνση του δείγματος ώστε να επιβεβαιωθούν οι σχέσεις αυτές σε μεγαλύτερη κλίμακα.

5.2 Συσχέτιση Στάθμης νερού Αλμυρού με Ετήσιες βροχοπτώσεις

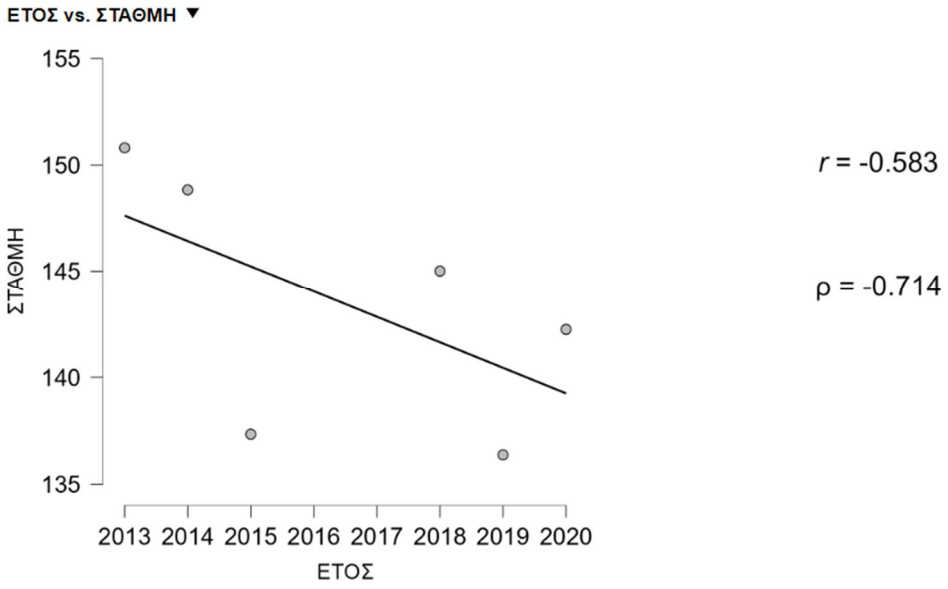
Η ανάλυση των δεδομένων ανέδειξε σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ της στάθμης του ποταμού Αλμυρού, της ετήσιας βροχόπτωσης και του έτους. Πιο συγκεκριμένα, η συσχέτιση μεταξύ της **μέσης ετήσιας στάθμης** του ποταμού και της **ετήσιας βροχόπτωσης** εμφανίζεται **ισχυρά αρνητική** (Pearson r = -0.881, p = 0.020 και Spearman ρ = -0.943, p = 0.017), γεγονός που υποδηλώνει ότι όσο αυξάνεται η βροχόπτωση, η στάθμη του ποταμού τείνει να μειώνεται (Εικ. 27). Το αποτέλεσμα αυτό είναι στατιστικά σημαντικό και υποδηλώνει την ύπαρξη μιας μη προφανώς θετικής σχέσης μεταξύ των δύο μεταβλητών. Αντίθετα με την αναμενόμενη θετική συσχέτιση (περισσότερη βροχή → υψηλότερη στάθμη), ενδέχεται να υπάρχουν υδρογεωλογικοί ή ανθρωπογενείς παράγοντες**,** όπως αυξημένη απορροή, διήθηση προς τον υπόγειο υδροφορέα, ή ανθρώπινες παρεμβάσεις (όπως γεωτρήσεις, έργα ύδρευσης και αποστραγγιστικά έργα) που μειώνουν τη στάθμη του επιφανειακού νερού παρά την αύξηση της βροχόπτωσης.

Correlation ▼

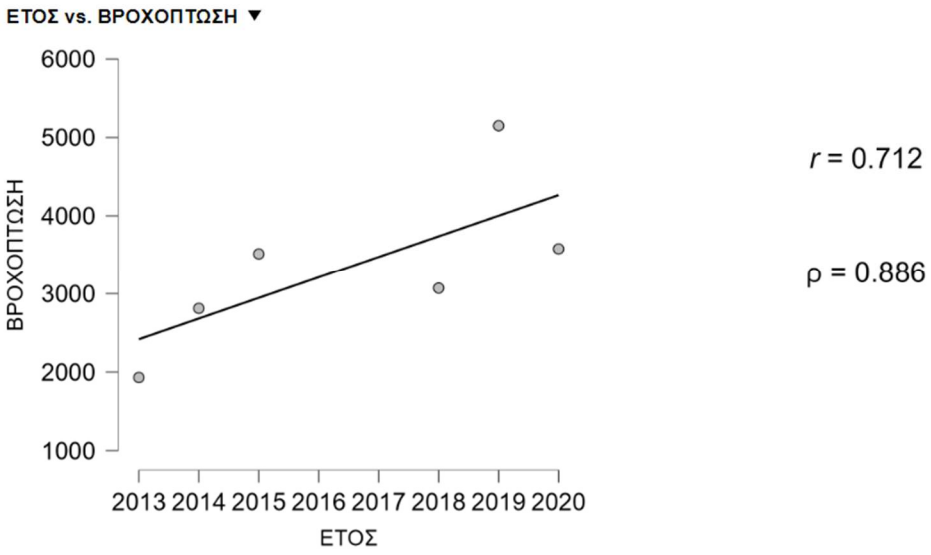
Correlation Table

			Pearson		Spearman	
			r	p	rho	p
ΕΤΟΣ	-	ΣΤΑΘΜΗ	−0.583	.224	−0.714	.136
ΕΤΟΣ	-	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	0.712	.112	0.886	.033
ΣΤΑΘΜΗ	-	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	−0.881	.020	−0.943	.017

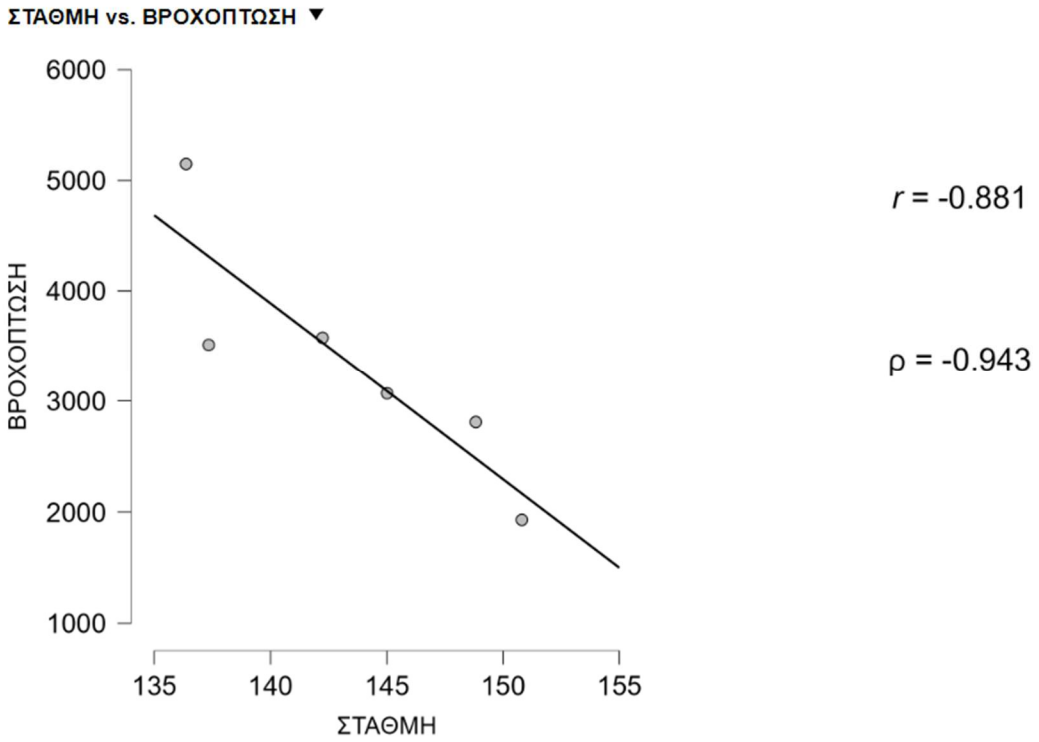
Εικόνα 27: Correlation table για την Στάθμη συναρτήσει Έτους και Βροχόπτωσης.



Εικόνα 28: Scatter plot Έτους-Στάθμης για τη χρονική περίοδο 2013-2020.



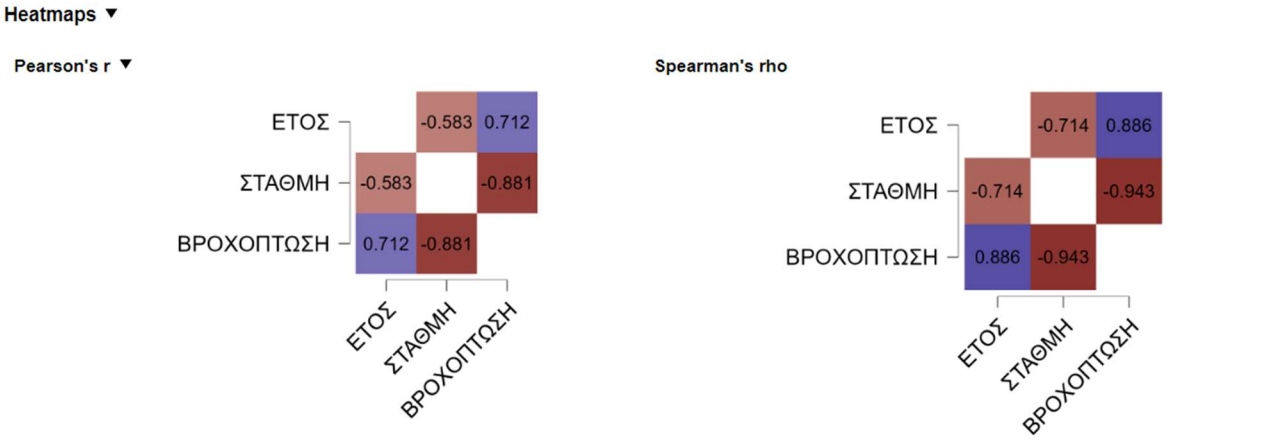
Εικόνα 29: Scatter plot Βροχόπτωσης-Έτους.



Εικόνα 30: Scatter plot Βροχόπτωσης-Στάθμης.

Επιπλέον, παρατηρείται θετική συσχέτιση μεταξύ του **έτους και της βροχόπτωσης** (r = 0.712, ρ = 0.886), με στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα στο Spearman (p = 0.033), που δηλώνει ότι η βροχόπτωση παρουσιάζει **αυξητική τάση με την πάροδο των ετών (2013-2020)**. Παράλληλα, η **στάθμη του ποταμού μειώνεται με την πάροδο των ετών** (r = -0.583, ρ = -0.714), αν και το αποτέλεσμα δεν είναι στατιστικά σημαντικό (p > 0.05), υποδεικνύοντας όμως μια πιθανή τάση μείωσης.

Τα διαγράμματα διασποράς ενισχύουν τα παραπάνω συμπεράσματα (Εικ. 28-30), καθώς δείχνουν ξεκάθαρες γραμμικές σχέσεις ανάμεσα στις μεταβλητές, με τις τάσεις να συμφωνούν με τους στατιστικούς δείκτες. Ιδιαίτερα η γραμμή παλινδρόμησης της σχέσης μεταξύ στάθμης και βροχόπτωσης δείχνει καθαρή καθοδική πορεία.



Εικόνα 31: Heatmaps (Διαγράμματα Συσχέτισης)

Στα διαγράμματα συσχέτισης (heatmaps) (Εικ. 31) παρουσιάζονται οι τιμές των συντελεστών συσχέτισης Pearson και Spearman μεταξύ των μεταβλητών Έτος **,** Στάθμη και Βροχόπτωση. Οι αποχρώσεις υποδηλώνουν το μέγεθος και την κατεύθυνση της συσχέτισης: οι **θετικές τιμές** (προς το μπλε) δείχνουν άμεση σχέση, ενώ οι **αρνητικές τιμές** (προς το κόκκινο) δείχνουν αντίστροφη σχέση.

Τα heatmaps (Εικ. 31) επιβεβαιώνουν ότι:

- Η **βροχόπτωση αυξάνεται με τα έτη** (θετική συσχέτιση με το έτος: Pearson r = 0.712, Spearman ρ = 0.886).
- Η **στάθμη του ποταμού μειώνεται με τα έτη** (αρνητική συσχέτιση: r = -0.583, ρ = -0.714).
- Η πιο έντονη και στατιστικά σημαντική συσχέτιση παρατηρείται ανάμεσα στη **στάθμη και τη βροχόπτωση**, όπου εμφανίζεται **ισχυρή αρνητική σχέση** (r = -0.881, ρ = -0.943).

Συμπερασματικά, η παρούσα ανάλυση υποδεικνύει ότι, παρά την αύξηση της βροχόπτωσης τα έτη 2013-2020, η στάθμη του ποταμού Αλμυρού παρουσιάζει πτωτική τάση. Αυτό αποτελεί ένδειξη ότι η υδρολογική ισορροπία της περιοχής ενδέχεται να επηρεάζεται περισσότερο από **ανθρωπογενείς παρεμβάσεις ή και υδρογεωλογικές μεταβολές**, παρά από τις καιρικές συνθήκες.

5.3 Συζήτηση και Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία διερεύνησε τη διαχρονική μεταβολή της στάθμης του ποταμού Αλμυρού και τη σχέση της τόσο με χημικές παραμέτρους όσο και με μετεωρολογικά δεδομένα, με ιδιαίτερη έμφαση στη βροχόπτωση. Μέσα από την ανάλυση περιγραφικών στατιστικών, της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (PCA) και των συσχετίσεων Pearson και Spearman, προέκυψαν χρήσιμα συμπεράσματα για την υδρολογική και ποιοτική κατάσταση του ποταμού.

Η συσχέτιση μεταξύ της μέσης ετήσιας στάθμης του ποταμού και της ετήσιας βροχόπτωσης βρέθηκε ισχυρά αρνητική (Pearson r = -0.881, p = 0.020 και Spearman ρ = -0.943, p = 0.017), γεγονός που υποδηλώνει ότι όσο αυξάνεται η βροχόπτωση, η στάθμη του ποταμού τείνει να μειώνεται. Το αποτέλεσμα αυτό είναι στατιστικά σημαντικό και έρχεται σε αντίθεση με την αναμενόμενη θετική σχέση (περισσότερη βροχή → υψηλότερη στάθμη). Η ασυνήθιστη αυτή τάση πιθανόν να αντανακλά την επίδραση υδρογεωλογικών συνθηκών και ανθρωπογενών παρεμβάσεων, όπως αυξημένη απορροή, διήθηση προς τον υπόγειο υδροφορέα, υπεράντληση μέσω γεωτρήσεων ή έργα αποστράγγισης και υδροδότησης.

Επιπλέον, παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση μεταξύ του έτους και της βροχόπτωσης (r = 0.712, ρ = 0.886), με στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα στο Spearman (p = 0.033), γεγονός που δείχνει ότι η βροχόπτωση εμφανίζει αυξητική τάση με την πάροδο του χρόνου. Αντίθετα, η στάθμη του ποταμού εμφανίζει πτωτική τάση (r = -0.583, ρ = -0.714), αν και το αποτέλεσμα δεν είναι στατιστικά σημαντικό (p > 0.05), υποδεικνύοντας ωστόσο μια ενδεχόμενη σταθερή μείωση.

Η ανάλυση PCA κατέδειξε την ύπαρξη δύο κύριων συνιστωσών που εξηγούν το μεγαλύτερο μέρος της διακύμανσης των δεδομένων. Η πρώτη συνδέεται άμεσα με παραμέτρους συγκέντρωσης ανόργανων ουσιών, ενώ η δεύτερη εστιάζει σε ειδικές χημικές μεταβλητές, γεγονός που υποδηλώνει κοινές πηγές ή μηχανισμούς επίδρασης στην ποιότητα του νερού.

Τα διαγράμματα διασποράς που δημιουργήθηκαν στο JASP ενίσχυσαν τα παραπάνω συμπεράσματα, παρουσιάζοντας ξεκάθαρες γραμμικές σχέσεις ανάμεσα στις μεταβλητές και γραμμές παλινδρόμησης που συμφωνούν με τους στατιστικούς δείκτες. Ειδικά η γραφική απεικόνιση της σχέσης στάθμης – βροχόπτωσης έδειξε καθαρά την καθοδική πορεία της στάθμης παρά την αυξημένη βροχόπτωση.

Συνολικά, τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι οι μεταβολές της στάθμης και της ποιότητας του ποταμού Αλμυρού δεν μπορούν να αποδοθούν αποκλειστικά στις κλιματικές συνθήκες, αλλά πιθανότατα επηρεάζονται καθοριστικά από την ανθρώπινη δραστηριότητα και τις τοπικές υδρογεωλογικές ιδιαιτερότητες. Το εύρημα αυτό υπογραμμίζει την ανάγκη για περαιτέρω, πιο στοχευμένη έρευνα που θα συνδυάζει υδρολογικά δεδομένα, κλιματικούς παράγοντες και στοιχεία ανθρωπογενούς παρέμβασης.

5.4 Πλεονεκτήματα της χρήσης JASP στην περιβαλλοντική στατιστική

Η χρήση του JASP στην παρούσα εργασία αποδείχθηκε ιδιαίτερα επωφελής για την ανάλυση περιβαλλοντικών δεδομένων. Το λογισμικό παρέχει ένα φιλικό προς τον χρήστη περιβάλλον, με δυνατότητα άμεσης οπτικοποίησης των αποτελεσμάτων μέσω γραφημάτων και διαγραμμάτων, γεγονός που διευκολύνει την κατανόηση και ερμηνεία των στατιστικών σχέσεων. Επιπλέον, το JASP υποστηρίζει τόσο παραμετρικές όσο και μη παραμετρικές μεθόδους (π.χ. Pearson και Spearman), δίνοντας τη δυνατότητα στον ερευνητή να επιλέξει την κατάλληλη τεχνική ανάλογα με τη φύση των δεδομένων. Η δυνατότητα εκτέλεσης σύνθετων αναλύσεων, όπως η Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA), σε συνδυασμό με την αυτόματη εξαγωγή πινάκων και την εύκολη ενσωμάτωσή τους σε κείμενα, καθιστά το JASP ένα ισχυρό εργαλείο για εφαρμογές στην περιβαλλοντική στατιστική. Σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί επίσης η δωρεάν διάθεση και η συνεχής αναβάθμιση του

λογισμικού, επιτρέποντας την ευρεία χρήση του σε ακαδημαϊκές και ερευνητικές εργασίες χωρίς οικονομικό κόστος. Η δυνατότητα εισαγωγής δεδομένων από πολλαπλές μορφές αρχείων (π.χ. Excel, CSV) και η αυτόματη αναγνώριση τύπων μεταβλητών επιταχύνει σημαντικά τη διαδικασία προετοιμασίας των δεδομένων.

Η στατιστική ανάλυση είναι μια κρίσιμη δεξιότητα για την κατανόηση και ερμηνεία δεδομένων σε έναν κόσμο που κατακλύζεται από πληροφορίες. Είτε πρόκειται για την πρόβλεψη των τάσεων σε μια επιχείρηση, την ανάλυση κλινικών δεδομένων για την ανάπτυξη νέων θεραπειών, είτε για τη μελέτη κοινωνικών φαινομένων, η στατιστική μας επιτρέπει να εξάγουμε τεκμηριωμένα συμπεράσματα και να λαμβάνουμε ενημερωμένες αποφάσεις. Η εκπαίδευση στη στατιστική ενισχύει την ικανότητά μας να σκεφτόμαστε κριτικά, να αναλύουμε δεδομένα και να κατανοούμε την αβεβαιότητα και τους κινδύνους. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και τη συνεχή αύξηση των διαθέσιμων δεδομένων, η στατιστική ανάλυση θα συνεχίσει να παίζει καθοριστικό ρόλο σε όλους τους τομείς της επιστήμης και της κοινωνίας. Η ανάπτυξη της στατιστικής ως επιστήμης και εργαλείου έχει επίσης ηθικές και κοινωνικές διαστάσεις. Η ορθή χρήση των στατιστικών δεδομένων και η προστασία της ιδιωτικότητας είναι σημαντικές προκλήσεις. Επιπλέον, η ανάγκη για διαφάνεια και υπευθυνότητα στη συλλογή, ανάλυση και παρουσίαση των δεδομένων είναι πιο επίκαιρη από ποτέ.

5.5 Περιορισμοί - Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Παρά τα σημαντικά πλεονεκτήματα, η παρούσα έρευνα αντιμετώπισε ορισμένους περιορισμούς. Πρώτον, η διαθεσιμότητα δεδομένων για τον ποταμό Αλμυρό ήταν περιορισμένη σε συγκεκριμένα έτη, γεγονός που δυσκόλεψε την εκτίμηση μακροπρόθεσμων τάσεων. Δεύτερον, η απουσία ορισμένων μετρήσεων για χημικές παραμέτρους και η ανάγκη για αναπλήρωση ή παράλειψη ελλιπών τιμών μπορεί να επηρέασαν την ακρίβεια των στατιστικών συσχετίσεων και της PCA.

Επιπλέον, η ανάλυση περιορίστηκε σε ετήσια δεδομένα, παραβλέποντας την ενδεχόμενη εποχικότητα που θα μπορούσε να παρέχει πιο λεπτομερή εικόνα για τις μεταβολές στη στάθμη και την ποιότητα του νερού. Ο συνδυασμός υψηλότερης συχνότητας μετρήσεων και εμπλουτισμένων δεδομένων για κλιματικούς, υδρογεωλογικούς και ανθρωπογενείς παράγοντες θα μπορούσε να ενισχύσει την εγκυρότητα των συμπερασμάτων.

Για μελλοντική έρευνα, προτείνεται:

- Συλλογή δεδομένων σε μηνιαία ή εβδομαδιαία βάση ώστε να καταγραφεί η εποχική διακύμανση.
- Εμπλουτισμός της βάσης δεδομένων με στοιχεία άντλησης νερού, χρήσης γης και κατασκευαστικών έργων στην περιοχή.
- Εφαρμογή προηγμένων μοντέλων παλινδρόμησης και πολυπαραγοντικής ανάλυσης για τον προσδιορισμό της σχετικής συμβολής φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων.
- Σύγκριση των αποτελεσμάτων με άλλες παρόμοιες λεκάνες απορροής για την εξαγωγή γενικότερων συμπερασμάτων.

6. Επίλογος

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ανέδειξε την αξία της στατιστικής ανάλυσης στην κατανόηση και ερμηνεία περιβαλλοντικών δεδομένων, εστιάζοντας στον ποταμό Αλμυρό και τη σχέση του με τις κλιματολογικές και υδρογεωλογικές παραμέτρους της περιοχής. Μέσα από τη συστηματική αξιοποίηση του λογισμικού JASP, πραγματοποιήθηκε μια ολοκληρωμένη ανάλυση που περιέλαβε περιγραφικά στατιστικά, έλεγχο συσχετίσεων και εφαρμογή της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (PCA).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, παρά την αυξητική τάση της βροχόπτωσης τα έτη 2013-2015 και 2018-2020, η στάθμη του ποταμού παρουσιάζει πτωτική πορεία, γεγονός που υποδηλώνει την ισχυρή επίδραση ανθρωπογενών παρεμβάσεων και πιθανόν υδρογεωλογικών διεργασιών. Επιπλέον, η στατιστική διερεύνηση ανέδειξε την πολυπλοκότητα των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των φυσικών και χημικών παραμέτρων, υπογραμμίζοντας την ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση με μεγαλύτερη ανάλυση δεδομένων και πολυπαραγοντικές προσεγγίσεις.

Η εργασία αυτή δεν περιορίζεται στην ανάλυση ενός τοπικού υδατικού συστήματος, αλλά αναδεικνύει και την ευρύτερη σημασία της ορθής διαχείρισης των υδάτινων πόρων, ιδίως σε περιοχές με υψηλή οικολογική και οικονομική αξία. Παράλληλα, επιβεβαιώνει ότι τα σύγχρονα στατιστικά εργαλεία, όταν συνδυάζονται με αξιόπιστα δεδομένα και κριτική επιστημονική προσέγγιση, μπορούν να προσφέρουν πολύτιμη γνώση για τη βιώσιμη ανάπτυξη και την προστασία του περιβάλλοντος.

Συνολικά, η εργασία αποτελεί ένα παράδειγμα του πώς η περιβαλλοντική στατιστική μπορεί να λειτουργήσει ως γέφυρα μεταξύ επιστημονικής έρευνας και πρακτικής εφαρμογής, συμβάλλοντας ουσιαστικά στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων για τη διαχείριση φυσικών πόρων.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1.JASP Team. (2024). *JASP (Version 0.18) [Computer software]*. https://jasp-stats.org

2.MDPI. (2024). Hydrological and Environmental Dynamics of the Almyros River Basin in Crete, Greece. *Remote Sensing*, 17(9), 1532. https://doi.org/10.3390/rs17091532

3.Meteo.gr. (2025). Κλιματικά Δεδομένα Σταθμών Ηρακλείου. *Meteo – Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών*. https://www.meteo.gr

4.Field, A. (2017). *Discovering statistics using IBM SPSS Statistics* (5th ed.). SAGE Publications.

5.JASP Team. (2024). *JASP (Version 0.18) [Computer software]*. https://jasp-stats.org

6.Jolliffe, I. T., & Cadima, J. (2016). Principal component analysis: A review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2065), 20150202. https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202

7.Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P., & Boscolo, R. (Eds.). (2006). *Mediterranean climate variability*. Elsevier.

8.MDPI. (2024). Hydrological and environmental dynamics of the Almyros River Basin in Crete, Greece. *Remote Sensing*, 17(9), 1532. https://doi.org/10.3390/rs17091532

9.National Observatory of Athens. (2025). Climatological data of Crete stations. *Meteo.gr*. https://www.meteo.gr

10.Tzoraki, O., Nikolaidis, N. P., & Skoulikidis, N. (2012). Water resources management in the Almyros Basin, Crete: Balancing water supply and demand under climate variability. *Environmental Earth Sciences*, 66(1), 215–228. https://doi.org/10.1007/s12665-011-1244-3

11.Wagenmakers, E.-J., Marsman, M., Jamil, T., Ly, A., Verhagen, J., Love, J., ... & Morey, R. D. (2018). Bayesian inference for psychology. Part I: Theoretical advantages and practical ramifications. *Psychonomic Bulletin & Review*, 25, 35–57. https://doi.org/10.3758/s13423-017-1343-3

12. Tzanakakis, V. A., Angelakis, A. N., Paranychianakis, N. V., Dialynas, Y. G., & Tchobanoglous, G. (2020). *Challenges and opportunities for sustainable management of water resources in the island of Crete, Greece*. Water, 12(6), Article 1538. https://doi.org/10.3390/w12061538

13. Kokolakis, S., Kokinou, E., Karagiannidou, M., Gerarchakis, N., Vasilakos, C., Kotti, M., & Chronaki, C. (2025). From Space to Stream: Combining Remote Sensing and In Situ Techniques for Comprehensive Stream Health Assessment. *Remote Sensing, 17*(9), Article 1532. https://doi.org/10.3390/rs17091532