

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΕΙΔΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ



ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Ανάλυση Περιβαλλοντικών Χρονολογικών Σειρών με
Στατιστικές μεθόδους»

Χρυσούλα Κακαλούλη

ΒΟΛΟΣ 2024

UNIVERSITY OF THESSALY
DEPARTMENT OF ICHTHYOLOGY AND AQUATIC ENVIRONMENT AND
DEPARTMENT OF SPECIAL EDUCATION



JOINT POSTGRADUATE PROGRAMME
«EDUCATION FOR SUSTAINABILITY AND THE ENVIRONMENT»

JOINT POSTGRADUATE MASTER'S THESIS

«Environmental Time Series Analysis with Statistical Methods»

Chrysoula Kakalouli

VOLOS 2024

© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, Έτος (έτος ολοκλήρωσης της Μ.Δ.Ε.) Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία (Μ.Δ.Ε.), η οποία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών: Εκπαίδευση για την Αειφορία και το Περιβάλλον και τα λοιπά αποτελέσματα αυτής αποτελούν συνιδιοκτησία του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και του φοιτητή, ο καθένας από τους οποίους έχει το δικαίωμα ανεξάρτητης χρήσης και αναπαραγωγής τους (στο σύνολο ή τμηματικά) για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, σε κάθε περίπτωση αναφέροντας τον τίτλο και το συγγραφέα και το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, όπου εκπονήθηκε η Μ.Δ.Ε. καθώς και τον Επιβλέποντα Καθηγητή και την Επιτροπή Αξιολόγηση

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Αθανάσιος Φράγκου, μέλος ΕΔΙΠ βαθμίδας Α, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών,
Πολυτεχνική Σχολή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Επιβλέπων***

Αθανάσιος Θεοφιλάτος, Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών,
Πολυτεχνική Σχολή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος***

Μάριος - Ευστάθιος Σπηλιωτόπουλος, μέλος ΕΔΙΠ βαθμίδας Α, Τμήμα Πολιτικών
Μηχανικών, Πολυτεχνική Σχολή, ***Μέλος***

Περιεχόμενα

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
2.	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	5
3.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ	11
	3.1 Μελέτη Δεδομένων Βόλου.....	12
	3.2 Μελέτη Δεδομένων Λάρισας	27
	3.3 Μελέτη Δεδομένων Ιωαννίνων	40
	3.4 Μελέτη Δεδομένων Χανίων	54
4.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	69
5.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	71

"Όταν θέλεις κάτι πάρα πολύ,
όλο το σύμπαν συνωμοτεί
για να τα καταφέρεις"
Paulo Coelho

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις πιο θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Αθανάσιο Φράγκου για το ήθος, την παρότρυνση, την ευγένεια, την συνέπεια και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε καθ' όλη τη διάρκεια της διπλωματικής μου εργασίας. Η καθοδήγησή του υπήρξε πολύτιμη και καθοριστική για την ολοκλήρωση της μελέτης αυτής. Καθώς επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω και τους αξιόλογους καθηγητές κυρίους Θεοφιλάτο και Σπηλιωτόπουλο για τις εύστοχες υποδείξεις τους που διευρύναν τις γνώσεις μου. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές του μεταπτυχιακού προγράμματος για τις τόσο ενδιαφέρουσες γνώσεις που μου μετέδωσαν και για το πώς συνέβαλαν στη διαμόρφωση του επιστημονικού μου υπόβαθρου.

Τέλος, ένα ιδιαίτερο ευχαριστώ στην οικογένειά μου, για τη συνεχή στήριξη και υπομονή που επέδειξε καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της απαιτητικής πορείας. Ένα μεγάλο συγγνώμη για τις στιγμές που σας παραμέλησα, αλλά η στήριξή σας ήταν πολύτιμη και καθοριστική για την επίτευξη αυτού του στόχου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία θα αναλύσουμε τα κλιματικά χαρακτηριστικά τεσσάρων ελληνικών πόλεων που βρίσκονται σε διαφορετικά γεωγραφικά μήκη: τον Βόλο, τη Λάρισα, τα Ιωάννινα και τα Χανιά. Οι πόλεις αυτές επιλέχθηκαν ώστε να εκπροσωπούν διαφορετικές κλιματικές ζώνες της χώρας, δίνοντας μια συνολική εικόνα των διαφοροποιήσεων των καιρικών συνθηκών στην Ελλάδα. Σκοπός της μελέτης είναι να διερευνήσουμε τις κλιματικές συνθήκες της κάθε πόλης με τη χρήση των εργαλείων MATLAB και EXCEL που προέρχονται από τα δεδομένα της NASA. Με τη χρήση στατιστικών μεθόδων, όπως η ανάλυση χρονοσειρών, θα προχωρήσουμε σε βαθύτερη διερεύνηση των τάσεων και των μεταβολών στο κλίμα, επιτρέποντάς μας να εξάγουμε αξιόπιστα συμπεράσματα. Τα δεδομένα αυτά θα μας βοηθήσουν να κατανοήσουμε τις τοπικές κλιματικές συνθήκες και τις επιπτώσεις τους στις τοπικές κοινότητες, αλλά και να συγκρίνουμε τις κλιματικές διαφορές μεταξύ των πόλεων. Τα ευρήματα της μελέτης θα συζητηθούν εκτενώς, παρέχοντας πολύτιμες πληροφορίες για τις τοπικές και ευρύτερες κλιματικές τάσεις, με στόχο να συμβάλουν στην κατανόηση των διαφοροποιήσεων του κλίματος και της δυναμικής του στην περιοχή της Ελλάδας.

ABSTRACT

In this study, we will analyze the climatic characteristics of four Greek cities located at different geographical longitudes: Volos, Larissa, Ioannina, and Chania. These cities were chosen to represent various climatic zones of the country, offering a comprehensive overview of the variations in weather conditions across Greece. The purpose of this research is to investigate the climate conditions of each city using tools such as MATLAB and EXCEL, which will allow us to process and analyze satellite data obtained from NASA. By employing statistical methods, such as time series analysis, we will conduct a deeper exploration of climate trends and fluctuations, enabling us to draw reliable conclusions. This data will help us understand the local climatic conditions and their effects on the local communities, while also comparing the climate differences among the cities. The study's findings will be discussed, offering valuable insights into local and broader climate trends, with the aim of contributing to the understanding of climate variability and dynamics in Greece.

Λέξεις κλειδιά: Περιγραφική Στατιστική, Ανάλυση Χρονοσειρών, Περιβαλλοντικά Δεδομένα, MATLAB, EXCEL

Keywords: Descriptive Statistics, Time Series Analysis, Environmental Data, MATLAB, EXCEL

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα μελέτη επικεντρώνεται στη χρήση μαθηματικών λογισμικών, όπως το MATLAB (MathWorks, 2023) και το EXCEL (Microsoft Corporation, 2018) για την ανάλυση περιβαλλοντικών δεδομένων και τη μελέτη της συμπεριφοράς χρονοσειρών. Στην εισαγωγή, αναλύονται το αντικείμενο της έρευνας, οι λόγοι που οδήγησαν στην επιλογή του θέματος και οι ερευνητικοί στόχοι. Σε θεωρητικό επίπεδο, γίνεται ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας, με έμφαση στη συμβολή προηγούμενων ερευνών που χρησιμοποίησαν μαθηματικά μοντέλα για την κατανόηση περιβαλλοντικών φαινομένων. Στη μεθοδολογία, περιγράφονται τα εργαλεία και οι τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή, ανάλυση και οπτικοποίηση των δεδομένων, καθώς και τα στατιστικά μέτρα που εφαρμόστηκαν. Στην ανάλυση των αποτελεσμάτων, παρουσιάζονται γραφήματα και πίνακες που απεικονίζουν τη συμπεριφορά των περιβαλλοντικών χρονοσειρών στις τέσσερις πόλεις που εξετάζονται, προσφέροντας συγκρίσεις στατιστικών μεγεθών. Τέλος, τα συμπεράσματα συνοψίζουν τα ευρήματα της μελέτης, τονίζοντας την αποτελεσματικότητα των μαθηματικών λογισμικών.

Η ανάλυση χρονοσειρών στο περιβαλλοντικό πλαίσιο αποτελεί κρίσιμο εργαλείο για την κατανόηση και πρόβλεψη φαινομένων που σχετίζονται με το κλίμα, τα οικοσυστήματα και τους φυσικούς πόρους. Η χρήση στατιστικών εργαλείων, όπως το MATLAB και το EXCEL, έχει συμβάλει σημαντικά στην ακριβή ανάλυση και επεξεργασία δεδομένων. Το MATLAB διακρίνεται για την ικανότητά του να διαχειρίζεται σύνθετες χρονοσειρές μέσω εξειδικευμένων μαθηματικών και στατιστικών εργαλείων. Συγκεκριμένα, προσφέρει ενσωματωμένες λειτουργίες που διευκολύνουν την ανάλυση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων, όπως το φίλτρο Kalman, η παλινδρόμηση και η ομαλοποίηση (Durbin & Koopman, 2001). Οι αλγόριθμοι του MATLAB επιτρέπουν την εφαρμογή προηγμένων στατιστικών μεθόδων, καθιστώντας το κατάλληλο για την ανάλυση περιβαλλοντικών χρονοσειρών που σχετίζονται με παραμέτρους όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και η υετόπτωση. Από την άλλη πλευρά, το EXCEL παρέχει εύχρηστα εργαλεία για τη βασική ανάλυση και οπτικοποίηση δεδομένων. Παρόλο που δεν είναι τόσο εξειδικευμένο όσο το MATLAB, το EXCEL είναι ευρέως διαδεδομένο για την ευκολία του στη δημιουργία γραφικών παραστάσεων και τη βασική στατιστική ανάλυση (McFedries, 2013). Οι λειτουργίες του, όπως οι γραμμές τάσης και οι συναρτήσεις

παλινδρόμησης, είναι εξαιρετικά χρήσιμες για την ανάλυση και την απεικόνιση περιβαλλοντικών δεδομένων, παρέχοντας μια σαφή εικόνα των τάσεων σε βάθος χρόνου. Συνδυάζοντας τις δυνατότητες των δύο εργαλείων, οι ερευνητές μπορούν να αναλύσουν αποτελεσματικά περιβαλλοντικές χρονοσειρές, παρέχοντας ακριβή και αξιόπιστα αποτελέσματα. Η δυνατότητα εξαγωγής και πρόβλεψης από τα ιστορικά δεδομένα είναι ιδιαίτερα σημαντική σε τομείς όπως η κλιματική αλλαγή και η μελέτη καιρού, όπου η ακρίβεια είναι κρίσιμη (Shumway & Stoffer, 2017).

Η ανάλυση χρονοσειρών χρησιμοποιείται για την κατανόηση και μοντελοποίηση δεδομένων που συλλέγονται κατά τη διάρκεια του χρόνου, όπως οι κλιματολογικές μετρήσεις, οι τιμές ρύπων και άλλοι περιβαλλοντικοί παράγοντες. Η χρήση χρονοσειρών στην περιβαλλοντική ανάλυση είναι κρίσιμη για την αναγνώριση τάσεων, εποχιακών διακυμάνσεων και ανωμαλιών σε δεδομένα. Συγκρίνοντας τα δυο λογισμικά διαπιστώνουμε ότι το MATLAB(MATrix LABoratory) είναι μια γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου που αναπτύχθηκε από την MathWorks, παρέχοντας ένα διαδραστικό περιβάλλον για αριθμητικούς υπολογισμούς, οπτικοποίηση και προγραμματισμό. Επιτρέπει χειρισμούς σε πίνακες, δημιουργία γραφημάτων, υλοποίηση αλγορίθμων, καθώς και διασύνδεση με άλλες γλώσσες όπως C, C++, Java και Fortran. Είναι εξαιρετικά χρήσιμο για την ανάλυση δεδομένων και την ανάπτυξη μοντέλων, ενώ διαθέτει πλήθος ενσωματωμένων εντολών και μαθηματικών συναρτήσεων για την εκτέλεση σύνθετων υπολογισμών και μεθόδων. Το EXCEL, από την άλλη, είναι ένα εργαλείο υπολογιστικών φύλλων που αναπτύχθηκε από τη Microsoft και χρησιμοποιείται ευρέως για την ανάλυση δεδομένων, την εκτέλεση υπολογισμών και τη δημιουργία γραφημάτων. Αν και πιο απλό στη χρήση σε σύγκριση με το MATLAB, το EXCEL προσφέρει εύκολη οργάνωση δεδομένων και γραφικά παραστάσεων με λίγα κλικ, γεγονός που το καθιστά ιδανικό για καθημερινές επιχειρησιακές αναλύσεις. Παρόλο που το EXCEL είναι πιο προσιτό και φιλικό προς το χρήστη, το MATLAB υπερέχει στην ανάλυση μεγάλων συνόλων δεδομένων και στην υλοποίηση πιο σύνθετων μαθηματικών διαδικασιών.

Στην Περιβαλλοντική Επιστήμη η ανάλυση χρονοσειρών είναι σημαντική, καθώς επιτρέπει την κατανόηση των κλιματολογικών αλλαγών, της διακύμανσης ρύπων και των αλλαγών σε φυσικά συστήματα. Μέσω των MATLAB και EXCEL, οι επιστήμονες μπορούν να αναλύσουν δεδομένα όπως οι εκπομπές ρύπων, η θερμοκρασία, και η

ποιότητα του αέρα και να προβλέψουν μελλοντικές μεταβολές (Chatfield, 2016). Πολλές σημαντικές έρευνες αξιοποιούν το MATLAB και το EXCEL για την ανάλυση και προσομοίωση δεδομένων σε διάφορους επιστημονικούς και τεχνολογικούς τομείς. Οι μελέτες που στηρίζονται στο λογισμικό MATLAB καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, περιλαμβάνοντας τη μηχανική, τα οικονομικά, τις βιοεπιστήμες, την πληροφορική, και συμβάλλουν καθοριστικά στην κατανόηση σύνθετων συστημάτων και φαινομένων. Η έρευνα των Rani, S., & R. Kumar. (2014). εξετάζει τη χρήση του MATLAB για την πρόβλεψη και τη μοντελοποίηση χρονοσειρών, εστιάζοντας σε εφαρμογές όπως η πρόβλεψη κλιματικών δεδομένων και οι οικονομικές χρονοσειρές. Η μελέτη των Chen, Z., & G. Li. (2010)., χρησιμοποιεί το MATLAB για την ανάλυση δεδομένων ποιότητας αέρα με χρονοσειρές, εξετάζοντας τις τάσεις και ανωμαλίες στις περιβαλλοντικές μετρήσεις. Επίσης η εργασία των Ramos, F., & B. Street. (2013). χρησιμοποιεί το MATLAB για την ανάλυση και πρόβλεψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας μέσω χρονοσειρών και μοντέλων ARIMA. Η μελέτη των Li, H., & X. Wang. (2017), επικεντρώνεται στην πρόβλεψη πλημμυρών με τη χρήση ανάλυσης χρονοσειρών στο MATLAB, εφαρμόζοντας μοντέλα για την πρόβλεψη υδρολογικών φαινομένων. Το βιβλίο του Stefano Marsili-Libelli (2018) παρουσιάζει καινοτόμες αριθμητικές τεχνικές για την ανάπτυξη μοντέλων περιβαλλοντικών διαδικασιών και την ανάλυση δεδομένων. Παρέχει έτοιμους κωδικούς MATLAB και παραδείγματα για την προσαρμογή των θεωριών στο εκάστοτε πρόβλημα, επιτρέποντας στους αναγνώστες να αναπτύξουν τις δικές τους μελέτες χωρίς να ξεκινούν από το μηδέν.

Το σημαντικό περιεχόμενο στην έρευνα του Menke (2022) είναι αφιερωμένο στη διδασκαλία του τρόπου με τον οποίο τα προγράμματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά σε ένα περιβάλλον ανάλυσης περιβαλλοντικών δεδομένων. Η μελέτη των Ali et al. (2013) εξετάζει τον αντίκτυπο της κλιματικής και θαλάσσιας μεταβλητότητας στη χολέρα στο Μπαγκλαντές και ανέπτυξε ένα μοντέλο πρόβλεψης χρησιμοποιώντας το MATLAB. Η έρευνα του Carr (2018) αναλύει την αποτελεσματικότητα των πολυγράφων, ή ανιχνευτών ψεύδους, χρησιμοποιώντας το Excel, και εξετάζει πώς διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν την ακρίβειά τους στον εντοπισμό της ειλικρίνειας ή της ψευδούς δήλωσης των υποκειμένων. Η έρευνα των Panayotou et al (2000) διερευνά αν η περιβαλλοντική καμπύλη Kuznets καθοδηγείται από δομικές αλλαγές στις οικονομίες, χρησιμοποιώντας εκτεταμένες χρονοσειρές

δεδομένων και ανάλυση με MATLAB. Εξετάζουν πώς οι οικονομικές δομικές αλλαγές επηρεάζουν τη σχέση μεταξύ οικονομικής ανάπτυξης και περιβαλλοντικής υποβάθμισης, με έμφαση στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Οι Prema and Rao (2015), αναφέρονται στη χρήση διάφορων τεχνικών στο Microsoft Excel και στο λογισμικό R για τη βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη της ηλιακής ακτινοβολίας για την επόμενη ημέρα χρησιμοποιώντας το μοντέλο κινητού μέσου (moving average), το οποίο είναι το απλούστερο μοντέλο χρονοσειρών. Στην εργασία των Skrynyk et al., (2023) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των διαδικασιών ποιοτικού ελέγχου και ομογενοποίησης που εφαρμόζονται σε μεγάλες χρονοσειρές ημερήσιων αθροισμάτων ατμοσφαιρικής βροχόπτωσης και ημερήσιας μέσης, μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας αέρα που συλλέγονται στην Ουκρανία. Αναλύθηκαν τα ημερήσια δεδομένα με τη χρήση του Excel από 178 μετεωρολογικούς σταθμούς που καλύπτουν την περίοδο 1946-2020. Η έρευνα των Ekwueme and Agunwamba (2021) ασχολείται με την ανάλυση της μεταβλητότητας της θερμοκρασίας του αέρα και των βροχοπτώσεων στην περιοχή της Νοτιοανατολικής Νιγηρίας. Χρησιμοποιεί την ανάλυση τάσεων για να εξετάσει τις μεταβολές αυτών των κλιματικών παραμέτρων στα πέντε κράτη της περιοχής. Με βάση το μη παραμετρικό τεστ Mann-Kendall, το οποίο εφαρμόζεται σε δεδομένα θερμοκρασίας και βροχοπτώσεων από το 1922 έως το 2008, η μελέτη δείχνει ότι υπάρχει τάση στις βροχοπτώσεις σε όλες τις πρωτεύουσες της Νοτιοανατολικής Νιγηρίας, εκτός από τις πόλεις Owerri και Awka.

Ο στόχος της παρούσας έρευνας είναι να αναδείξει τις κλιματικές διαφοροποιήσεις που παρατηρούνται στις πόλεις του Βόλου, της Λάρισας, των Ιωαννίνων και των Χανίων, αξιοποιώντας δορυφορικά δεδομένα και προηγμένες στατιστικές μεθόδους. Μέσω εργαλείων όπως το EXCEL και το MATLAB, θα αναλυθούν οι τάσεις της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της βροχόπτωσης σε βάθος χρόνου, λαμβάνοντας υπόψη τις γεωγραφικές ιδιαιτερότητες κάθε περιοχής. Σκοπός είναι η εξαγωγή των πιο αξιόπιστων αποτελεσμάτων από αυτά τα δεδομένα, προσφέροντας μια τεκμηριωμένη ανάλυση των κλιματικών μεταβολών και των πιθανών επιπτώσεών τους, συμβάλλοντας έτσι σε πιο ακριβείς και στοχευμένες περιβαλλοντικές μελέτες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η MATLAB(MATrix LABoratory) (MathWorks, 2013) είναι μια γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου τέταρτης γενιάς, που αναπτύχθηκε από την MathWorks και ένα διαδραστικό περιβάλλον για αριθμητικούς υπολογισμούς, οπτικοποίηση και προγραμματισμό. Μας επιτρέπει να κάνουμε χειρισμούς σε πίνακες, να σχεδιάζουμε γραφήματα και δεδομένα, να δημιουργούμε διεπαφές χρήστη, να διασυνδέουμε προγράμματα γραμμένα σε άλλες γλώσσες, όπως C, C++, Java και FORTRAN, να αναλύουμε δεδομένα, να αναπτύσσουμε αλγορίθμους και να δημιουργούμε μοντέλα και εφαρμογές.

Διαθέτει πολυάριθμες ενσωματωμένες εντολές και μαθηματικές συναρτήσεις που σας βοηθούν σε μαθηματικούς υπολογισμούς, τη δημιουργία γραφημάτων και την εκτέλεση αριθμητικών μεθόδων.

Το MATLAB είναι ένα πανίσχυρο εργαλείο για την ανάλυση δεδομένων, την ανάπτυξη αλγορίθμων και τη σχεδίαση γραφικών παραστάσεων. Είναι ιδανικό για ερευνητές και μηχανικούς που χρειάζονται προηγμένες δυνατότητες μαθηματικών υπολογισμών και εύελικτα εργαλεία προγραμματισμού. Προσφέρει μεγάλη προσαρμοστικότητα και υποστηρίζει πολύπλοκα και δυναμικά γραφήματα, καθιστώντας το εξαιρετικό για την επιστημονική έρευνα και την ανάλυση μεγάλων συνόλων δεδομένων. Ωστόσο, απαιτεί καλή γνώση προγραμματισμού και το υψηλό κόστος του μπορεί να είναι αποτρεπτικό για μικρούς οργανισμούς ή μεμονωμένους χρήστες.

Το EXCEL είναι ένα ισχυρό εργαλείο υπολογιστικών φύλλων που αναπτύχθηκε από τη Microsoft και χρησιμοποιείται ευρέως για την ανάλυση δεδομένων, την εκτέλεση υπολογισμών και τη δημιουργία γραφικών παραστάσεων. Είναι ιδανικό για την οργάνωση δεδομένων σε πίνακες και τη μετατροπή τους σε εύληπτα γραφήματα και διαγράμματα.

Το EXCEL είναι ένα εύχρηστο εργαλείο για την οργάνωση δεδομένων και τη δημιουργία γραφημάτων. Είναι ευρέως διαδεδομένο και προσφέρει έναν απλό τρόπο δημιουργίας γραφικών παραστάσεων με λίγα κλικ, καθιστώντας το προσβάσιμο ακόμα και σε αρχάριους χρήστες. Χρησιμοποιείται ευρέως σε επιχειρηματικά περιβάλλοντα για γρήγορες αναλύσεις δεδομένων και παρουσιάσεις. Παρά την ευκολία του, το EXCEL έχει περιορισμένες δυνατότητες όταν πρόκειται για πιο σύνθετες ή επιστημονικές

αναλύσεις και δεν παρέχει την ίδια ευελιξία προσαρμογής και δυναμικότητας όπως το MATLAB.

Το MATLAB και το EXCEL έχουν τα δικά τους πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη. Το MATLAB υπερέχει στις προχωρημένες μαθηματικές αναλύσεις και την ευελιξία στη δημιουργία και προσαρμογή γραφημάτων, αλλά απαιτεί υψηλότερο επίπεδο γνώσεων και έχει μεγαλύτερο κόστος. Αντίθετα, το EXCEL είναι πιο εύκολο στη χρήση και ιδανικό για καθημερινές επιχειρησιακές ανάγκες, αλλά έχει περιορισμούς στις δυνατότητες ανάλυσης και προσαρμογής των γραφημάτων. Η επιλογή μεταξύ των δύο εξαρτάται από το επίπεδο πολυπλοκότητας των εργασιών που πρέπει να εκτελεστούν και από την εξοικείωση του χρήστη με κάθε εργαλείο.

Η ιδέα να μελετηθούν τα κλιματικά χαρακτηριστικά τεσσάρων ελληνικών πόλεων που βρίσκονται σε διαφορετικά γεωγραφικά μήκη (Βόλος, Λάρισα, Ιωάννινα και Χανιά) με τη χρήση του MATLAB και του EXCEL είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα και μπορεί να προσφέρει σημαντικές γνώσεις για το κλίμα κάθε περιοχής. Θα αναλύσουμε πώς η θερμοκρασία, η υγρασία και η υετόπτωση επηρεάζουν το κλίμα αυτών των πόλεων και πώς τα εργαλεία MATLAB και EXCEL μπορούν να αξιοποιηθούν για την ανάλυση των δεδομένων.

Ο Βόλος έχει μεσογειακό κλίμα με ζεστά καλοκαίρια, ήπιους χειμώνες, μέτρια υγρασία που αυξάνεται το χειμώνα και την άνοιξη, και μέτριες βροχοπτώσεις, κυρίως το φθινόπωρο και το χειμώνα. Η Λάρισα χαρακτηρίζεται από θερμά καλοκαίρια και κρύους χειμώνες, με μεγάλες διακυμάνσεις στη θερμοκρασία, χαμηλή υγρασία, ιδιαίτερα το καλοκαίρι, και βροχοπτώσεις κυρίως το φθινόπωρο και την άνοιξη, ενώ τα καλοκαίρια είναι συχνά ξηρά. Τα Ιωάννινα, με ηπειρωτικό κλίμα, έχουν κρύους χειμώνες, δροσερά καλοκαίρια και υψηλή υγρασία λόγω της λίμνης Παμβώτιδας και των συχνών ομιχλών, ενώ δέχονται σημαντικές βροχοπτώσεις καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, με αιχμή το φθινόπωρο και το χειμώνα. Τα Χανιά απολαμβάνουν μεσογειακό κλίμα με ζεστά, ξηρά καλοκαίρια και ήπιους, υγρούς χειμώνες, με μέτρια έως υψηλή υγρασία λόγω της θάλασσας, και βροχοπτώσεις κυρίως το χειμώνα, ενώ τα καλοκαίρια είναι ξηρά.

Το EXCEL είναι ιδανικό για την εισαγωγή και αρχική οργάνωση των κλιματικών δεδομένων από τις τέσσερις πόλεις. Μπορείτε εύκολα να δημιουργήσετε πίνακες με δεδομένα θερμοκρασίας, υγρασίας και υετόπτωσης για κάθε μήνα και πόλη. Το EXCEL

είναι επίσης κατάλληλο για τη δημιουργία απλών γραφημάτων που δείχνουν τις τάσεις αυτών των μεταβλητών σε κάθε πόλη. Ενώ η MATLAB επιτρέπει τη δημιουργία προηγμένων γραφημάτων και τη μοντελοποίηση κλιματικών τάσεων, προσφέροντας καλύτερη κατανόηση του πώς οι διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν το κλίμα σε κάθε πόλη. Αυτός ο συνδυασμός επιτρέπει την πλήρη κατανόηση και σύγκριση των κλιματικών συνθηκών στις τέσσερις αυτές πόλεις, Μελετώντας τα κλιματικά χαρακτηριστικά μπορούμε να αποκτήσουμε μια ολοκληρωμένη εικόνα για το πώς η γεωγραφική θέση επηρεάζει το κλίμα κάθε πόλης.

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

Τα στατιστικά μέτρα που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση αυτής της εργασίας είναι τα ακόλουθα:

Μέση τιμή: Η μέση τιμή αποτελεί ένα από τα θεμελιώδη στατιστικά μέτρα και εκφράζει τον αριθμητικό μέσο όρο ενός συνόλου δεδομένων. Για να υπολογιστεί, προστίθενται όλες οι τιμές (παρατηρήσεις) και το συνολικό άθροισμα διαιρείται με τον αριθμό των παρατηρήσεων. Εκφράζει τον αριθμητικό μέσο όρο των τιμών

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_v}{v} = \frac{1}{v} \sum_{i=1}^v x_v, \quad (1)$$

Όπου:

- $\bar{x}$ η μέση τιμή
- $x_1, x_2, \dots, x_v$ οι παρατηρήσεις
- v το πλήθος των παρατηρήσεων

Διασπορά: Η διασπορά μετρά την απόκλιση των παρατηρήσεων από τη μέση τιμή. Όσο μεγαλύτερη είναι η διασπορά, τόσο μεγαλύτερες είναι οι αποκλίσεις των τιμών από τη μέση τιμή. Υπολογίζεται ως το μέσο όρο των τετραγωνικών αποκλίσεων των τιμών(παρατηρήσεων) από τη μέση τιμή και αποτυπώνει το επίπεδο διασποράς των τιμών των δεδομένων. Είναι ένα μέτρο της διασποράς των δεδομένων, δηλαδή πόσο οι τιμές αποκλίνουν από τη μέση τιμή.

$$\sigma^2 = \frac{1}{v} \sum_{i=1}^v (x_i - \bar{x})^2, \quad (2)$$

Όπου:

- σ^2 η διασπορά
- $x_1, x_1, \dots, x_n$ οι παρατηρήσεις
- $\bar{x}$ η μέση τιμή
- n το πλήθος των παρατηρήσεων

Παλινδρόμηση – Γραμμή Τάσης: Η παλινδρόμηση είναι μια στατιστική μέθοδος που χρησιμοποιείται για την ανάλυση και μοντελοποίηση της σχέσης μεταξύ μιας εξαρτημένης μεταβλητής και μίας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών.

Η πιο κοινή μορφή παλινδρόμησης είναι η γραμμική παλινδρόμηση, όπου η σχέση μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής y και της ανεξάρτητης μεταβλητής x εκφράζεται μέσω μιας γραμμικής εξίσωσης της μορφής: $y = \alpha \cdot x + \beta$

Όπου:

- y είναι η εξαρτημένη μεταβλητή
- x είναι η ανεξάρτητη μεταβλητή
- α είναι η κλίση
- β είναι η σταθερά ή το σημείο τομής στον άξονα των y .

Η κλίση α δείχνει τον ρυθμό αλλαγής της εξαρτημένης μεταβλητής για κάθε μονάδα αλλαγής της ανεξάρτητης μεταβλητής. Αν $\alpha > 0$, τότε η εξαρτημένη μεταβλητή αυξάνεται όταν αυξάνεται η ανεξάρτητη μεταβλητή, ενώ αν $\alpha < 0$, τότε η εξαρτημένη μεταβλητή μειώνεται. Η σταθερά β δείχνει την τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής όταν η ανεξάρτητη μεταβλητή είναι μηδέν.

Η γραμμή τάσης είναι η γραφική αναπαράσταση της σχέσης μεταξύ των μεταβλητών, όπως προκύπτει από την παλινδρόμηση. Εμφανίζεται ως ευθεία γραμμή πάνω στο διάγραμμα δεδομένων και δείχνει τη γενική κατεύθυνση που ακολουθούν τα δεδομένα. Η γραμμή αυτή μας βοηθά να κατανοήσουμε εάν τα δεδομένα παρουσιάζουν ανοδική τάση (θετική κλίση), καθοδική τάση (αρνητική κλίση) ή αν δεν παρουσιάζουν σημαντική μεταβολή με την πάροδο του χρόνου (κλίση κοντά στο μηδέν).

Η γραμμή τάσης αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για την πρόβλεψη μελλοντικών τιμών, καθώς μας δίνει τη δυνατότητα να εκτιμήσουμε τις τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής με βάση τη σχέση της με την ανεξάρτητη μεταβλητή. Επιπλέον, είναι πολύτιμη για την ανίχνευση μακροπρόθεσμων τάσεων, καθώς αποκαλύπτει διαχρονικές εξελίξεις σε εκτενείς χρονικά διαστήματα, ακόμα και όταν τα δεδομένα εμφανίζουν βραχυπρόθεσμες διακυμάνσεις.

Συμπερασματικά, η παλινδρόμηση και η γραμμή τάσης αποτελούν βασικά εργαλεία της στατιστικής ανάλυσης και χρησιμοποιούνται ευρέως για να κατανοηθούν και να προβλεφθούν οι σχέσεις μεταξύ μεταβλητών σε πλήθος εφαρμογών.

Μέγιστη Τιμή: Η μέγιστη τιμή αναφέρεται στην υψηλότερη αριθμητική τιμή που παρατηρείται σε ένα σύνολο δεδομένων, αποτελώντας το ανώτατο όριο των καταγραφών. Η σημασία της έγκειται στην αναγνώριση ακραίων σημείων, τα οποία μπορεί να υποδηλώνουν σημαντικά ή εξαιρετικά γεγονότα. Στατιστικά, η μέγιστη τιμή είναι χρήσιμη για την κατανόηση των ορίων σε διάφορα συστήματα ή καταστάσεις, όπως η υψηλότερη καταγεγραμμένη θερμοκρασία, η μέγιστη αξία μιας μετοχής ή η κορυφαία απόδοση ενός προϊόντος σε μια έρευνα.

Ελάχιστη Τιμή: Η ελάχιστη τιμή ενός συνόλου δεδομένων αναφέρεται στην πιο χαμηλή αριθμητική τιμή που καταγράφεται σε αυτό. Στην περίπτωση των συνεχών δεδομένων, όπως οι μετρήσεις θερμοκρασίας, η ελάχιστη τιμή αντιπροσωπεύει τη χαμηλότερη θερμοκρασία που παρατηρείται σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο ή περιοχή. Αυτή η τιμή είναι ένα σημαντικό μέτρο θέσης και χρησιμοποιείται συχνά στη στατιστική για την ανάλυση της κατανομής των δεδομένων, καθώς και για τον υπολογισμό του εύρους, το οποίο προκύπτει από τη διαφορά μεταξύ της μέγιστης και της ελάχιστης τιμής. Στα κλιματικά δεδομένα, η ελάχιστη θερμοκρασία συμβάλλει στην κατανόηση των ακραίων κλιματικών συνθηκών και χρησιμοποιείται συχνά για τον προσδιορισμό ψυχρών φαινομένων, όπως η παγωνιά.

Ιστόγραμμα: Το ιστόγραμμα είναι μια γραφική απεικόνιση της κατανομής συχνοτήτων ενός συνόλου δεδομένων. Οι τιμές χωρίζονται σε διαδοχικά διαστήματα (κλάσεις) τιμών, και η συχνότητα εμφάνισης των δεδομένων σε κάθε κλάση απεικονίζεται με τη μορφή

ορθογώνιων στηλών. Το ύψος κάθε στήλης αντιστοιχεί στη συχνότητα των δεδομένων που ανήκουν στην αντίστοιχη κλάση, προσφέροντας έτσι μια καθαρή εικόνα της κατανομής των δεδομένων. Το ιστόγραμμα βοηθά στην οπτικοποίηση της κατανομής των δεδομένων και επιτρέπει την αναγνώριση βασικών χαρακτηριστικών, όπως η συμμετρία ή η ασυμμετρία, η ύπαρξη ακραίων τιμών, καθώς και η συγκέντρωση των δεδομένων γύρω από συγκεκριμένες τιμές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην μελέτη μας αναλύθηκαν δεδομένα που προήλθαν από την βάση δορυφορικών δεδομένων της NASA (Nasa, 2021). Πρόκειται για χρονολογικές σειρές με μετρήσεις ημερήσιων τιμών μέγιστης κα ελάχιστης θερμοκρασίας, υγρασίας και υετόπτωσης κατά τις χρονικές περιόδους 1982-2020.

Οι χρονοσειρές αφορούν τις πόλεις του Βόλου, της Λάρισας, των Ιωαννίνων και των Χανίων. Οι πόλεις αυτές επιλέχθηκαν επειδή προσφέρουν σημαντική γεωγραφική και κλιματολογική ποικιλία, επιτρέποντας μια ολοκληρωμένη κατανόηση των κλιματικών συνθηκών στην Ελλάδα. Ο Βόλος διαθέτει μεσογειακό κλίμα με παράκτιες επιρροές, ενώ η Λάρισα, με το ηπειρωτικό της κλίμα, παρουσιάζει ακραίες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις. Τα Χανιά, στην Κρήτη, προσφέρουν ένα ήπιο μεσογειακό κλίμα με επιρροές από τα Λευκά Όρη, ενώ τα Ιωάννινα, λόγω της υγρασίας της λίμνης Παμβώτιδας και της ορεινής τους θέσης, συνδυάζουν ηπειρωτικό κλίμα με έντονες βροχοπτώσεις. Αυτή η ποικιλία επιτρέπει τη διερεύνηση της επίδρασης διαφορετικών γεωγραφικών χαρακτηριστικών (πεδινά, παράκτια, ορεινά) στις θερμοκρασίες.

Στις γραφικές παραστάσεις που ακολουθούν παρουσιάζονται τα γραφήματα των χρονοσειρών ξεχωριστά για την καθεμία πόλη. Ενδεικτικά, επιλέξαμε τις χρονολογίες 1982-1987-1992-1997-2002-2007-2012-2016-2020, ίδιες για όλες τις πόλεις. Για την καθεμία χρονολογία υπολογίσαμε με τη βοήθεια του EXCEL τη μέγιστη θερμοκρασία, την ελάχιστη θερμοκρασία, την υγρασία και την υετόπτωση. Στην μέγιστη θερμοκρασία σχεδιάσαμε τη γραμμή τάσης και αναφέρουμε την εξίσωση της ευθείας αυτής, την οποία και θα σχολιάσουμε.

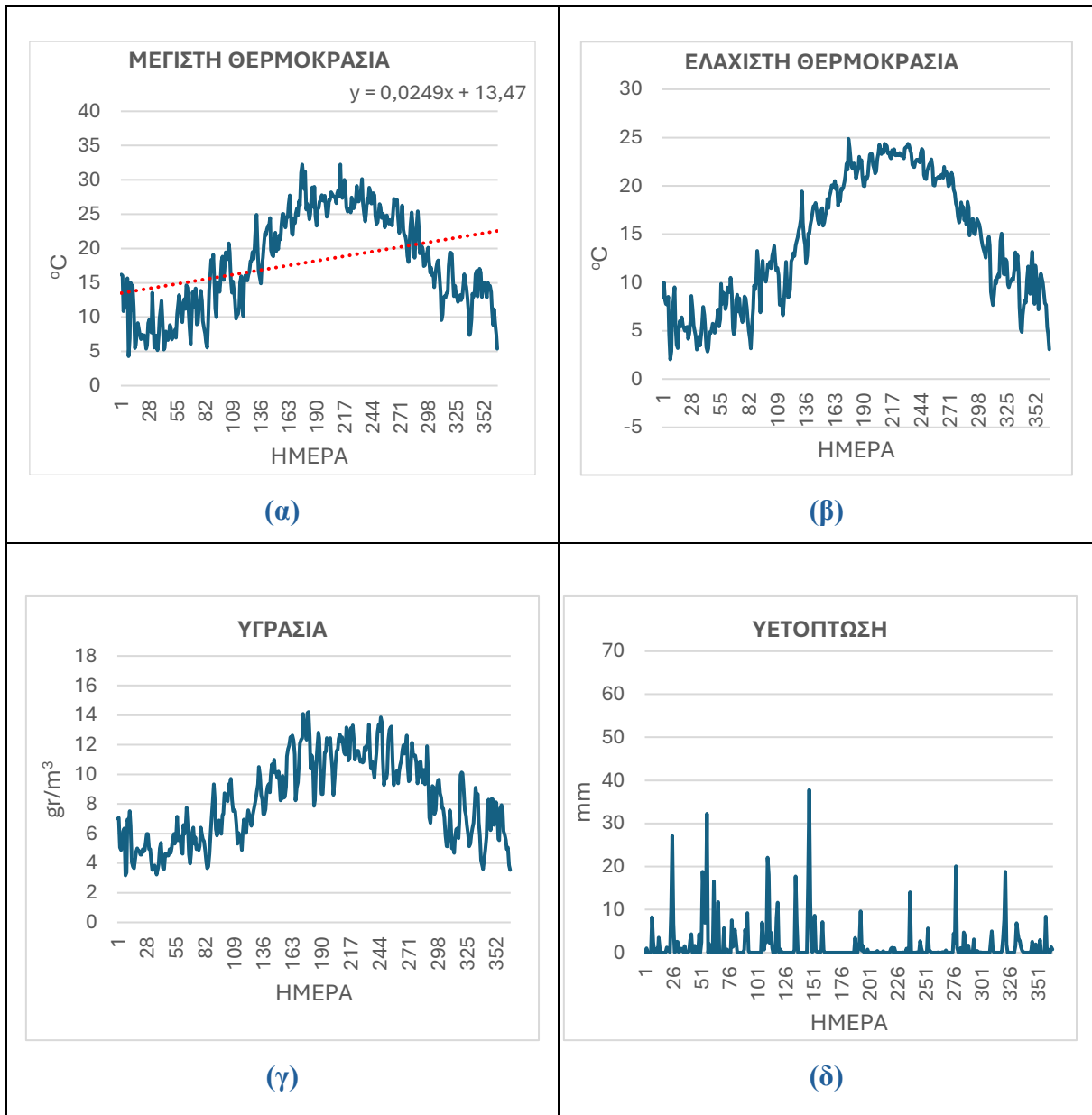
Στη συνέχεια, θα παρουσιαστούν οι συγκρίσεις των δεδομένων για καθεμία από τις τέσσερις πόλεις, καλύπτοντας την περίοδο από το 1982 έως το 2020, καθώς και οι σημαντικές αναλύσεις που προκύπτουν για το συγκεκριμένο διάστημα. Προκειμένου να εντοπιστούν οι αλλαγές και οι τάσεις των τελευταίων δεκαετιών, εξετάζονται αρχικά δεδομένα από το μακρινό 1982, με αναφορά στο ενδιάμεσο έτος 2007 και επιπλέον, περιλαμβάνεται ανάλυση των πιο πρόσφατων δεδομένων από το 2020, προκειμένου να αξιολογηθεί η τρέχουσα κατάσταση. Τέλος, παρέχεται μια συνολική σύγκριση και αξιολόγηση των δεδομένων για ολόκληρη την περίοδο 1982-2020. Για τον λόγο αυτό, τα χρονικά διαστήματα επιλέγονται περίπου κάθε 15 χρόνια, εξασφαλίζοντας την καλύτερη δυνατή απεικόνιση των μεταβολών. Η επεξεργασία και η ανάλυση των δεδομένων θα

πραγματοποιηθεί με τη χρήση λογισμικού MATLAB για την ακριβέστερη και πιο αξιόπιστη αποτύπωση των αλλαγών και των τάσεων στην πόλη του Βόλου.

3.1 Μελέτη Δεδομένων Βόλου

Παρακάτω παρουσιάζεται η μελέτη των δεδομένων του Βόλου. Ο Βόλος, πρωτεύουσα του Νομού Μαγνησίας, βρίσκεται στην περιοχή της Θεσσαλίας. Είναι κτισμένος στο βάθος του Παγασητικού κόλπου, στους πρόποδες του Πηλίου, του βουνού των Κενταύρων. Το κλίμα του Βόλου είναι εύκρατο μεσογειακό, επηρεαζόμενο από το όρος Πήλιο, με ήπιους χειμώνες και ζεστά καλοκαίρια. Οι βροχοπτώσεις είναι πιο συχνές κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου και του χειμώνα, ενώ τα καλοκαίρια είναι ξηρά με αρκετή ηλιοφάνεια. Οι μέσες θερμοκρασίες τον χειμώνα κυμαίνονται γύρω στους 5-15°C, ενώ το καλοκαίρι φτάνουν συχνά στους 30-35°C. Το λιμάνι του Βόλου και η εγγύτητά του στον Παγασητικό κόλπο βοηθούν στη διατήρηση ηπιότερων θερμοκρασιών, με τη θαλάσσια αύρα να δροσίζει την πόλη κατά τους θερμότερους μήνες.

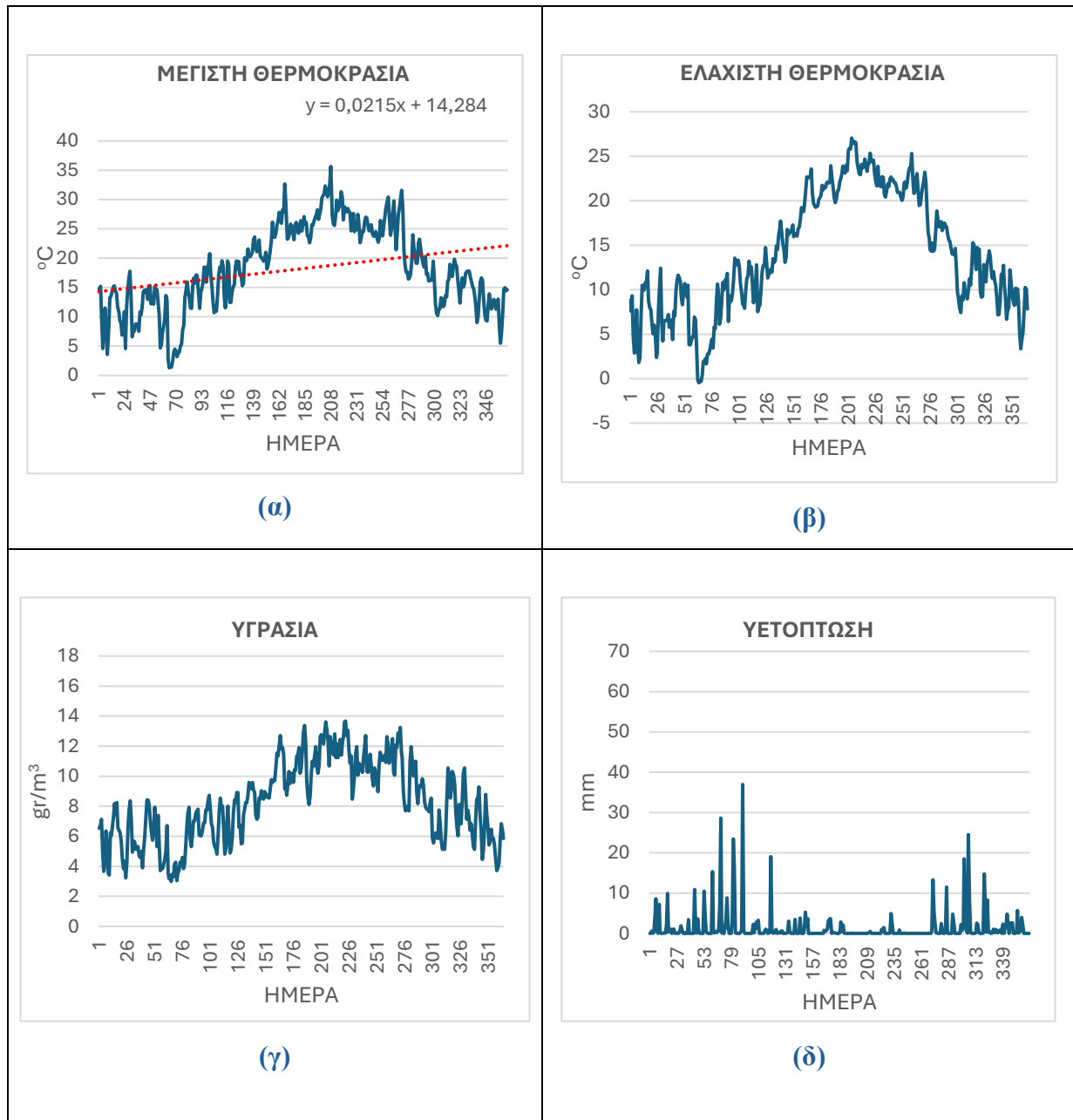
Από μια αρχική οπτική εξέταση των παρακάτω γραφημάτων παρατηρείται ότι στις αρχές του έτους οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές οπότε διαπιστώνεται ότι είναι χειμώνας ενώ όσο αλλάζουν οι εποχές ανεβαίνουν και οι θερμοκρασίες με τη μέγιστη θερμοκρασία να μην ξεπερνά τους 38° C καθώς και την ελάχιστη να μην πέφτει κάτω από τους – 0,5° C. Η υγρασία είναι υψηλή, κυμαίνεται από 14 – 16 gr/m³ κυρίως κατά τους μήνες Ιούλιο – Αύγουστο. Δεν παρατηρούνται υψηλά επίπεδα υετόπτωσης, κατά μέσο όρο είναι κάτω από τα 30mm το φθινόπωρο και το χειμώνα, με μέγιστα χιλιοστά βροχόπτωσης να παρατηρούνται στις 27-07-2002 και ήταν 47,04mm.



Εικόνα 1: έτος 1982 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης του Βόλου

Από την εξίσωση της γραμμής τάσης, $y = 0,0249x + 13,47$, (εικ 1) μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η θετική κλίση υποδεικνύει μια μικρή αύξηση της τάσης στις μέγιστες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του έτους, με τις θερμοκρασίες να αυξάνονται ελαφρώς καθώς περνά ο χρόνος. Η τιμή κορυφής στον άξονα των θερμοκρασιών (13,47) αντιστοιχεί στη μέγιστη προβλεπόμενη θερμοκρασία την πρώτη μέρα του έτους. Συνολικά, η τάση της γραμμής τάσης υποδηλώνει αύξηση των θερμοκρασιών από την

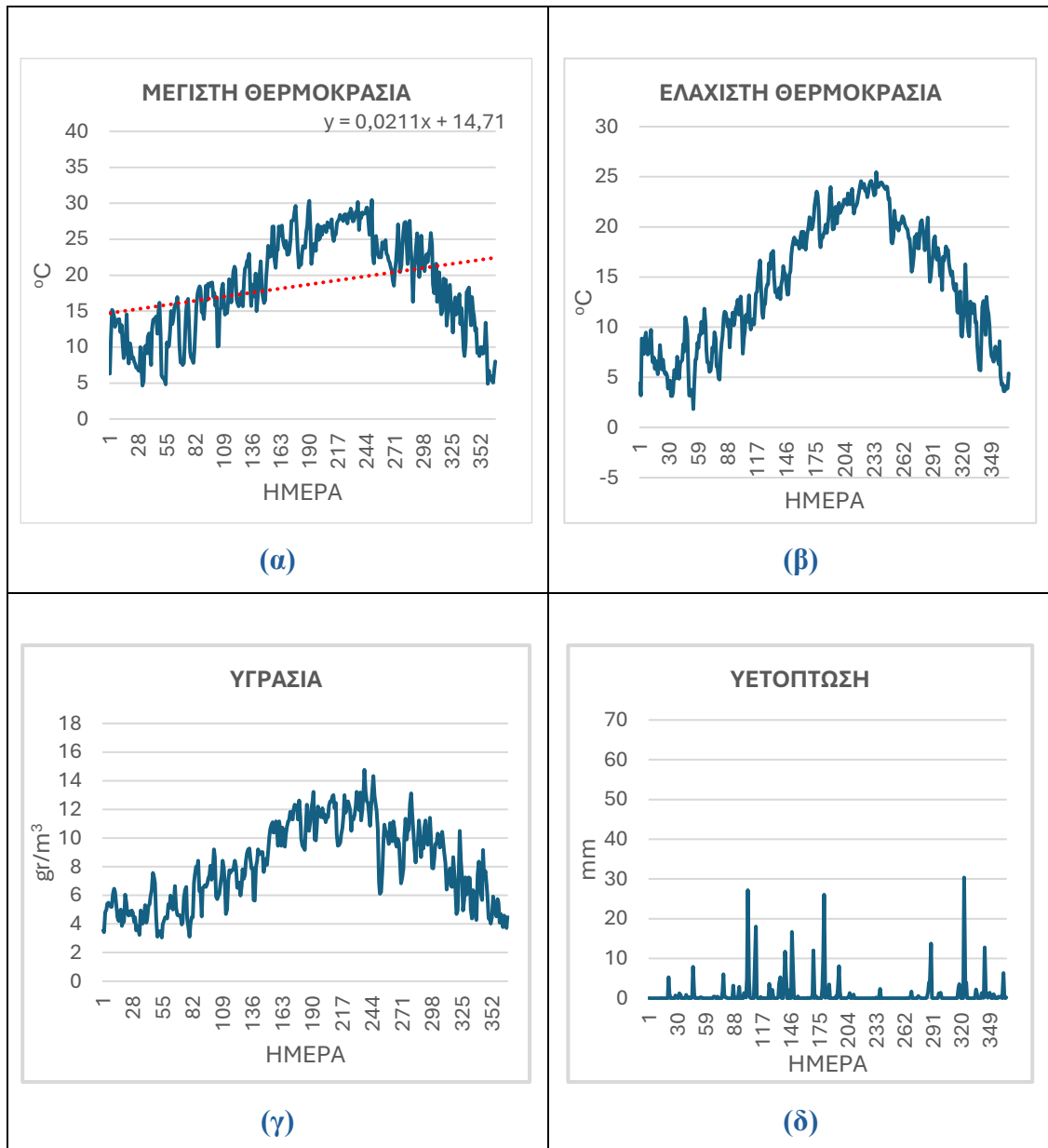
αρχή ως το τέλος του έτους, ενώ οι πραγματικές θερμοκρασίες παρουσιάζουν σημαντικές διακυμάνσεις γύρω από αυτήν την τάση.



Εικόνα 2: έτος 1987 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης του Βόλου

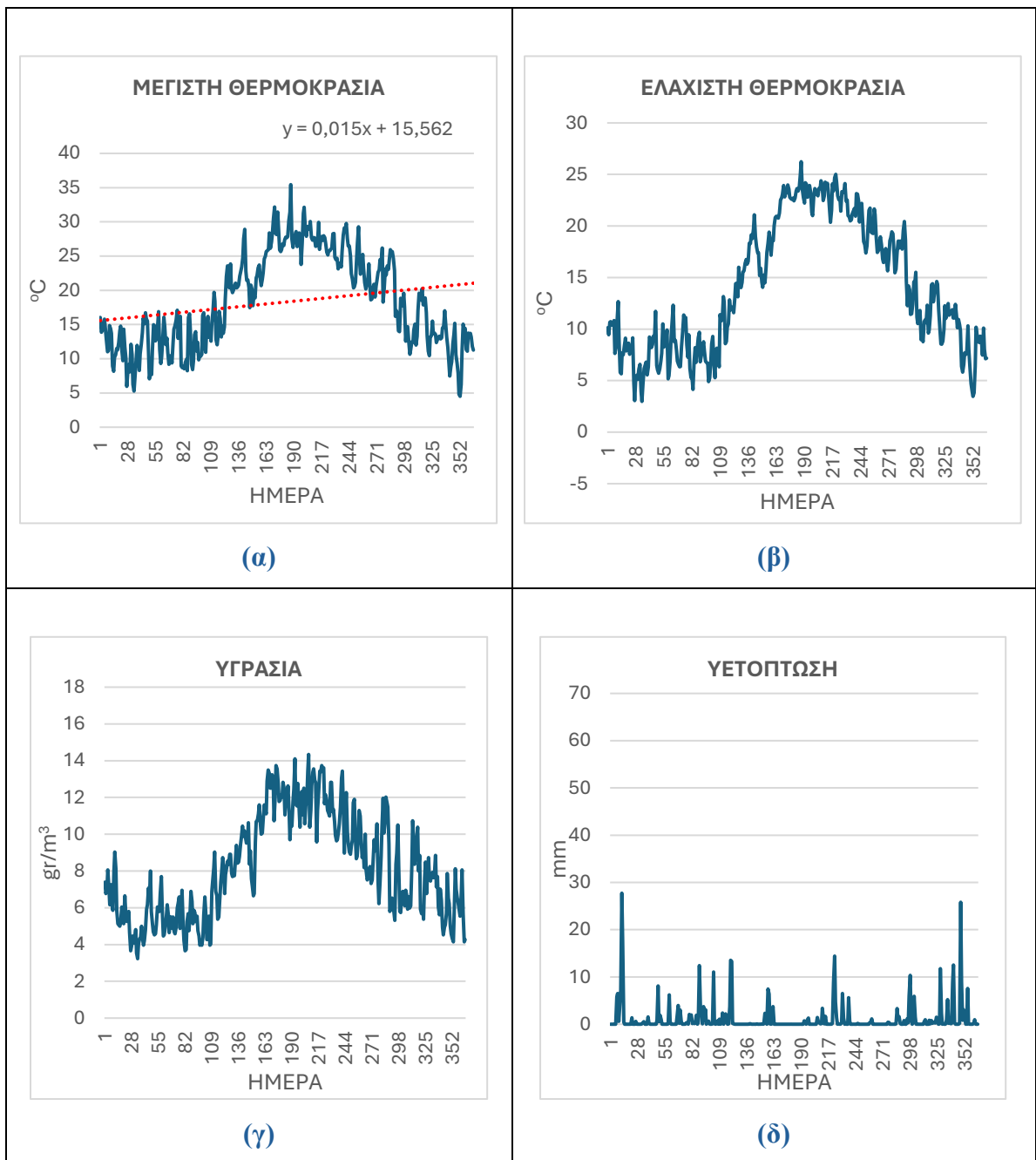
Η γραμμή τάσης στο διάγραμμα, που περιγράφεται από την εξίσωση $y = 0,0215x + 14,284$, (εικ.2) καταδεικνύει μια ελαφριά αύξηση στις μέγιστες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του έτους. Η κλίση (0,0215) υποδηλώνει μια μικρή αλλά σταθερή άνοδο των

θερμοκρασιών όσο προχωρούν οι ημέρες, ενώ το σημείο τομής με των άξονα των θερμοκρασιών (14,284) εκτιμά τη μέγιστη θερμοκρασία την πρώτη ημέρα του έτους. Παρά την συνολική αυτή τάση ανόδου, οι πραγματικές θερμοκρασίες παρουσιάζουν αρκετές διακυμάνσεις, που αντικατοπτρίζουν τις φυσικές μεταβολές του καιρού καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.



Εικόνα 3: έτος 1992 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης του Βόλου

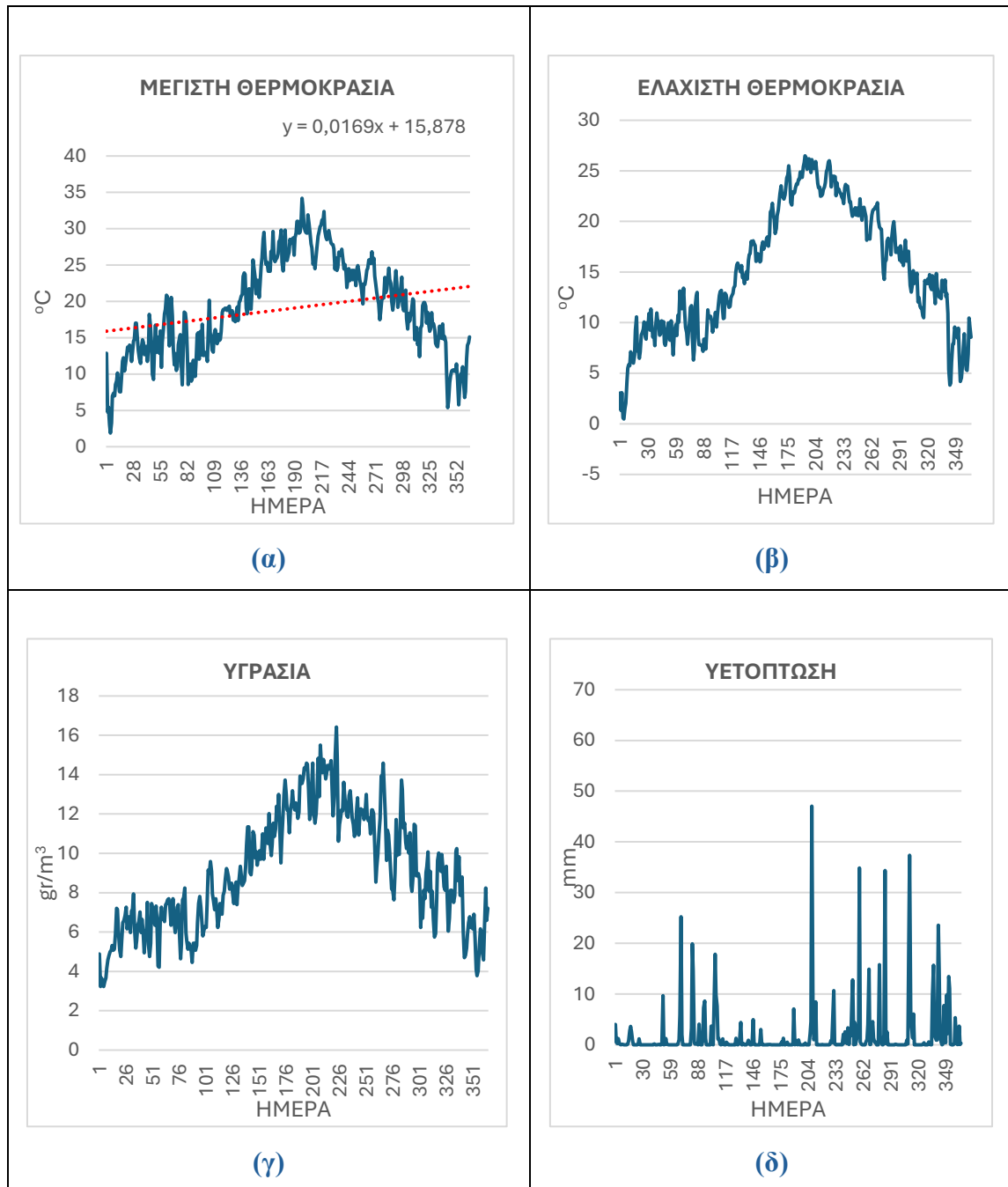
Η γραφική παράσταση $y = 0,0211x + 14,71$, (εικ 3) αντιπροσωπεύει μια μικρή αύξηση στην τάση στις υψηλότερες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του έτους. Η κλίση της γραμμής (0,0211) υποδεικνύει ότι οι θερμοκρασίες αυξάνονται ελαφρά με το πέρασμα των ημερών, ενώ το σημείο τομής με των άξονα των θερμοκρασιών(14,71) αναπαριστά την εκτιμώμενη υψηλότερη θερμοκρασία την πρώτη ημέρα του έτους. Παρά την τάση αύξησης στη γραφική παράσταση, οι πραγματικές θερμοκρασίες εμφανίζουν διακυμάνσεις γύρω από αυτήν, αντανakλώντας τις φυσικές μεταβολές της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του έτους.



Εικόνα 4: έτος 1997 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης του Βόλου

Η εξίσωση $y = 0,015x + 15,562$, (εικ 4) αντιστοιχεί στη γραμμή τάσης της θερμοκρασίας, με x =ημέρες και y =θερμοκρασία σε °C κατά τη διάρκεια του έτους έχει θετική κλίση . Έτσι, η μέγιστη θερμοκρασία αυξάνεται κατά 0,015°C καθημερινά. Από την άλλη, η γραμμή αυτή δείχνει μικρή αύξηση της θερμοκρασίας με τον χρόνο, ενώ η πραγματική

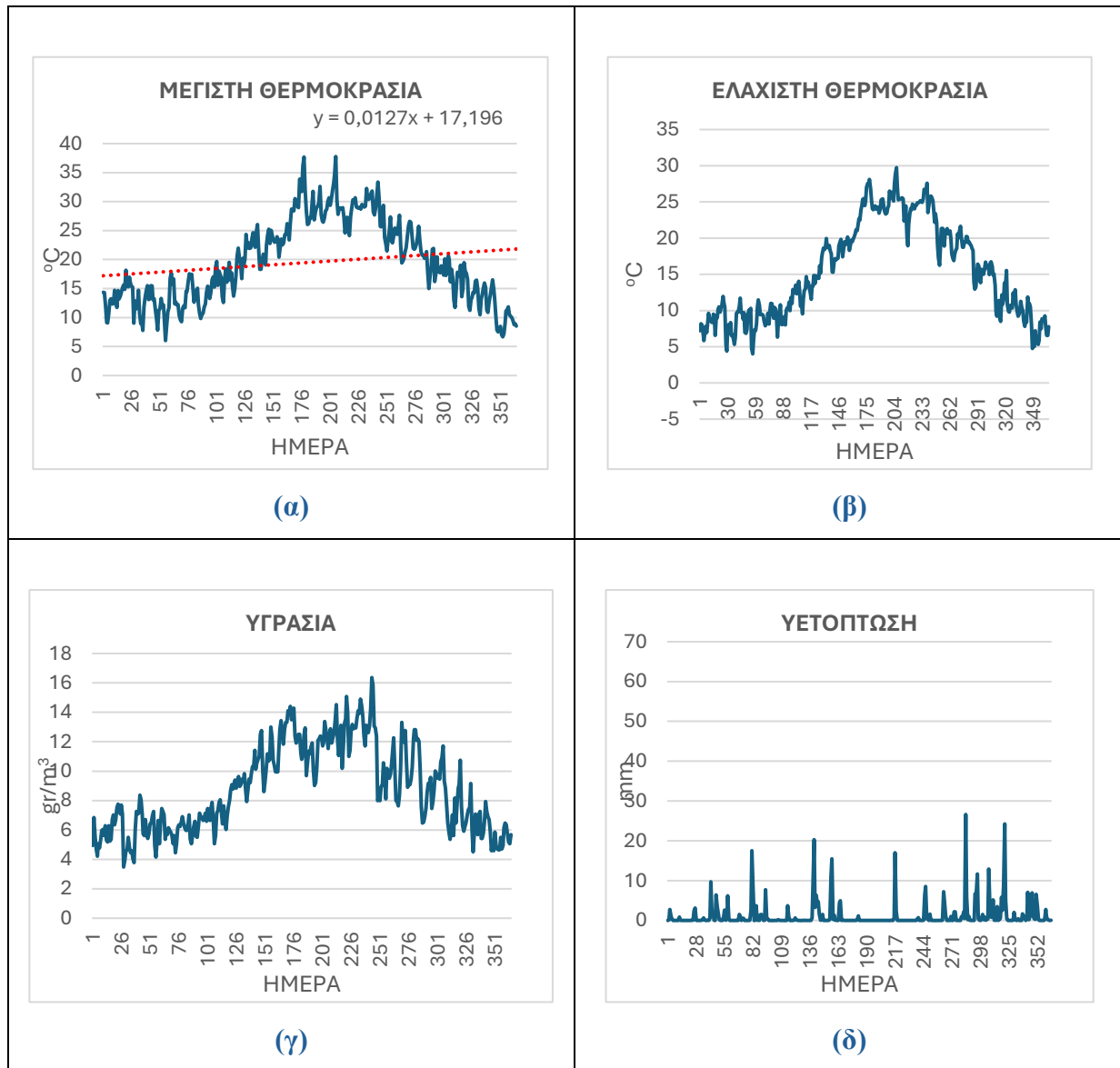
θερμοκρασία έχει μεγάλες διακυμάνσεις γύρω της. Οι υψηλότερες_θερμοκρασίες παρατηρούνται περίπου το καλοκαίρι και οι χαμηλότερες το χειμώνα.



Εικόνα 5: έτος 2002 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης του Βόλου

Η γραμμή τάσης που απεικονίζει τη μέγιστη θερμοκρασία σε σχέση με τις ημέρες του έτους παραμένει ευθεία με θετική κλίση. Η εξίσωση της γραμμής τάσης είναι η

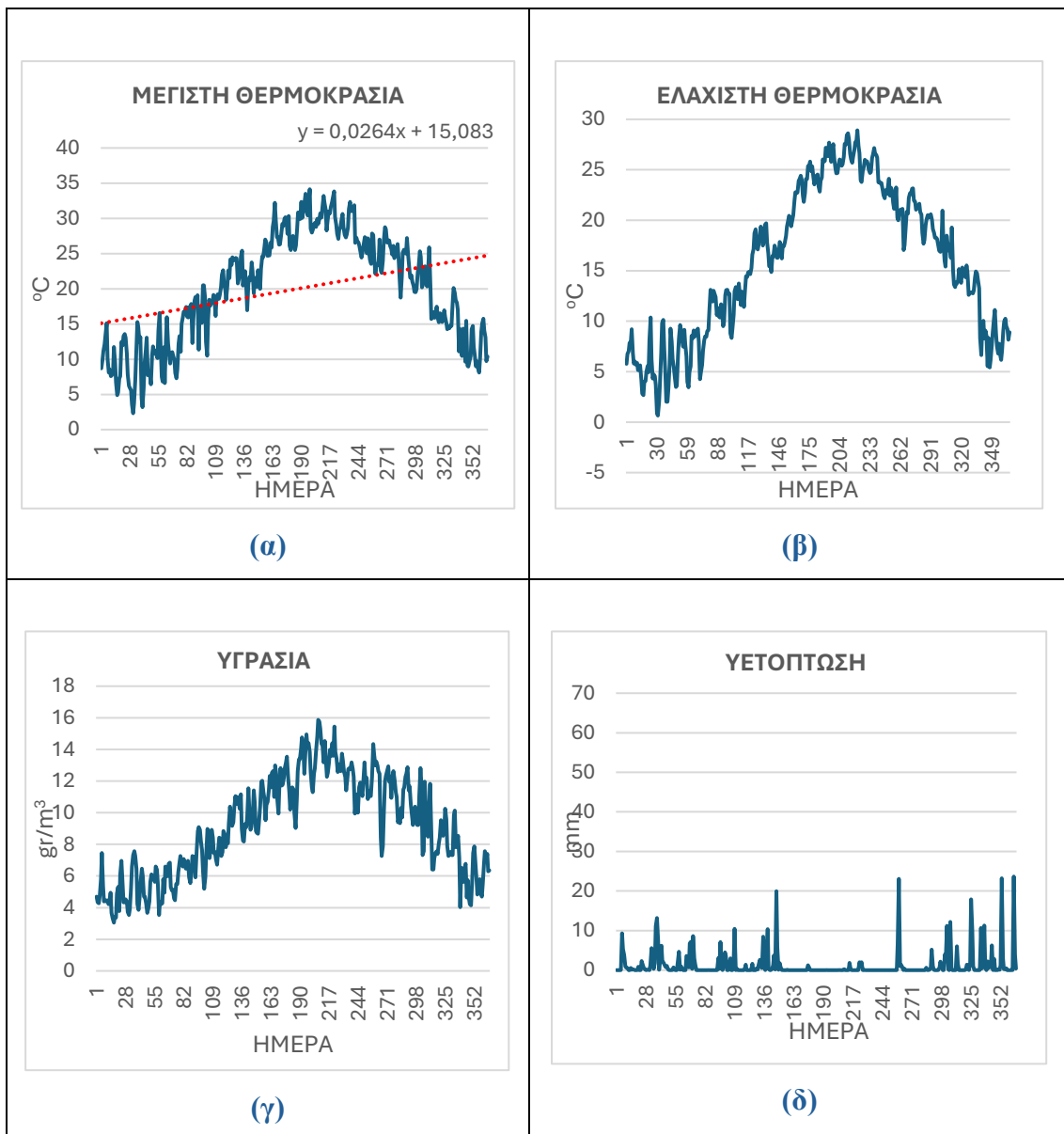
$y = 0,0169x + 15,878$, (εικ 5) όπου η x αντιστοιχεί στις ημέρες και η y στη θερμοκρασία σε °C. Κατά μέσο όρο, η μέγιστη θερμοκρασία αυξάνεται κατά 0,0169°C ανά ημέρα. Αν και η γραμμή τάσης έχει φαίνεται να αυξάνεται, η πραγματική θερμοκρασία εμφανίζει διακυμάνσεις, με τις υψηλότερες τιμές να σημειώνονται το καλοκαίρι και οι χαμηλότερες το χειμώνα.



Εικόνα 6: έτος 2007 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης του Βόλο

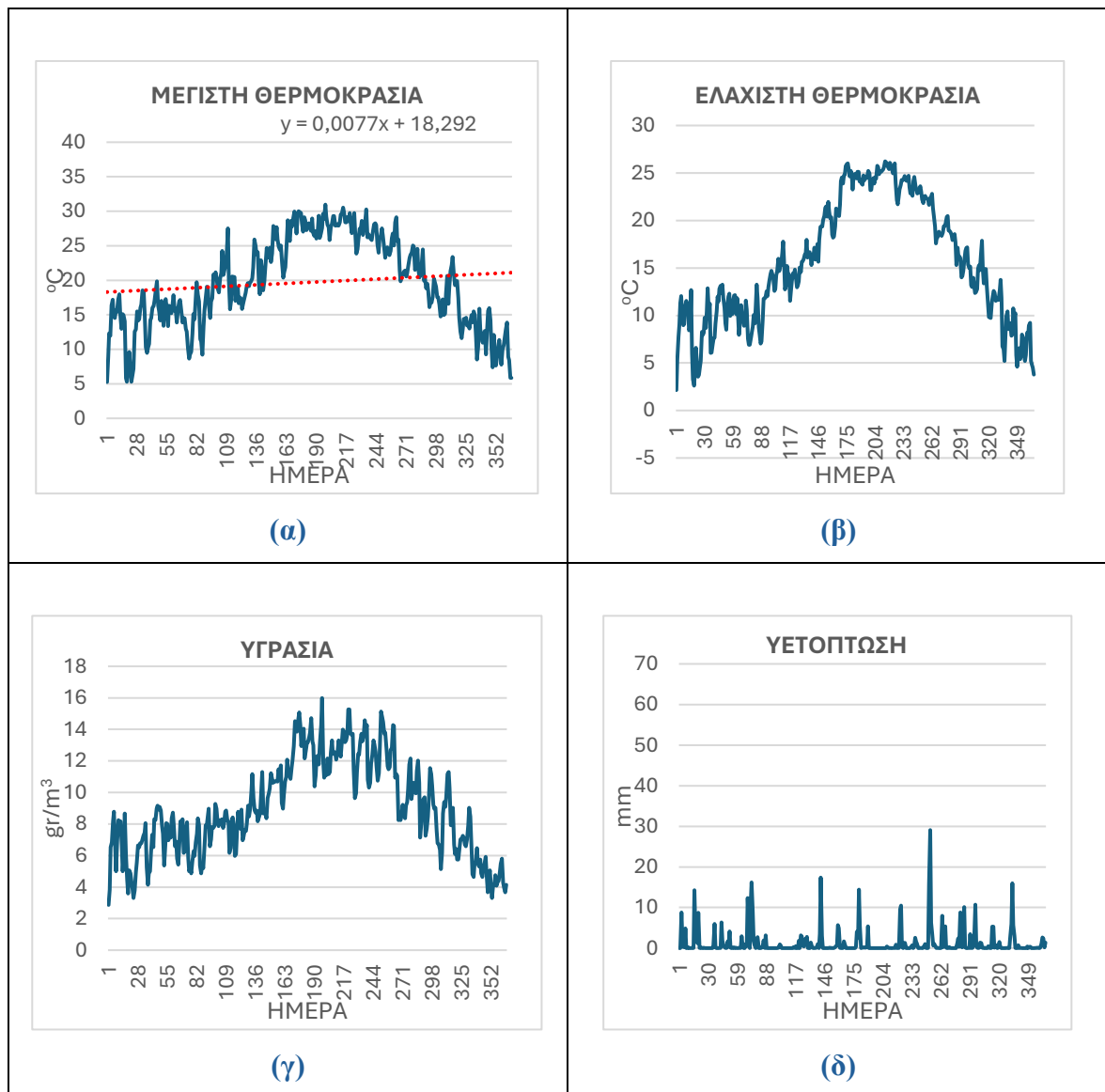
Η γραμμή τάσης της μέγιστης θερμοκρασίας δείχνει μια σταθερή αύξηση καθ' όλη τη χρονική περίοδο. Η εξίσωση $y = 0,0127x + 17,196$, (εικ 6) δείχνει ότι η μέγιστη

θερμοκρασία αυξάνεται καθημερινά κατά $0,0127^{\circ}\text{C}$, αποκαλύπτοντας μια σταδιακή και σχεδόν ανεπαίσθητη αύξηση με την πάροδο του χρόνου. Παρότι υπάρχει αυτή η τάση αύξησης, οι θερμοκρασίες στο γράφημα εμφανίζουν συχνές αλλαγές. Τις υψηλότερες θερμοκρασίες βλέπουμε κυρίως το καλοκαίρι, ενώ τις χαμηλότερες το χειμώνα. Αυτές οι διακυμάνσεις αντανακλούν τη φυσική μεταβολή του κλίματος κατά τη διάρκεια του έτους, παρά τη μακροπρόθεσμη αύξηση.



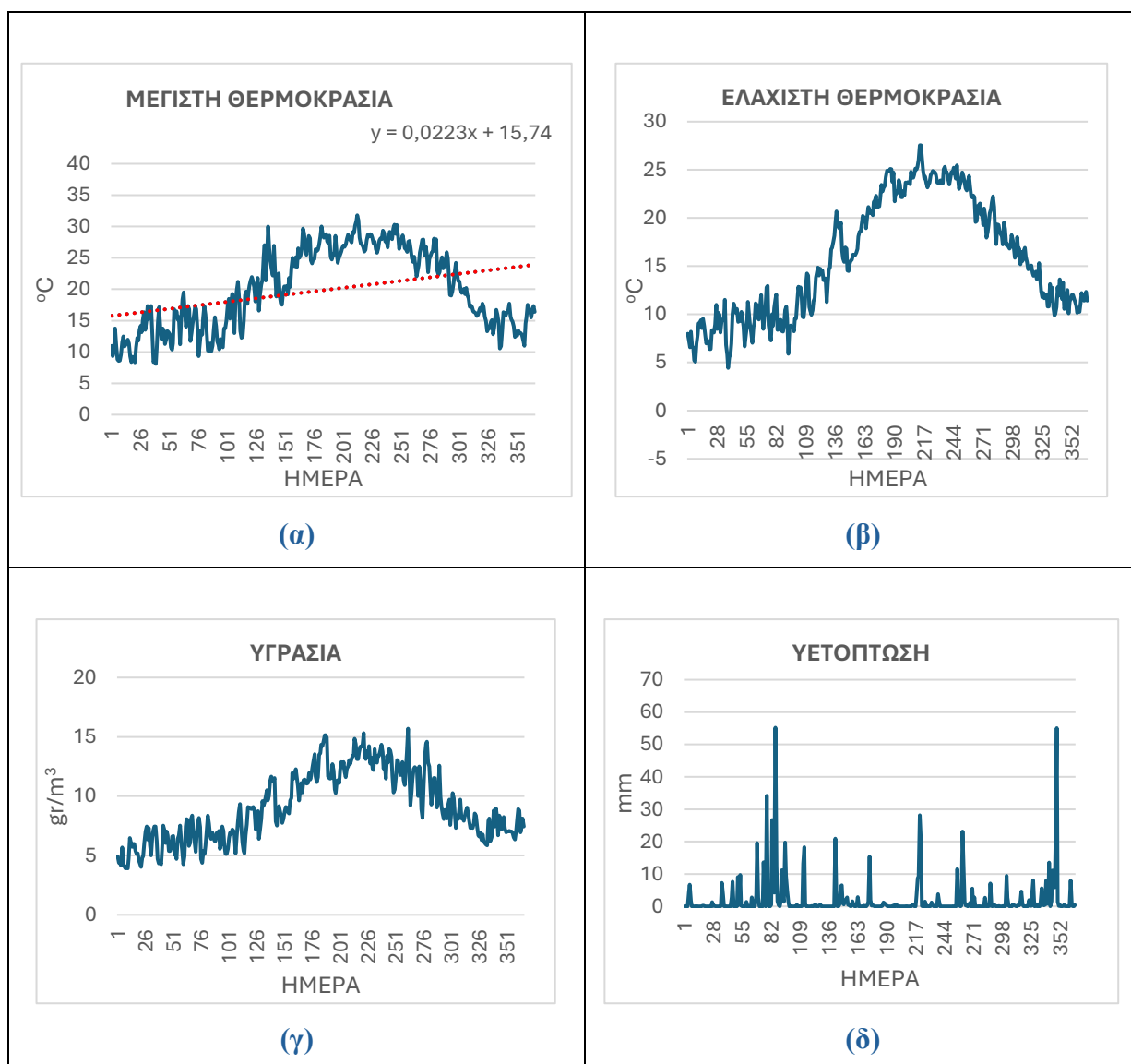
Εικόνα 7: έτος 2012 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης του Βόλου

Η γραμμή τάσης για τη μέγιστη θερμοκρασία δείχνει μια ήπια ανοδική πορεία κατά τη διάρκεια του έτους, όπως υποδηλώνει η εξίσωση $y = 0,0264x + 15,083$ (Εικ. 7), η οποία δείχνει μια καθημερινή αύξηση της θερμοκρασίας κατά $0,0264^{\circ}\text{C}$. Παρά την ανοδική τάση, παρατηρούνται συχνές διακυμάνσεις στη θερμοκρασία, με τις υψηλότερες τιμές το καλοκαίρι και τις χαμηλότερες το χειμώνα. Αυτές οι διακυμάνσεις αντικατοπτρίζουν τη φυσική εποχική αλλαγή του κλίματος, παρά την συνολική ανοδική τάση.



Εικόνα 8: έτος 2016 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης ου Βόλου

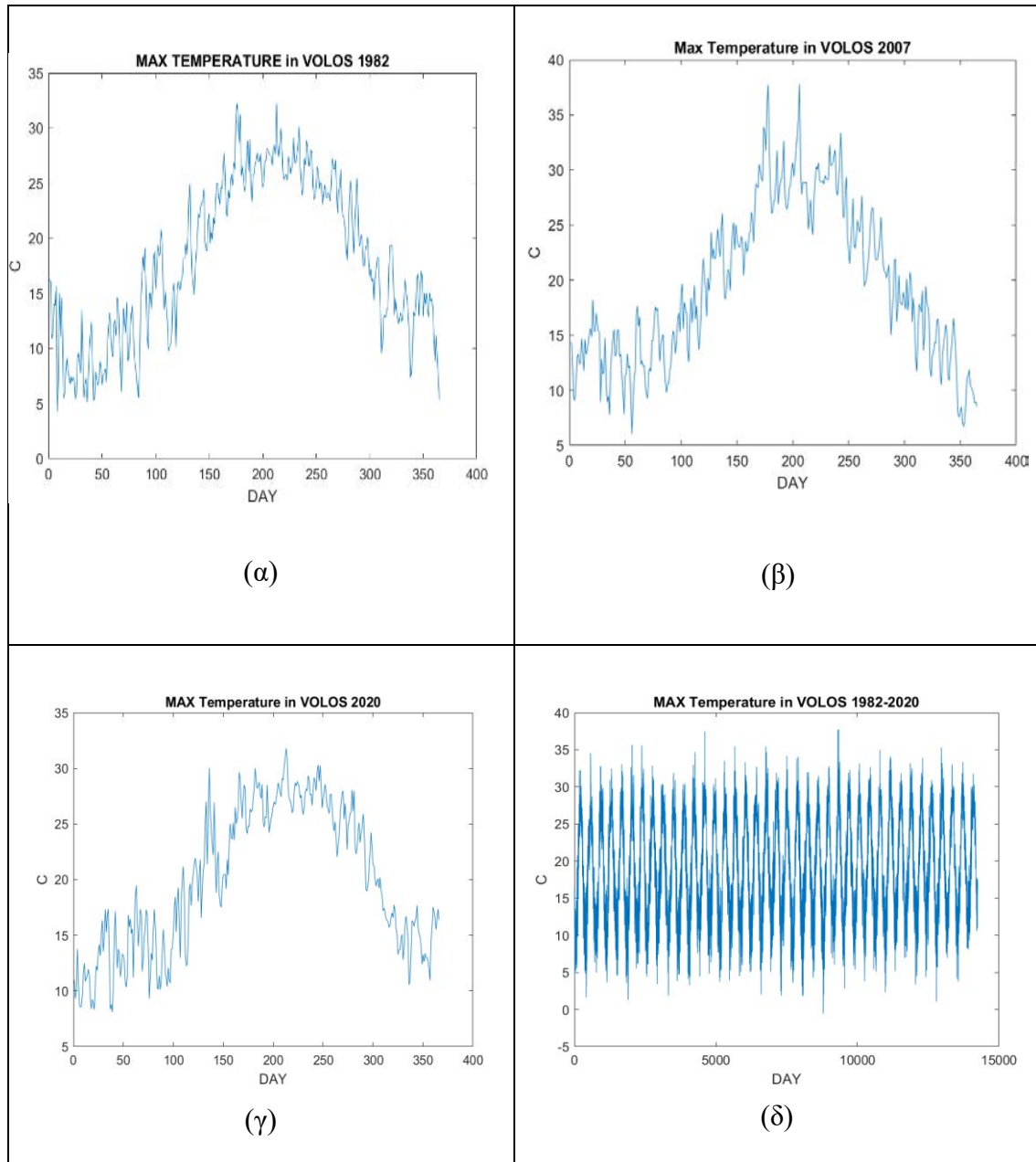
Στο συγκεκριμένο γράφημα, η γραμμή τάσης για τη μέγιστη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του έτους έχει μια πολύ μικρή θετική κλίση. Η εξίσωση της γραμμής τάσης είναι $y = 0,0077x + 18,292$, (εικ 8) όπου x είναι οι ημέρες και y η θερμοκρασία σε $^{\circ}\text{C}$. Η μέγιστη θερμοκρασία αυξάνεται κατά $0,0077^{\circ}\text{C}$ ανά ημέρα, υποδεικνύοντας μια ελαφρά αύξηση με την πάροδο του χρόνου. Η αρχική μέση θερμοκρασία είναι αρκετά υψηλή στους $18,292^{\circ}\text{C}$. Αν και η γραμμή τάσης δείχνει αυτήν την αύξηση, οι πραγματικές θερμοκρασίες στο γράφημα παρουσιάζουν σημαντικές διακυμάνσεις, με τις υψηλότερες τιμές να εμφανίζονται κατά τις θερινούς μήνες και τις χαμηλότερες τιμές να καταγράφονται κυρίως στην αρχή και στο τέλος του έτους.



Εικόνα 9: έτος 2020 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης του Βόλου.

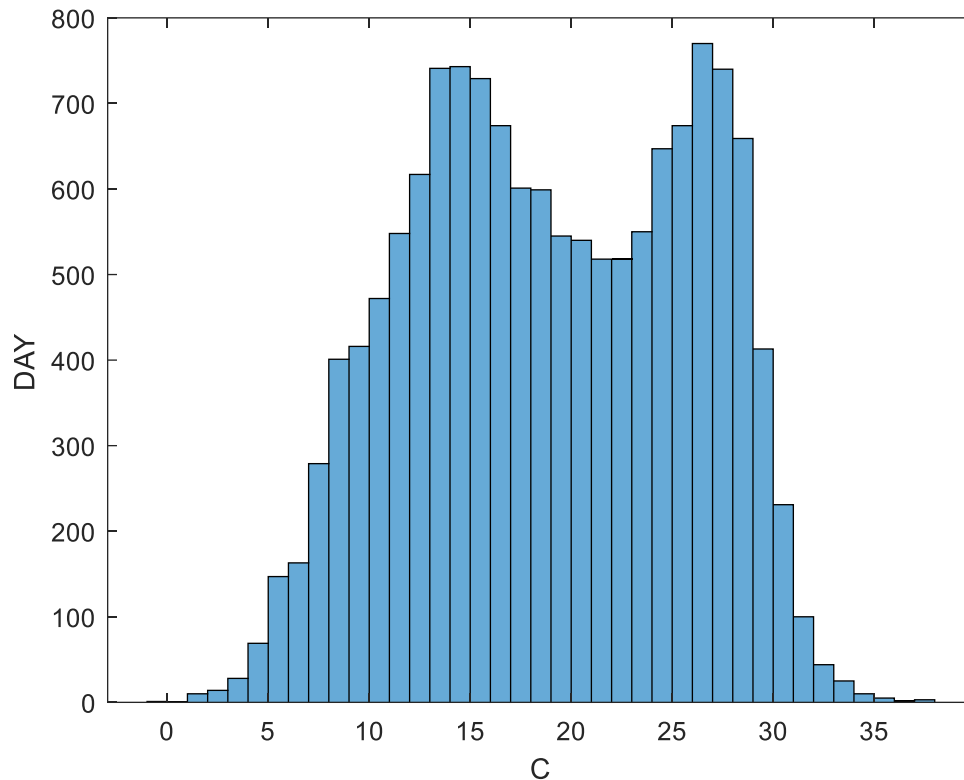
Η εξίσωση της ευθείας τάσης $y=0,0223x+15,74$, (εικ 9) περιγράφει μια γραμμική σχέση μεταξύ του χρόνου και της μέγιστης θερμοκρασίας. Η θετική κλίση $0,0223^{\circ}\text{C}$ υποδηλώνει μια σταθερή αύξηση της μέγιστης θερμοκρασίας με την πάροδο του χρόνου, υποδεικνύοντας ότι κάθε μονάδα αύξησης στον χρόνο οδηγεί σε άνοδο κατά $0,0223^{\circ}\text{C}$ μονάδες στη θερμοκρασία. Η αρχική μέση τιμή της μέγιστης θερμοκρασίας είναι $15,74^{\circ}\text{C}$. Παρά την γενική τάση αύξησης, υπάρχουν καθημερινές διακυμάνσεις γύρω από τη γραμμή τάσης, οι οποίες αντικατοπτρίζουν τις βραχυπρόθεσμες αλλαγές στη μέγιστη θερμοκρασία.

Σύγκριση δεδομένων των μέγιστων θερμοκρασιών κατά το περίοδο 1982 – 2020 για την πόλη του Βόλου



Εικόνα 10: γραφήματα των μεταβολών της θερμοκρασίας στην πόλη του Βόλου κατά τα έτη: α)1982, β)2007, γ)2020 και δ)1982-2020

Ακολουθεί το ιστόγραμμα(εικ 11) των μέγιστων θερμοκρασιών για όλο το διάστημα που εξετάζουμε(1982-2020)



Εικόνα 11: ιστόγραμμα των μεταβολών της μέγιστης θερμοκρασίας στην πόλη του Βόλου κατά το χρονικό διάστημα 1982-2020

	1982	2020	2007	1982-2020
Max	32.24	31.79	37.77	37.77
Min	4,29	8.09	6.03	- 0.54
Μέση τιμή	18.023	19.836	19.515	19.0104
Διασπορά	50,64	40.628	50.078	47,639
Βροχόπτωση(mm)	37.79	55.2	26.61	68.14

Εικόνα 12: πίνακας με τη μέγιστη και την ελάχιστη θερμοκρασία, τη μέση τιμή και τη διασπορά των μέγιστων θερμοκρασιών κατά τα αντιπροσωπευτικά έτη 1982, 2007, 2020 και συνολικές τους μεταβολές κατά το διάστημα 1982-2020 για την πόλη του Βόλου.

Στο ιστόγραμμα των μέγιστων θερμοκρασιών(εικ 11) παρατηρείται σημαντική συγκέντρωση ημερών με θερμοκρασίες 25-27°C κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και 15-17°C τους χειμερινούς. Αυτό υποδηλώνει ότι το κλίμα του Βόλου δεν παρουσιάζει ακραία ζέστη το καλοκαίρι ούτε πολύ κρύο τον χειμώνα, διατηρώντας μια σχετικά ήπια

κλιματική συμπεριφορά. Ωστόσο, με την πάροδο των ετών, παρατηρείται μια σημαντική μείωση της μέγιστης θερμοκρασίας και ταυτόχρονη αύξηση της ελάχιστης, φαινόμενο που πιθανόν σχετίζεται με την κλιματική αλλαγή και την εξισορρόπηση των θερμοκρασιακών ακραίων τιμών. Παρά την σταθερή μέση θερμοκρασία γύρω στους 19°C, η αύξηση της διασποράς των θερμοκρασιών και του εύρους μεταξύ μέγιστης και ελάχιστης τιμής υποδηλώνει μεγαλύτερη ευμεταβλητότητα στις θερμές και ψυχρές ημέρες.

Ιδιαίτερα αξιοσημείωτα ήταν τα έτη 2007 και 2020. Το 2007 καταγράφηκαν υψηλές θερμοκρασίες που έφτασαν έως τους 38°C το καλοκαίρι, συνοδευόμενες από πολύ περιορισμένη βροχόπτωση (μόλις 26mm), καθιστώντας το έτος αυτό ιδιαίτερα θερμό και ξηρό. Αντίθετα, το 2020 ήταν έτος με αυξημένες βροχοπτώσεις (περίπου 55mm) και μικρότερη διακύμανση στις θερμοκρασίες. Αυτές οι παρατηρήσεις ενδέχεται να υποδηλώνουν μια κλιματική τάση προς πιο υγρούς και ήπιους χειμώνες, αλλά ταυτόχρονα μπορεί να υποδεικνύουν μεγαλύτερη συχνότητα ακραίων καιρικών φαινομένων στο μέλλον. Αν αυτή η τάση συνεχιστεί, τα επόμενα χρόνια ενδέχεται να χαρακτηρίζονται από πιο έντονες καιρικές εναλλαγές και αβεβαιότητα, γεγονός που είναι ενδεικτικό της κλιματικής μεταβολής.

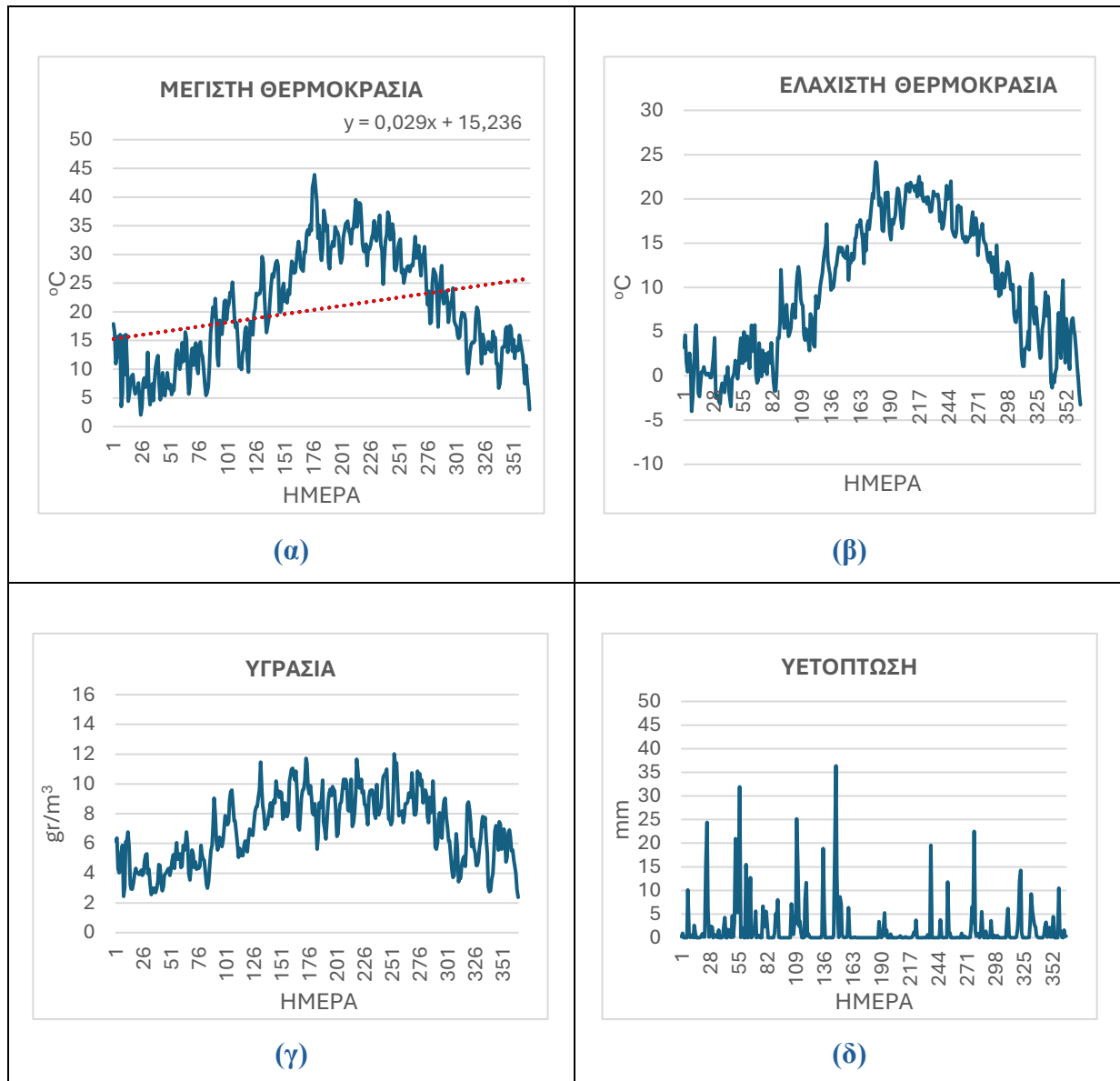
Η ανάλυση περιβαλλοντικών δεδομένων, όπως η παρακολούθηση των ετήσιων και μακροχρόνιων αλλαγών στη θερμοκρασία, προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τις κλιματικές αλλαγές που επηρεάζουν τη συγκεκριμένη περιοχή. Αυτές οι αλλαγές αποτυπώνουν τις τάσεις που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή, η οποία μπορεί να έχει σοβαρές συνέπειες για το περιβάλλον και τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Συγκεκριμένα, η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας, η διεύρυνση του εύρους θερμοκρασίας και η ενίσχυση των βροχοπτώσεων αποτελούν κρίσιμους δείκτες της κλιματικής μεταβολής.

Οι παρατηρούμενες αυξήσεις της μέσης θερμοκρασίας (εικ 12) στην πόλη του Βόλου από το 1982 έως το 2020, καθώς και η αύξηση του εύρους των θερμοκρασιών, υποδεικνύουν μια αυξανόμενη κλιματική αστάθεια. Η άνοδος της μέγιστης θερμοκρασίας, η εμφάνιση ακραίων θερμοκρασιών και οι έντονες βροχοπτώσεις (εικ.5) ενισχύουν την ένταση των ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως οι καύσωνες και οι πλημμύρες, που επηρεάζουν τη γεωργία, την υγεία και την ποιότητα ζωής των κατοίκων.

Τέλος, η αυξημένη διασπορά των θερμοκρασιών (εικ.12) και η διαφοροποίηση της μέσης θερμοκρασίας σε σύγκριση με προηγούμενες περιόδους επιβεβαιώνουν την κλιματική αλλαγή που βρίσκεται σε εξέλιξη. Αυτή η αλλαγή, με τις έντονες διακυμάνσεις και τις αποκλίσεις από τη μέση θερμοκρασία, αναδεικνύει την αστάθεια του κλίματος και τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει η περιοχή. Οι μεταβολές αυτές καθιστούν το κλίμα του Βόλου πιο ασταθές και απρόβλεπτο, υπογραμμίζοντας την ανάγκη προσαρμογής στις νέες κλιματικές συνθήκες.

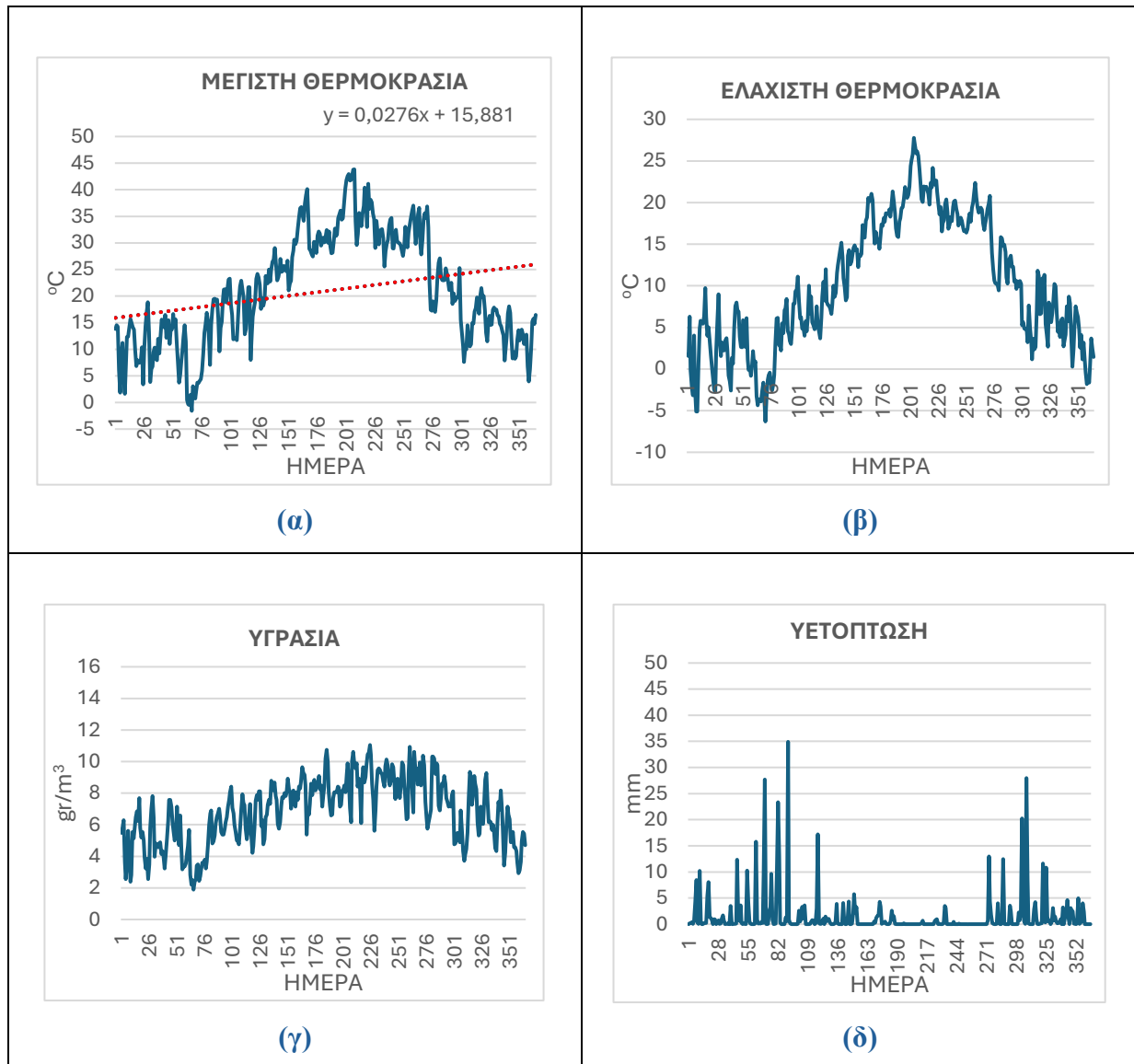
3.2 Μελέτη Δεδομένων Λάρισας

Στη συνέχεια ακολουθεί η παρουσίαση των δεδομένων της Λάρισας. Η Λάρισα, που βρίσκεται στον θεσσαλικό κάμπο, έχει ηπειρωτικό κλίμα με ζεστά καλοκαίρια και ψυχρούς χειμώνες. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, οι θερμοκρασίες συχνά ξεπερνούν τους 35°C, συνοδευόμενες από έντονη ζέστη και ξηρασία, ενώ οι χειμώνες είναι κρύοι, με θερμοκρασίες που μπορεί να πέσουν κάτω από το 0°C τη νύχτα και συχνές ομίχλες. Οι βροχοπτώσεις είναι περιορισμένες και συνήθως συγκεντρώνονται το φθινόπωρο και την άνοιξη. Εξαιτίας της γεωγραφικής της θέσης και της απόστασής της από τη θάλασσα, η Λάρισα παρουσιάζει μεγαλύτερες διακυμάνσεις στις θερμοκρασίες σε σύγκριση με τις παραθαλάσσιες περιοχές. Συνολικά, τα παρακάτω στοιχεία παρέχουν μία ολοκληρωμένη εικόνα των κλιματολογικών μεταβολών στην πόλη της Λάρισας σε βάθος δεκαετιών. Από μια αρχική οπτική ανάλυση των γραφημάτων, διαπιστώνεται ότι στις αρχές του έτους οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές, υποδεικνύοντας την χειμερινή περίοδο. Καθώς οι εποχές προχωρούν, οι θερμοκρασίες αρχίζουν να αυξάνονται. Το καλοκαίρι, η μέγιστη θερμοκρασία μπορεί να ξεπεράσει τους 40°C, με ορισμένα καλοκαίρια να φτάνουν ακόμη και τους 45°C, ενώ η ελάχιστη θερμοκρασία τον χειμώνα μπορεί να πέσει έως τους - 7°C. Η υγρασία παραμένει σε φυσιολογικά επίπεδα, κυμαινόμενη γύρω από 12 gr/m³. Όσον αφορά τις βροχοπτώσεις, δεν παρατηρούνται υψηλά επίπεδα υετού, με μέσο όρο περίπου 35mm. Το μεγαλύτερο ύψος βροχής καταγράφηκε στις 27 Ιουλίου 2002, φτάνοντας τα 48,69mm.



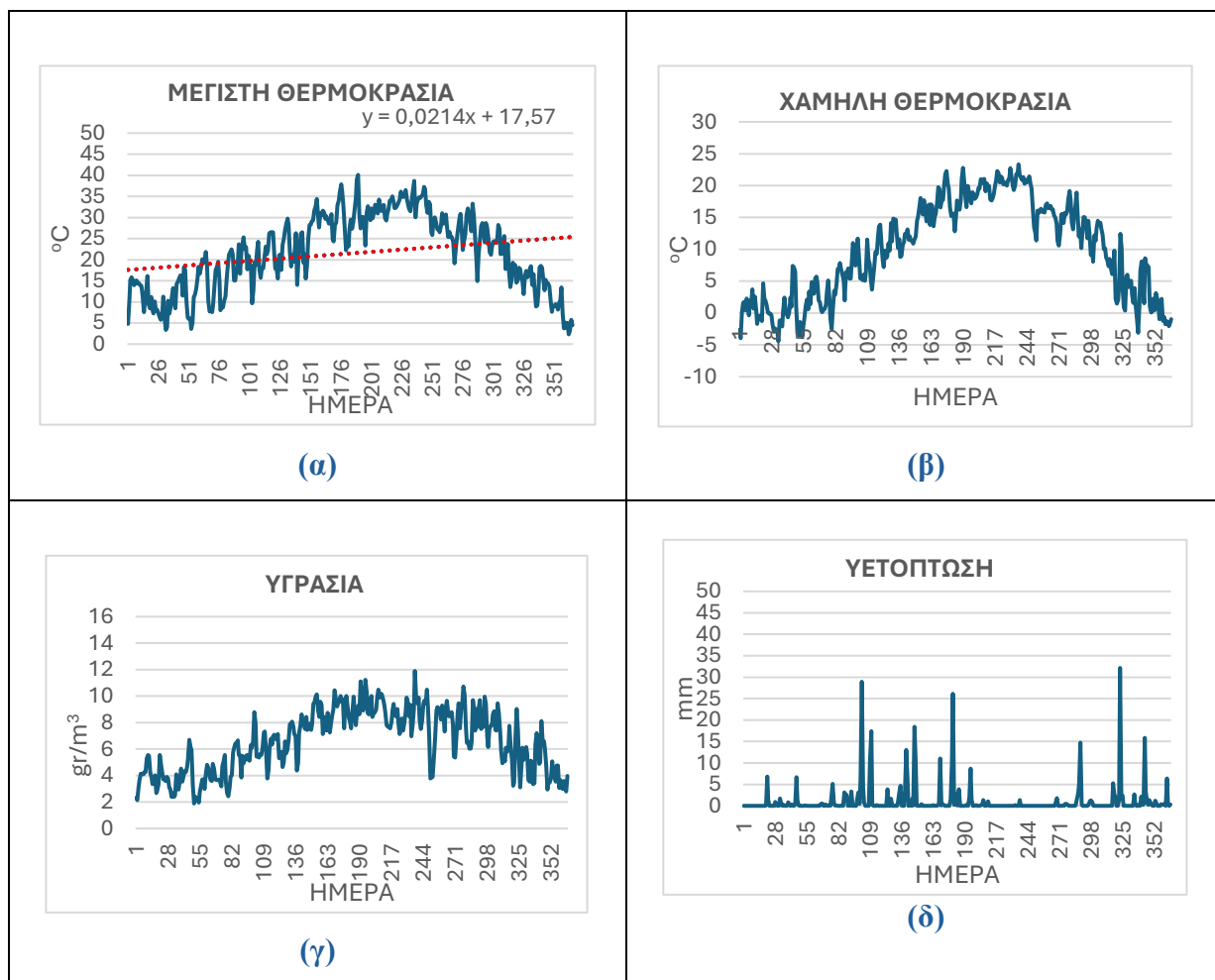
Εικόνα 13: έτος 1982 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης της Λάρισας

Η εξίσωση της ευθείας τάσης που δίνεται, $y = 0,029x + 15,236$, (εικ.13) αντιπροσωπεύει τη σχέση μεταξύ του χρόνου (x) και της μέγιστης θερμοκρασίας (y) στην πόλη της Λάρισας για την χρονιά 1982. Ο συντελεστής της μεταβλητής x στην εξίσωση, δηλαδή 0,029, αντιπροσωπεύει την κλίση της ευθείας και δείχνει τον ρυθμό με τον οποίο αυξάνεται η μέγιστη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του έτους. Αν και το $0,029^{\circ}\text{C}$ μπορεί να φαίνεται μικρή αύξηση, σε ένα χρονικό διάστημα πολλών ετών, η συσσώρευση αυτής της αύξησης μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική αλλαγή στο κλίμα της περιοχής.



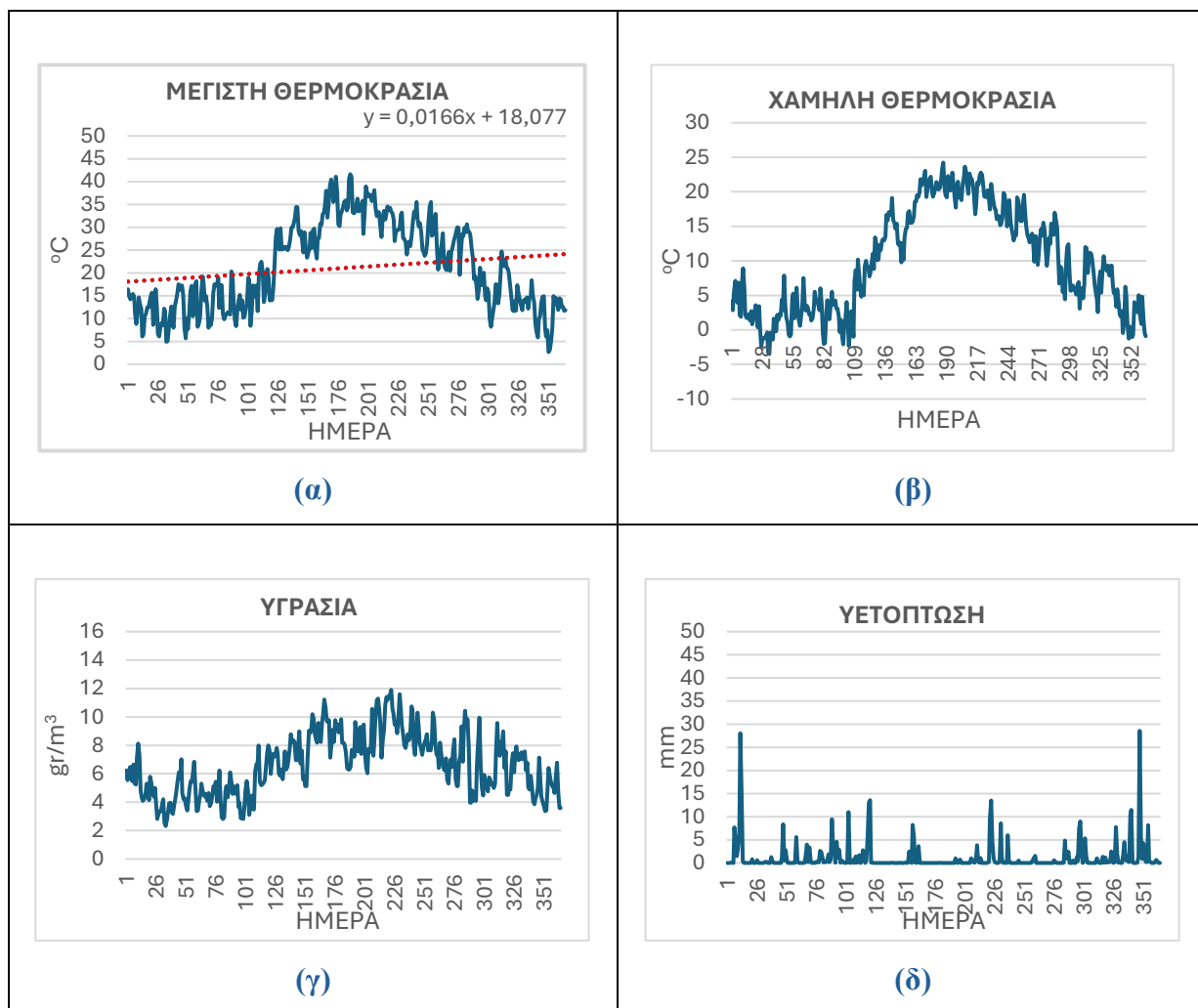
Εικόνα 14: έτος 1987 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης της Λάρισας

Η εξίσωση της ευθείας τάσης $y = 0,0276x + 15,881$, (εικ.14) αντιπροσωπεύει μια γραμμική σχέση μεταξύ του χρόνου (x) και μιας εξαρτημένης μεταβλητής (y) της μέγιστης θερμοκρασίας. Η θετική τιμή της κλίσης δείχνει μια σταθερή αύξηση της μέγιστης θερμοκρασίας με την πάροδο του χρόνου.



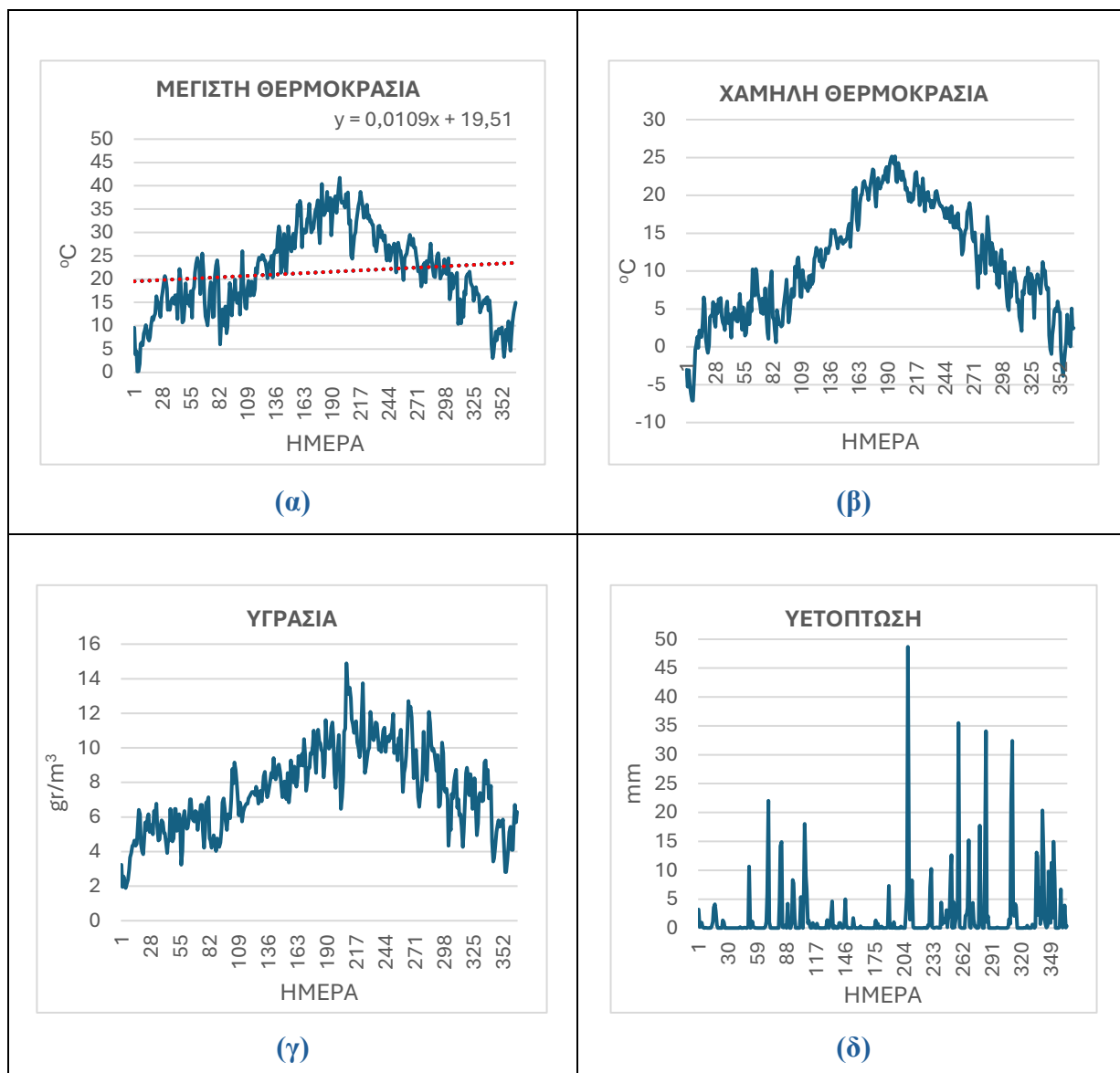
Εικόνα 15: έτος 1992 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης της Λάρισας

Η εξίσωση της ευθείας τάσης $y = 0,0214x + 17,57$ (εικ.15) περιγράφει τη γραμμική σχέση ανάμεσα στον χρόνο (x) και τη μέγιστη θερμοκρασία (y) στην πόλη της Λάρισας για το έτος 1992. Ο συντελεστής της μεταβλητής x, δηλαδή η κλίση της ευθείας (0,0214), δείχνει τον ρυθμό αύξησης της μέγιστης θερμοκρασίας με την πάροδο του χρόνου. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε μονάδα αύξησης του χρόνου, η μέγιστη θερμοκρασία αυξάνεται κατά 0,0214 βαθμούς. Η σταθερά 17,57 αναφέρεται στη μέγιστη θερμοκρασία στην αρχή του έτους. Συνολικά, η εξίσωση καταγράφει μια σταδιακή ανοδική τάση στη θερμοκρασία, υποδεικνύοντας ότι η μέγιστη θερμοκρασία στη Λάρισα αυξάνεται με σταθερό ρυθμό κατά τη διάρκεια του 1992.



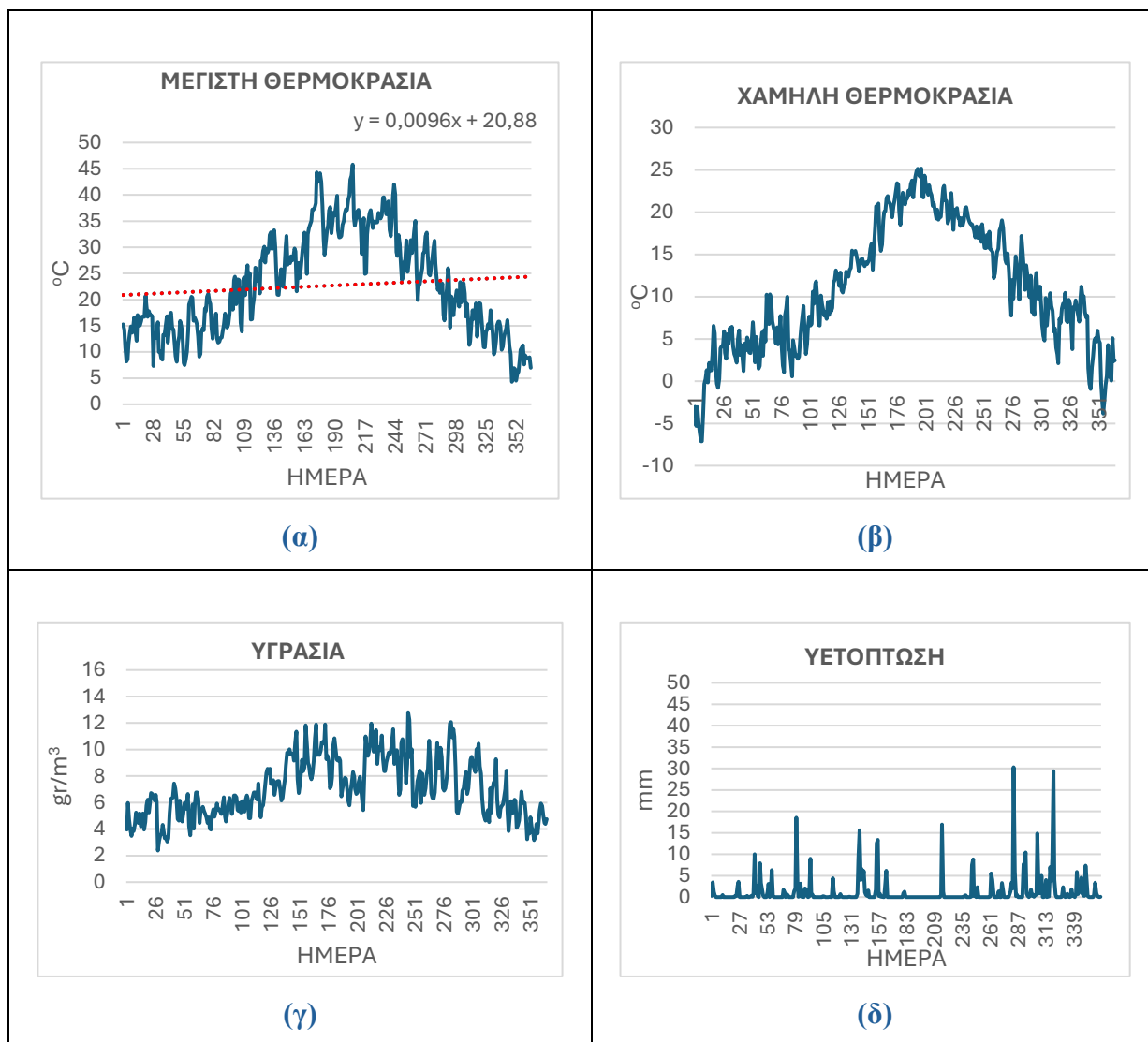
Εικόνα 16: έτος 1997 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης της Λάρισας

Η εξίσωση της ευθείας τάσης που δίνεται, $y = 0,0166x + 18,077$, (εικ.16) αντιπροσωπεύει τη σχέση μεταξύ του χρόνου (x) και της μέγιστης θερμοκρασίας (y) . Ο συντελεστής της μεταβλητής x στην εξίσωση, δηλαδή 0,0166, αντιπροσωπεύει την κλίση της ευθείας και δείχνει τον ρυθμό με τον οποίο αυξάνεται η μέγιστη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του έτους. Η αύξηση των $0,0166^{\circ}\text{C}$ ανά ημέρα μπορεί να αντικατοπτρίζει μια ελαφριά εποχική τάση, με τις θερμοκρασίες να αυξάνονται αργά καθώς προχωρά το έτος.



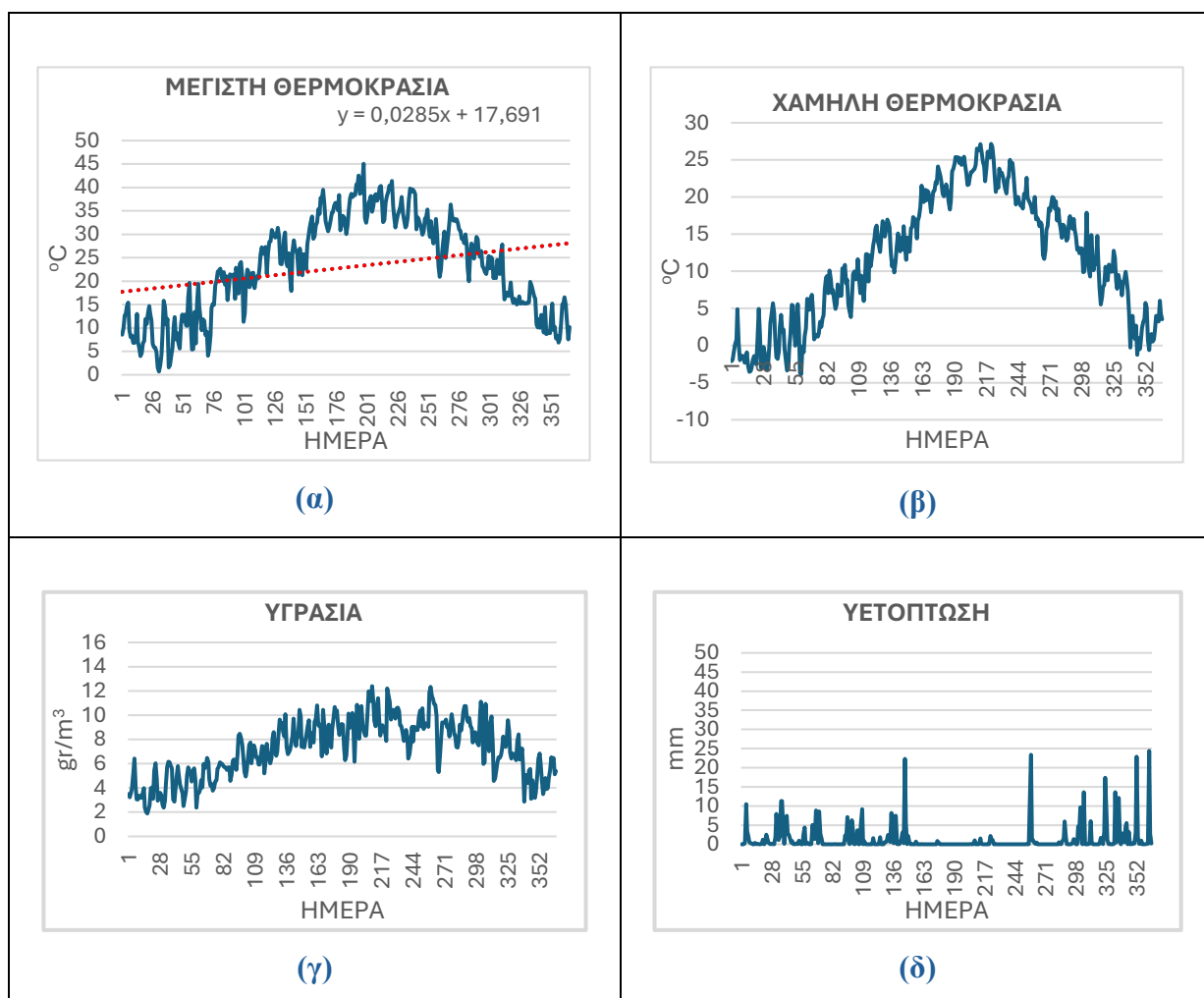
Εικόνα 17: έτος 2002 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης της Λάρισας

Η εξίσωση της γραμμής τάσης $y = 0,0109x + 19,51$, (εικ.17) δείχνει ότι η μεταβλητή y , η θερμοκρασία, αυξάνεται με τον χρόνο σύμφωνα με μια γραμμική τάση. Η κλίση 0,0109 υποδεικνύει μια αργή αύξηση της θερμοκρασίας κατά $0,0109^{\circ}\text{C}$ για κάθε μονάδα αύξησης του χρόνου x , κάτι που υποδηλώνει μια μικρή αλλά συνεχόμενη τάση ανόδου. Το 19,51 είναι η εκτιμώμενη τιμή της θερμοκρασίας στην αρχή της περιόδου που εξετάζεται. Αυτή η γραμμική αύξηση μπορεί να αντανακλά αργές εποχιακές αλλαγές ή μικρές μακροχρόνιες κλιματικές μεταβολές, επισημαίνοντας την ανάγκη για μακροχρόνια παρακολούθηση και ανάλυση των κλιματικών τάσεων.



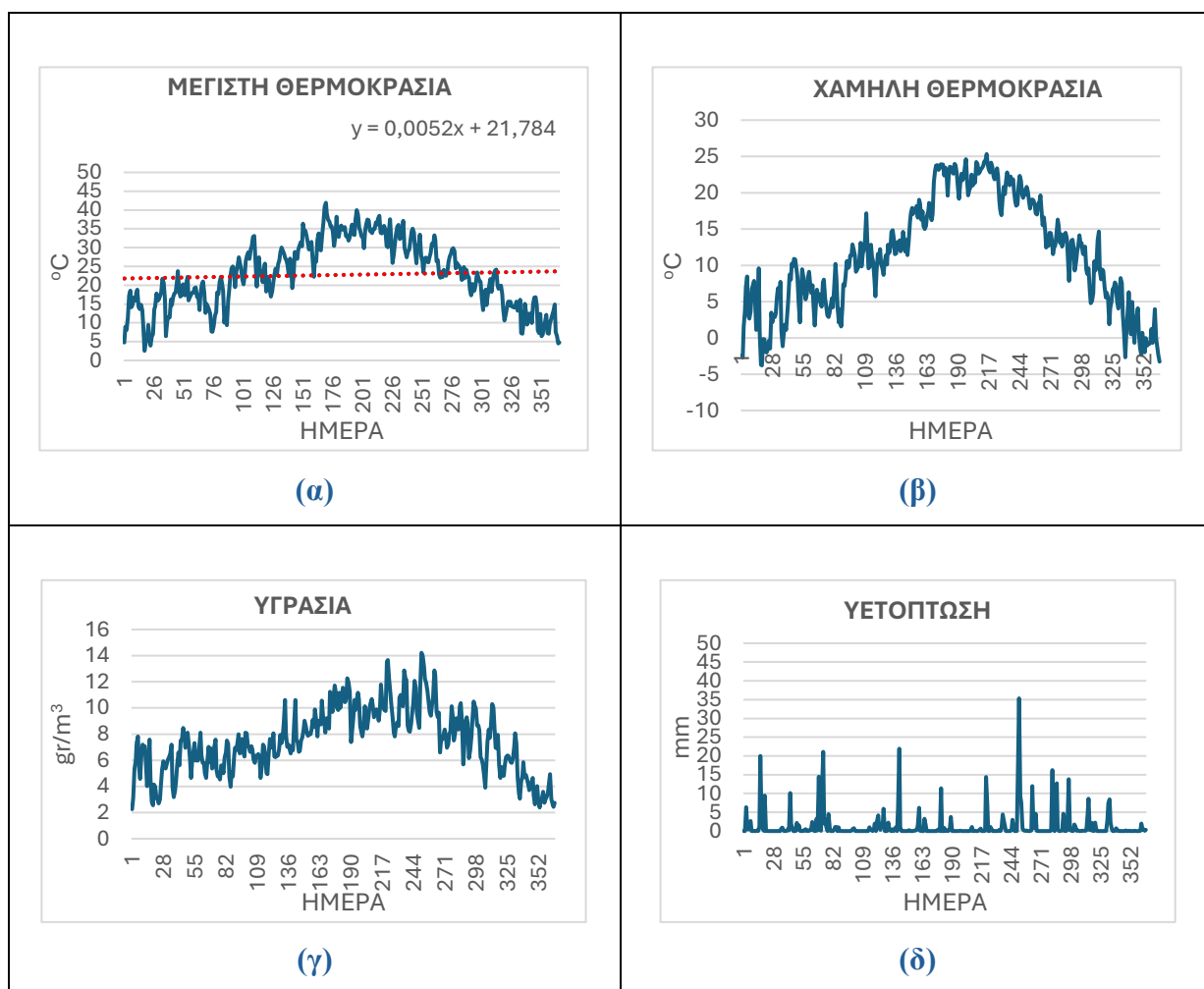
Εικόνα 18: έτος 2007 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης της Λάρισας

Η εξίσωση $y = 0,0096x + 20,88$, (εικ.18) δείχνει ότι το έτος 2007 παρουσίασε μια σταθερή αύξηση της θερμοκρασίας καθώς προχωρούσαν οι ημέρες, ξεκινώντας από μια μέση θερμοκρασία περίπου 20,88°C στην αρχή του έτους. Αυτή η γραμμική αύξηση αντικατοπτρίζει την εποχική μεταβολή, με τις θερμοκρασίες να αυξάνονται από τον χειμώνα προς το καλοκαίρι, υποδεικνύοντας μια φυσιολογική κλιματική πορεία και επιτρέποντάς μας να κατανοήσουμε πώς οι θερμοκρασίες εξελίχθηκαν μέρα με τη μέρα κατά το 2007.



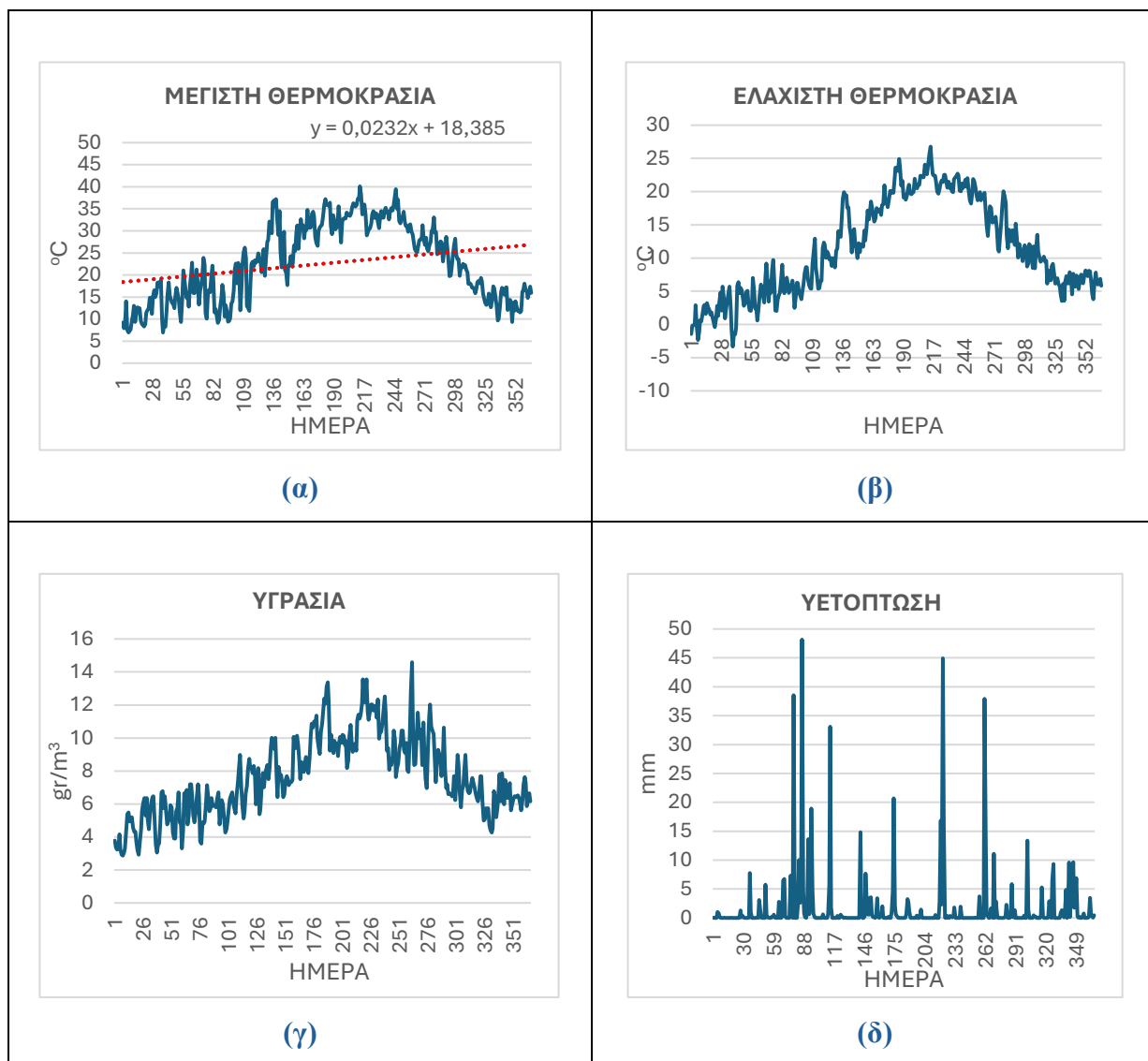
Εικόνα 19: έτος 2012 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης της Λάρισας

Η εξίσωση της γραμμής τάσης $y = 0,0285x + 17,691$, (εικ.19) υποδεικνύει ότι η μεταβλητή y , δηλαδή η θερμοκρασία, αυξάνεται με τον χρόνο σύμφωνα με μια γραμμική τάση. Η κλίση 0,0285 δείχνει ότι η θερμοκρασία αυξάνεται κατά 0,0285°C για κάθε μονάδα αύξησης του x , υποδεικνύοντας μια μέτρια αλλά συνεχή αύξηση με την πάροδο του χρόνου. Το 17,691 αντιπροσωπεύει την εκτιμώμενη τιμή της θερμοκρασίας στην αρχή της περιόδου που εξετάζεται. Αυτή η τάση υποδηλώνει μια σταθερή άνοδο της θερμοκρασίας, η οποία μπορεί να σχετίζεται με εποχικές αλλαγές ή μακροχρόνιες κλιματικές μεταβολές, υπογραμμίζοντας την ανάγκη για παρακολούθηση και προσαρμογή στις αλλαγές του κλίματος.



Εικόνα 20: έτος 2016 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης της Λάρισας

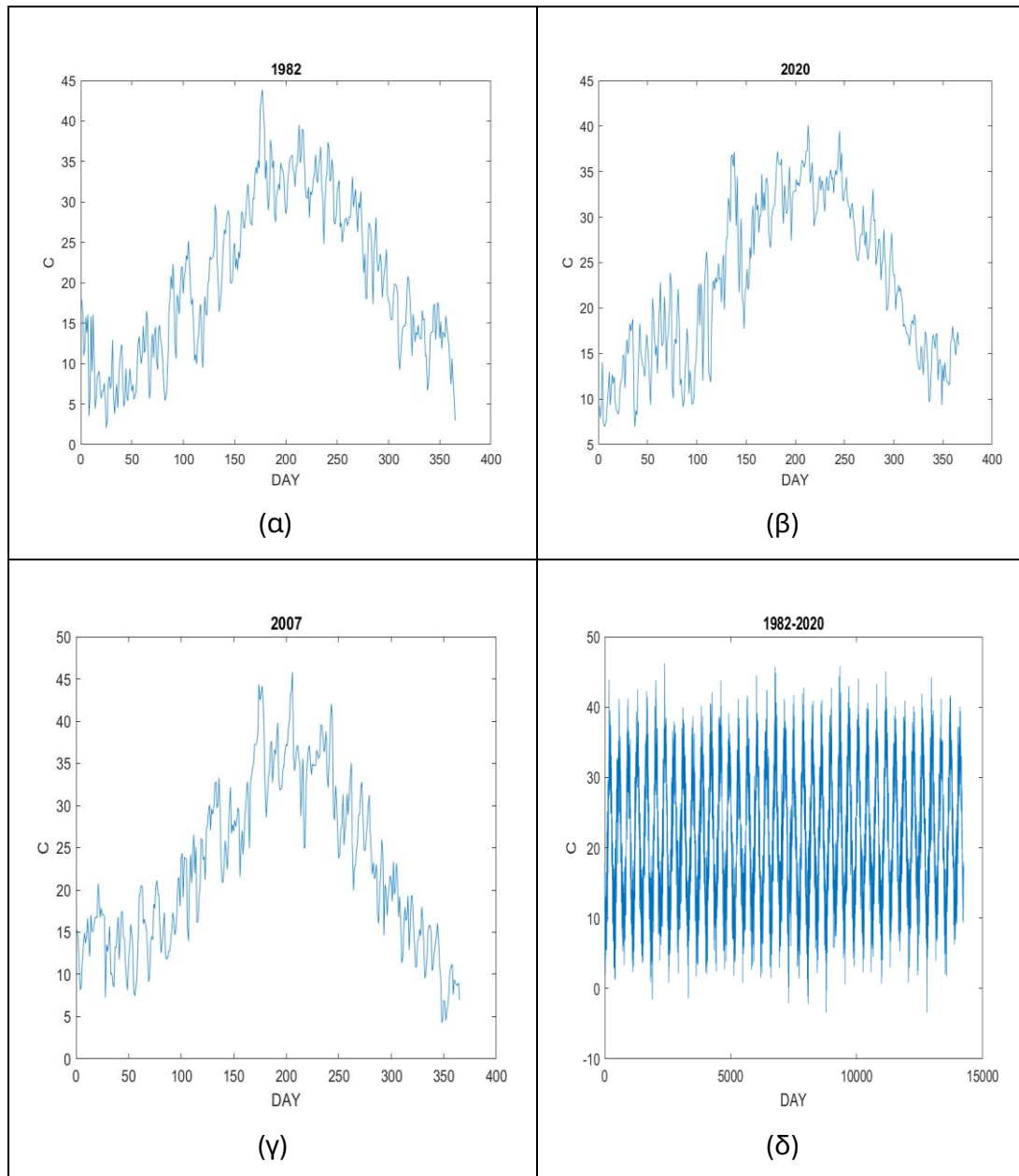
Η εξίσωση της γραμμής τάσης $y = 0,0052x + 21,784$, (εικ.20) δείχνει ότι η θερμοκρασία, αυξάνεται σταδιακά με την πάροδο του χρόνου. Η κλίση 0,0052 υποδεικνύει μια πολύ αργή αύξηση της θερμοκρασίας κατά $0,0052^{\circ}\text{C}$ για κάθε ημέρα του έτους. Αυτή η μικρή τιμή της κλίσης σημαίνει ότι η αλλαγή στη θερμοκρασία είναι πολύ αργή και ενδεχομένως ελάχιστα αισθητή σε βραχυπρόθεσμο ορίζοντα. Το 21,784 είναι η εκτιμώμενη τιμή της θερμοκρασίας στην αρχή της περιόδου που εξετάζεται. Η μικρή κλίση μπορεί να δείχνει μια αργή ή σταθερή τάση αύξησης, η οποία ίσως δεν είναι αμέσως εμφανής, αλλά μπορεί να έχει σημασία σε μακροχρόνιο επίπεδο.



Εικόνα 21: έτος 2020 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης της Λάρισας

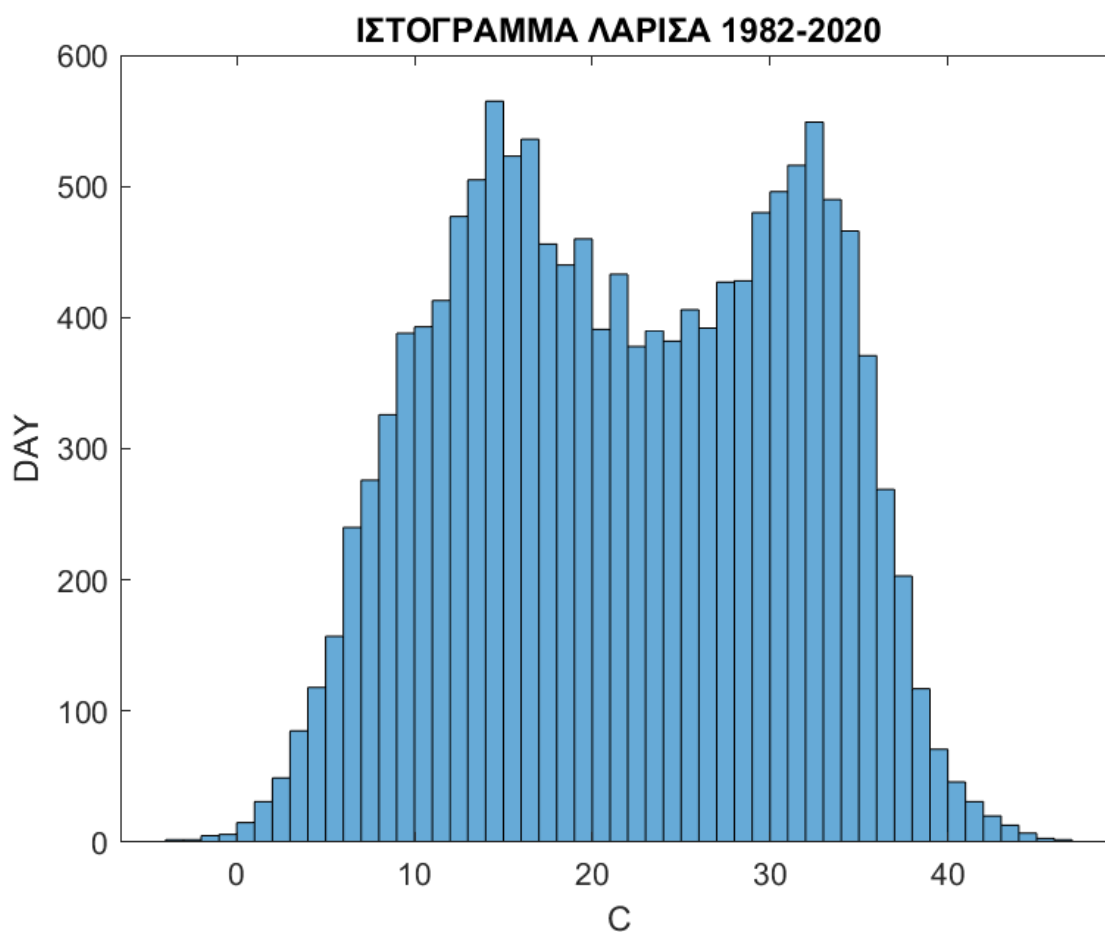
Η εξίσωση της γραμμής τάσης $y = 0,0232x + 18,385$, (εικ.21) περιγράφει μια γραμμική σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών, του χρόνου (x) και της θερμοκρασίας (y). Η κλίση 0,0232 δείχνει ότι η θερμοκρασία αυξάνεται κατά 0,0232°C για κάθε μονάδα αύξησης του χρόνου, υποδεικνύοντας μια συνεχή αύξηση με την πάροδο του χρόνου. Το 18,385 είναι η εκτιμώμενη αρχική θερμοκρασία (όταν $x = 0$), που μπορεί να ερμηνευθεί ως η μέση θερμοκρασία στην αρχή της περιόδου που εξετάζεται ή στην αρχή του έτους. Αυτή η αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να υποδηλώνει μια μικρή αλλά σταθερή τάση αύξησης, η οποία ενδεχομένως σχετίζεται με την εποχική ή κλιματική αλλαγή.

Σύγκριση δεδομένων των μέγιστων θερμοκρασιών κατά την περίοδο 1982 -2020 στην πόλη της Λάρισας :



Εικόνα 22: γραφήματα των μεταβολών της θερμοκρασίας στην πόλη της Λάρισας κατά τα έτη: α)1982, β)2007, γ)2020 και δ)1982-2020

Ακολουθεί το ιστόγραμμα συχνοτήτων(εικ.23) για τις μέγιστες θερμοκρασίες το χρονικό διάστημα 1982-2020.



Εικόνα 23: ιστόγραμμα των μεταβολών της μέγιστης θερμοκρασίας στην πόλη της Λάρισας κατά το χρονικό διάστημα 1982-2020

	1982	2007	2020	1982-2020
Max	43.9	45.8	40.1	46.22
Min	2.03	4.3	6.95	-8.13
Μέση τιμή	20.543	22.644	22.639	21.878
διασπορά	95.826	93.057	76.018	90.058
Βροχόπτωση(mm)	36.36	30.3	48.17	64.82

Εικόνα 24: πίνακας με τη μέγιστη και την ελάχιστη θερμοκρασία, τη μέση τιμή και τη διασπορά των μέγιστων θερμοκρασιών κατά τα αντιπροσωπευτικά έτη 1982, 2007, 2020 και συνολικές τους μεταβολές κατά το διάστημα 1982-2020 για την πόλη της Λάρισας.

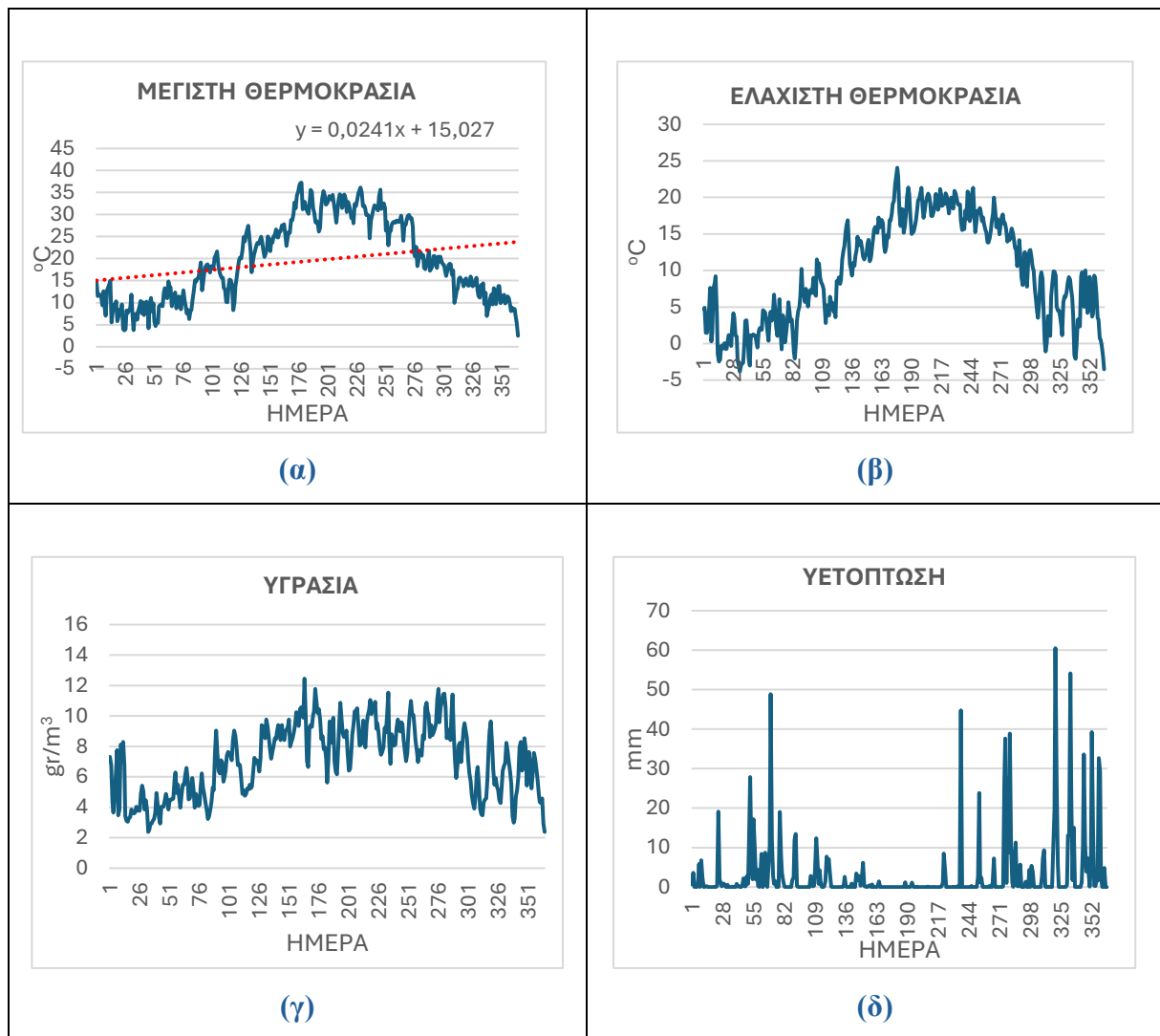
Στο ιστόγραμμα, (εικ.23) των μέγιστων θερμοκρασιών για την πόλη της Λάρισας παρατηρείται συγκέντρωση ημερών με θερμοκρασίες 34-36°C κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και 14-16°C τον χειμώνα, γεγονός που υποδηλώνει ένα κλίμα με έντονες εποχιακές διακυμάνσεις, χωρίς ωστόσο ακραίες αποκλίσεις. Με την πάροδο των ετών, παρατηρείται αύξηση τόσο της μέγιστης όσο και της ελάχιστης θερμοκρασίας, (εικ.22) με τη μέση θερμοκρασία (εικ.24) να έχει αυξηθεί κατά περίπου 2°C. Παράλληλα, η διασπορά των θερμοκρασιών, (εικ.24) και το εύρος μεταξύ των ακραίων τιμών παρουσιάζουν σημαντικές μεταβολές, υποδεικνύοντας μεγαλύτερη κλιματική ευμεταβλητότητα. Το 2007 ήταν μια ιδιαίτερα θερμή χρονιά, με μέγιστες θερμοκρασίες που έφτασαν τους 45,8°C και ελάχιστες στους -7,09°C, συνοδευόμενες από χαμηλή βροχόπτωση (30,3mm). Αντίθετα, το 2020 καταγράφηκαν αυξημένες βροχοπτώσεις (55mm) και μικρότερη διακύμανση στις θερμοκρασίες, με τη μέγιστη να πλησιάζει τους 40°C. Αυτές οι παρατηρήσεις ενδέχεται να υποδηλώνουν μια κλιματική τάση προς πιο υγρούς και ήπιους χειμώνες, ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται η πιθανότητα εμφάνισης συχνότερων ακραίων καιρικών φαινομένων στο μέλλον, γεγονός που σχετίζεται με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

Κατά την περίοδο 1982-2020, (εικ.24) παρατηρείται μια σημαντική αύξηση της μέσης θερμοκρασίας, η οποία υποδηλώνει μια προοδευτική αλλαγή στο κλίμα. Αυτή η τάση συνοδεύεται από διεύρυνση του εύρους θερμοκρασίας, με μεγαλύτερες διακυμάνσεις μεταξύ μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας, γεγονός που υποδηλώνει αυξημένη μεταβλητότητα στο κλίμα. Επιπλέον, οι μέγιστες βροχοπτώσεις έχουν αυξηθεί, με τα επεισόδια έντονων βροχοπτώσεων να γίνονται πιο συχνά και εντονότερα, συμβάλλοντας στις ακραίες καιρικές συνθήκες που παρατηρούνται.

3.3 Μελέτη Δεδομένων Ιωαννίνων

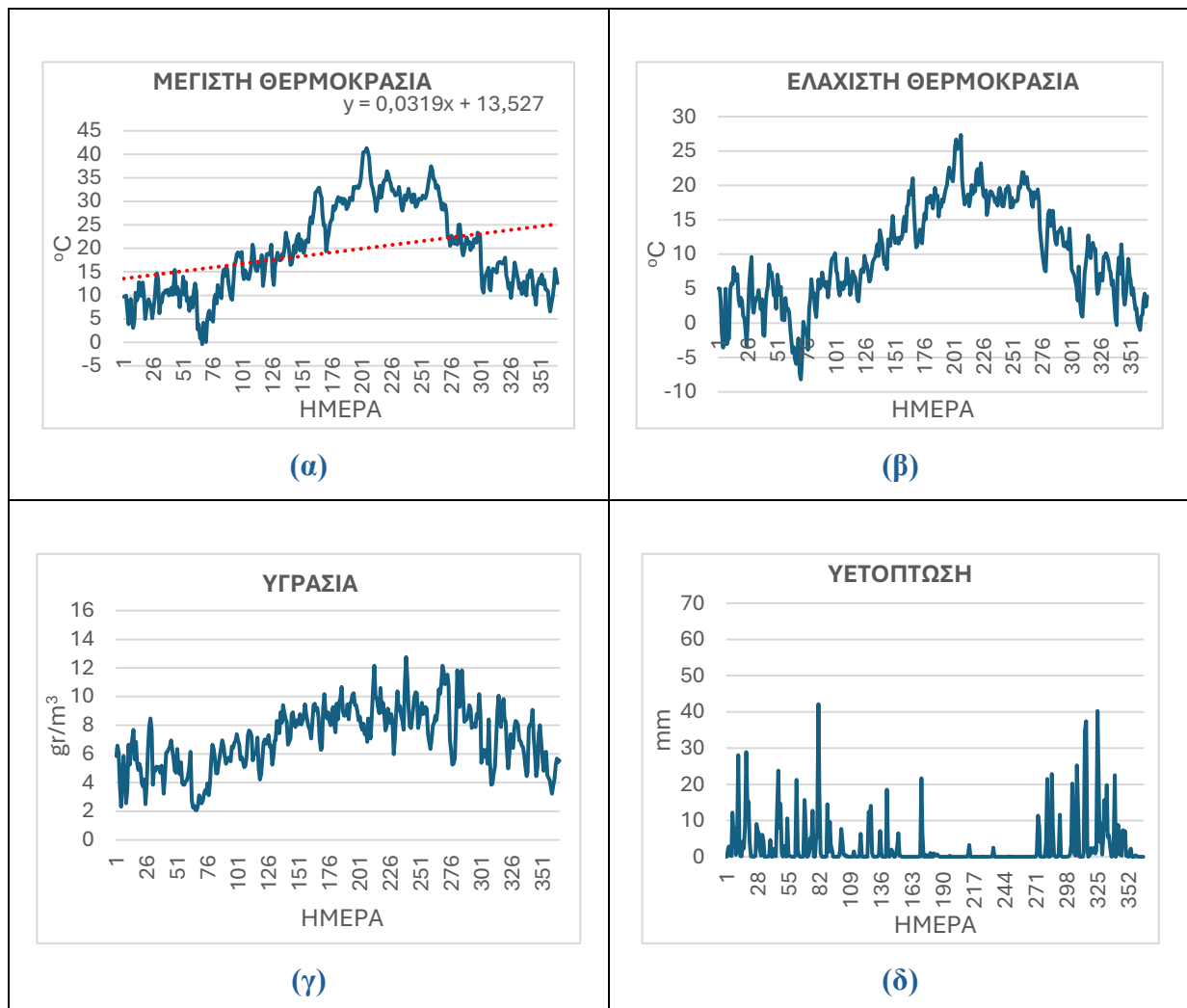
Στις παρακάτω γραφικές παραστάσεις απεικονίζονται τα γραφήματα των χρονοσειρών για τα Ιωάννινα. Αυτή η πόλη, που βρίσκεται στο κέντρο της Ηπείρου, διακρίνεται για το ηπειρωτικό της κλίμα, το οποίο παρουσιάζει έντονες εποχιακές διακυμάνσεις. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, η περιοχή συχνά αντιμετωπίζει πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, με τον υδράργυρο να υποχωρεί κάτω από το μηδέν, ενώ οι χιονοπτώσεις είναι συχνές, κυρίως στις ορεινές περιοχές γύρω από την πόλη. Οι χειμώνες συνοδεύονται επίσης από υψηλά επίπεδα υγρασίας, που ενισχύονται από τη λίμνη Παμβώτιδα, προσθέτοντας στην αίσθηση του ψύχους. Η ομίχλη αποτελεί ένα συνηθισμένο φαινόμενο κατά τους ψυχρούς μήνες, προσφέροντας ένα επιπλέον χαρακτηριστικό στο κλίμα της πόλης. Το καλοκαίρι, οι θερμοκρασίες μπορεί να φτάσουν τους 30°C, ωστόσο τα βράδια είναι αισθητά πιο δροσερά λόγω της επιρροής των γύρω βουνών. Αυτή η πιο δροσερή βραδινή θερμοκρασία καθιστά τα καλοκαίρια πιο ανεκτά, αν και η υγρασία παραμένει αισθητή. Οι βροχοπτώσεις είναι σημαντικές καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, με ιδιαίτερη ένταση το φθινόπωρο και τον χειμώνα, όταν τα συστήματα χαμηλής πίεσης προκαλούν ισχυρές βροχές. Η περιοχή γύρω από τα Ιωάννινα, με τα όρη Μιτσικέλι και Τζουμέρκα, δημιουργεί τοπικά μικροκλίματα που εντείνουν την καιρική μεταβλητότητα, προσφέροντας ποικιλία καιρικών συνθηκών ανάλογα με την υψομετρική ζώνη.

Το ιδιαίτερο κλίμα των Ιωαννίνων, με τη μεγάλη ετήσια βροχόπτωση και τις έντονες διακυμάνσεις θερμοκρασίας, προσδίδει μοναδικά χαρακτηριστικά στην πόλη, επηρεάζοντας τόσο την καθημερινότητα των κατοίκων όσο και τη φυσική της ομορφιά. Μια αρχική οπτική ανάλυση των παρακάτω γραφημάτων αποκαλύπτει ότι στις αρχές του έτους οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές, υποδεικνύοντας την παρουσία του χειμώνα. Καθώς οι εποχές αλλάζουν, οι θερμοκρασίες αυξάνονται σταδιακά, φτάνοντας στο υψηλότερο σημείο τους στις 24 Ιουλίου 2007, με μέγιστη θερμοκρασία 42,62°C. Αντίθετα, η ελάχιστη θερμοκρασία παρουσίασε σημαντική πτώση, φτάνοντας τους -8,74°C στις 5 Ιανουαρίου 2002, επιβεβαιώνοντας τη σφοδρότητα του χειμώνα εκείνης της χρονιάς. Η υγρασία κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου κυμάνθηκε από 12 έως 14 gr/m³, με αρκετές διακυμάνσεις. Το 2002 ξεχώρισε όχι μόνο για τις χαμηλές θερμοκρασίες αλλά και για τις έντονες βροχοπτώσεις, οι οποίες ανήλθαν στα 71,15 mm στις 29 Αυγούστου 2002, υποδεικνύοντας έναν βροχερό και ψυχρό καιρό.



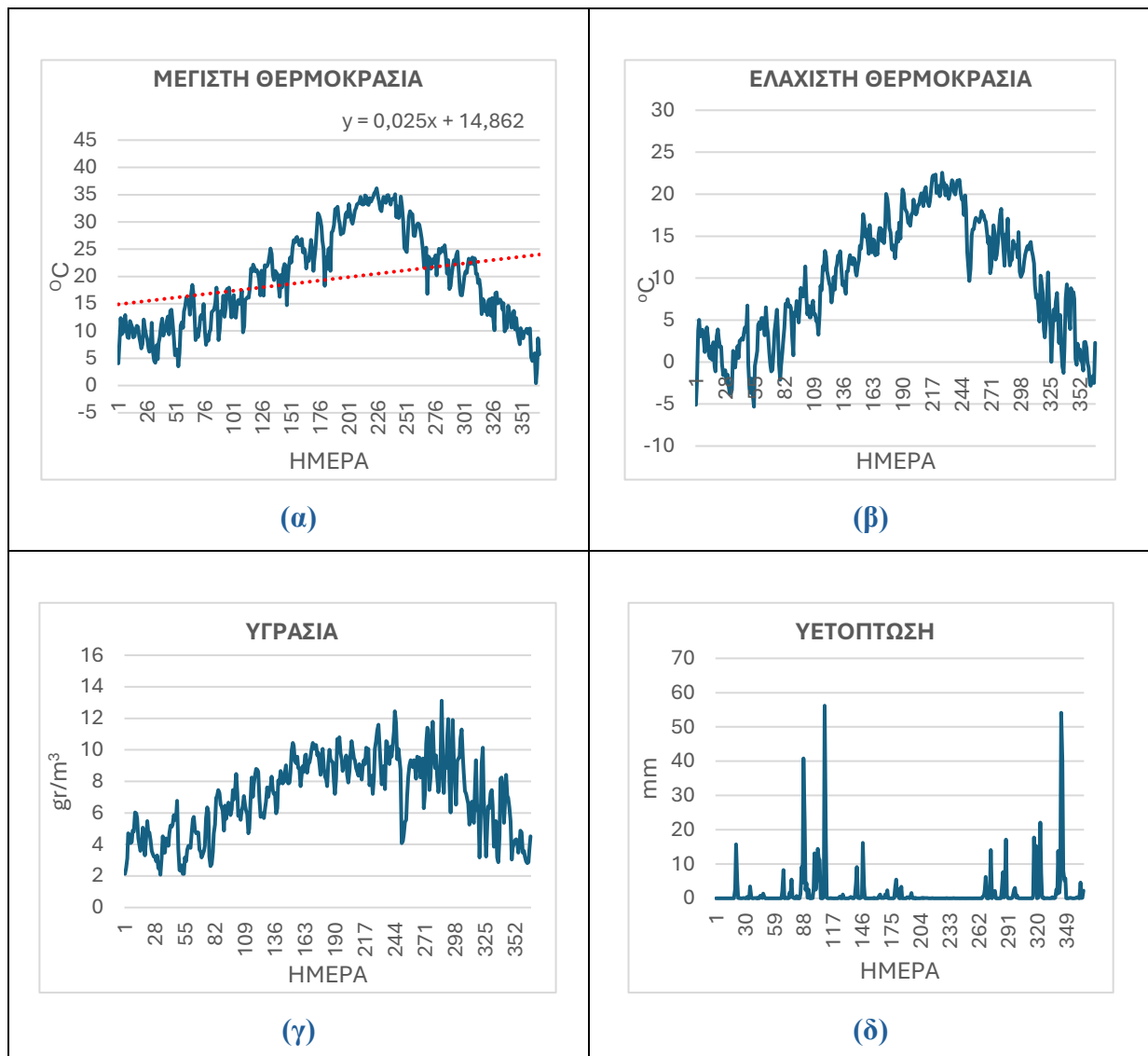
Εικόνα 25: έτος 1982 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης την Ιωαννίνων

Η εξίσωση της γραμμής τάσης είναι $y=0,0241x+15,027$, (εικ.25) με συντελεστή μεταβολής 0,0241, που υποδηλώνει ότι οι μέγιστες θερμοκρασίες αυξάνονται με ρυθμό περίπου $0,0241^{\circ}C$ ανά ημέρα. Αυτή η ευθεία γραμμή υποδηλώνει ότι οι συνολικές μέγιστες θερμοκρασίες αυξάνονται με το χρόνο καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, φθάνοντας σε υψηλότερες τιμές όσο προχωράει το έτος. Η τάση αυτή δείχνει ότι οι θερμοκρασίες τείνουν να είναι υψηλότερες από ό,τι τα προηγούμενα έτη, γεγονός που μπορεί να είναι ενδεικτικό της κλιματικής αλλαγής γενικά και ενός ιδιαίτερα θερμού έτους.



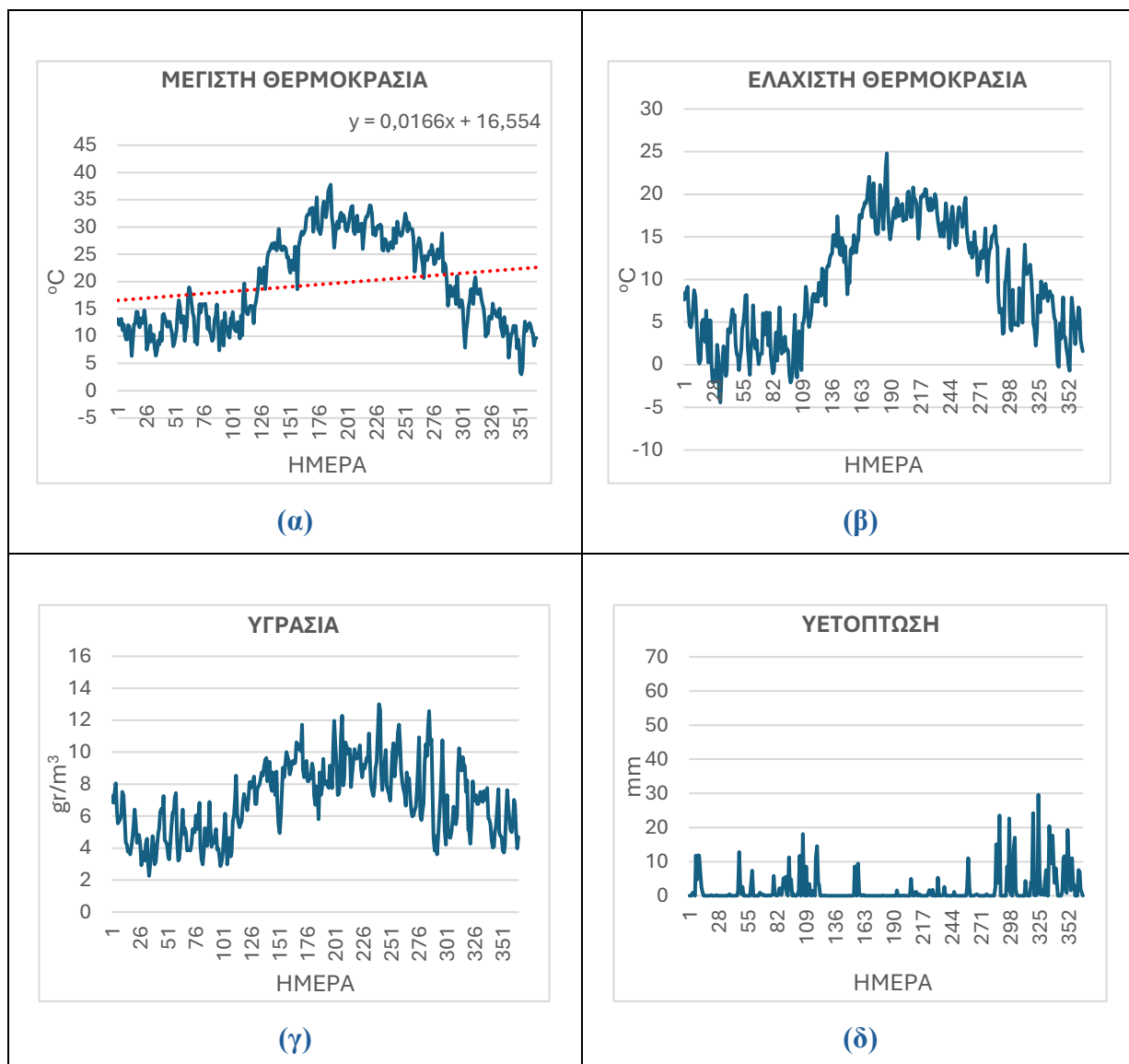
Εικόνα 26: έτος 1987 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης την Ιωαννίνων

Η εξίσωση της γραμμής τάσης $y=0,0319x+13,527$, (εικ.26) δείχνει ότι οι μέγιστες θερμοκρασίες αυξήθηκαν με ρυθμό περίπου $0,0319^{\circ}\text{C}$ ανά ημέρα από έναν αρχικό μέσο όρο περίπου $13,527^{\circ}\text{C}$. Η απότομη κλίση της γραμμής τάσης δείχνει ότι το 1987 ήταν ένα από τα έτη με τη μεγαλύτερη αύξηση των μέγιστων θερμοκρασιών. Αυτό μπορεί να αντανακλά την αλλαγή του κλίματος και της ειδικές συνθήκες εκείνου του έτους, όταν οι θερινές θερμοκρασίες αυξήθηκαν έντονα.



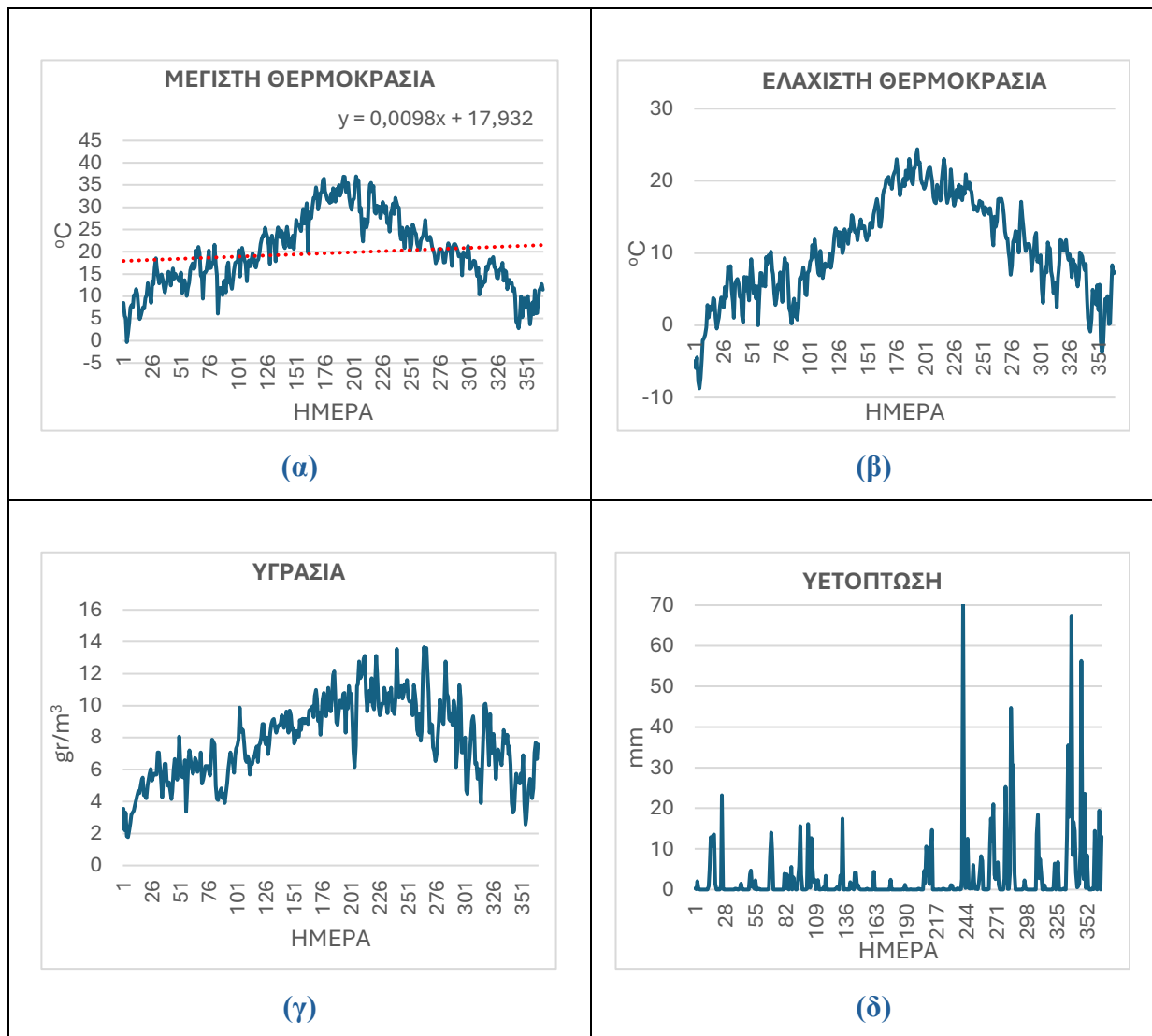
Εικόνα 27: έτος 1992 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης την Ιωαννίνων

Η γραμμή τάσης δείχνει τη συνολική τάση της μέγιστης θερμοκρασίας για το έτος. Η κλίση της γραμμής που δίνεται από τη σχέση $y=0,025x+14,862$, (εικ.27) δείχνει ότι η μέγιστη θερμοκρασία αυξήθηκε ελαφρώς με την πάροδο του χρόνου. Συγκεκριμένα, οι θερμοκρασίες αυξήθηκαν κατά $0,025^{\circ}\text{C}$ ανά ημέρα από μια αρχική τιμή περίπου $14,86^{\circ}\text{C}$ την πρώτη ημέρα του έτους. Αυτό υποδηλώνει μια γενική ανοδική τάση των θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια της της περιόδου, αν και οι ημερήσιες θερμοκρασίες παρουσιάζουν κάποιες διακυμάνσεις γύρω από τη γραμμή τάσης.



Εικόνα 28: έτος 1997 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης την Ιωαννίνων

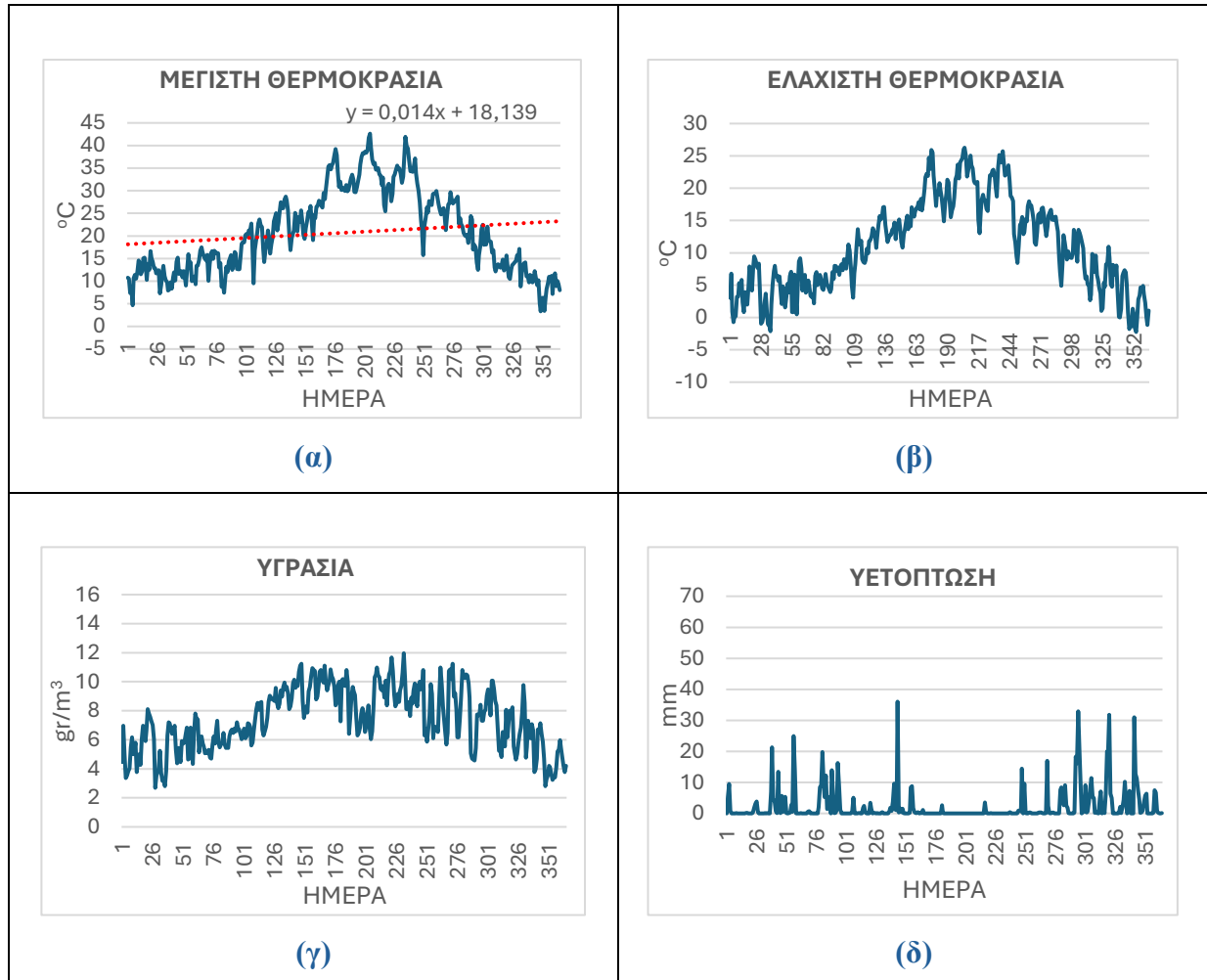
Η γραμμή τάσης δείχνει τη μέγιστη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του έτους. Η κλίση της γραμμής που δίνεται από τη σχέση $y=0,0166x+16,554$, (εικ.28) δείχνει ότι η μέγιστη θερμοκρασία αυξήθηκε ελαφρώς με την πάροδο του χρόνου. Συγκεκριμένα, οι θερμοκρασίες αυξήθηκαν κατά $0,0166^{\circ}\text{C}$ ανά ημέρα από μια αρχική τιμή περίπου $16,554^{\circ}\text{C}$ την πρώτη ημέρα του έτους. Αυτό υποδηλώνει μια γενική ανοδική τάση των θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια της της περιόδου, αν και οι ημερήσιες θερμοκρασίες παρουσιάζουν κάποιες διακυμάνσεις γύρω από τη γραμμή τάσης.



Εικόνα 29: έτος 2002 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης την Ιωαννίνων

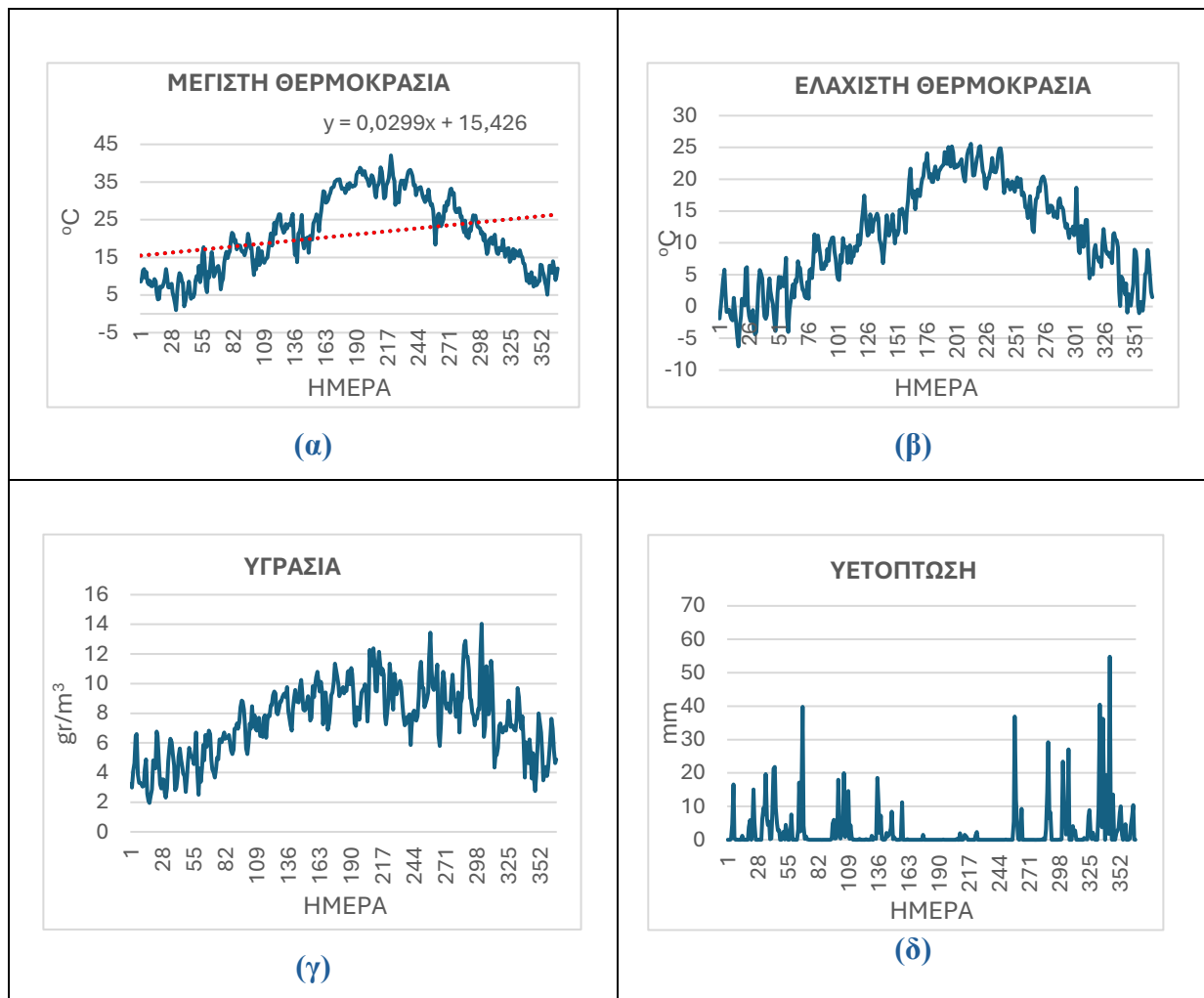
Η γραμμή τάσης για τη μέγιστη θερμοκρασία στα Ιωάννινα το 2002 δείχνει μια γενική αύξηση της θερμοκρασίας για το έτος αυτό, της φαίνεται στο σχήμα. Η εξίσωση της γραμμής τάσης είναι η $y=0,0098x+17,932$, (εικ.29) και ο συντελεστής μεταβολής πριν από το x έχει θετικό πρόσημο. Το θετικό πρόσημο του συντελεστή μεταβολής (0,0098) υποδηλώνει μια ελαφρά ανοδική τάση της μέσης μέγιστης θερμοκρασίας με το πέρασμα των ημερών. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει τάση για ελαφρά αύξηση των μέγιστων θερμοκρασιών με την πάροδο του χρόνου, με τις μέσες θερμοκρασίες να κυμαίνονται

γύρω της 18°C, υποδεικνύοντας μια σταθερή αύξηση των θερμοκρασιών καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.



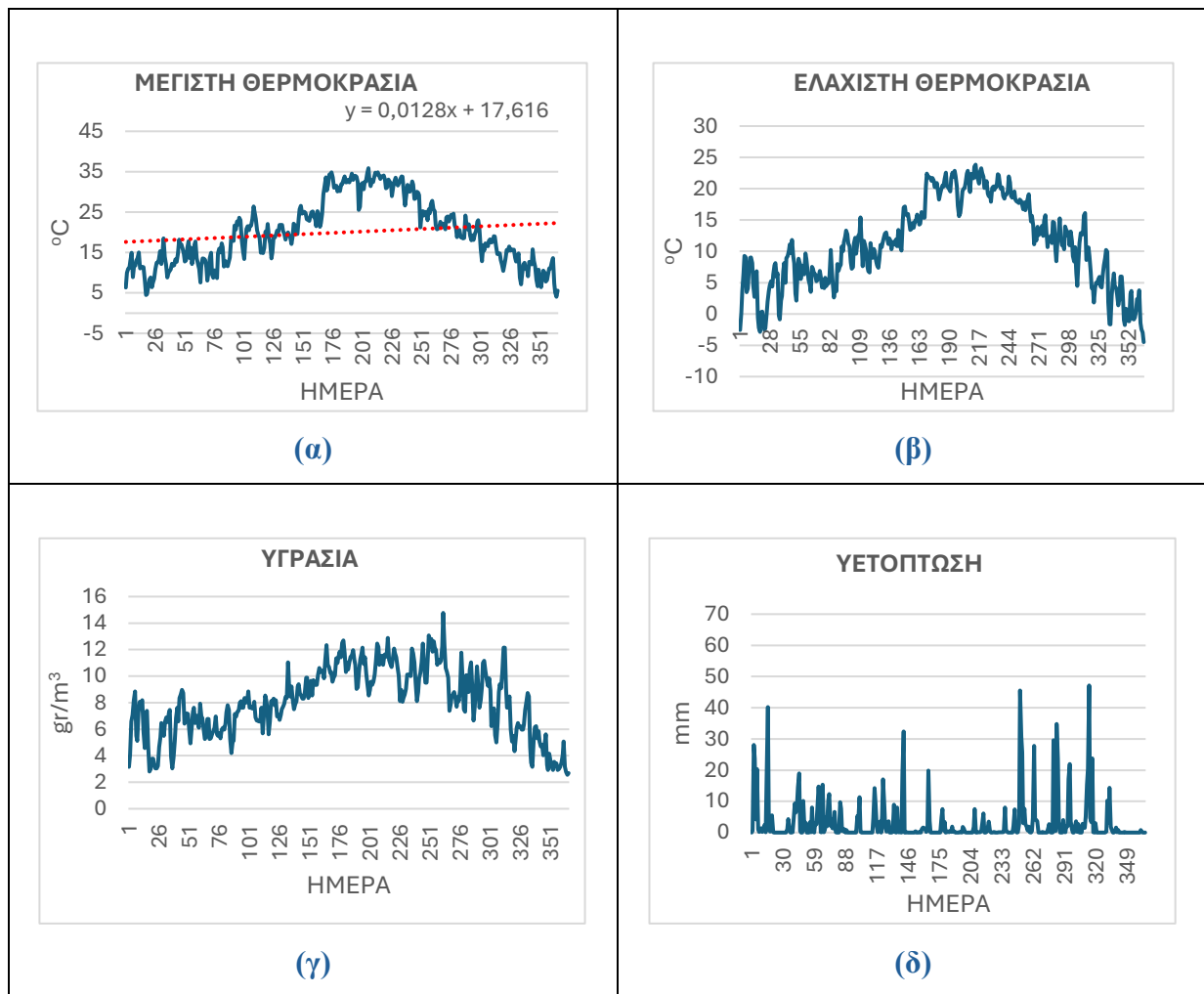
Εικόνα 30: έτος 2007 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης την Ιωαννίνων

Η γραμμή τάσης δείχνει τη γενική τάση των μέγιστων θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια του έτους: η κλίση της γραμμής που αντιπροσωπεύεται από την εξίσωση $y=0,014x+18,139$, (εικ.30) δείχνει μια μικρή αύξηση των μέγιστων θερμοκρασιών με την πάροδο του χρόνου. Συγκεκριμένα, οι θερμοκρασίες αυξήθηκαν κατά 0,014°C ανά ημέρα, ξεκινώντας από 18,139°C περίπου στην αρχή του έτους. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει μια γενική τάση αύξησης των θερμοκρασιών καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου, αν και υπάρχουν ημερήσιες διακυμάνσεις γύρω από τη γραμμή τάσης.



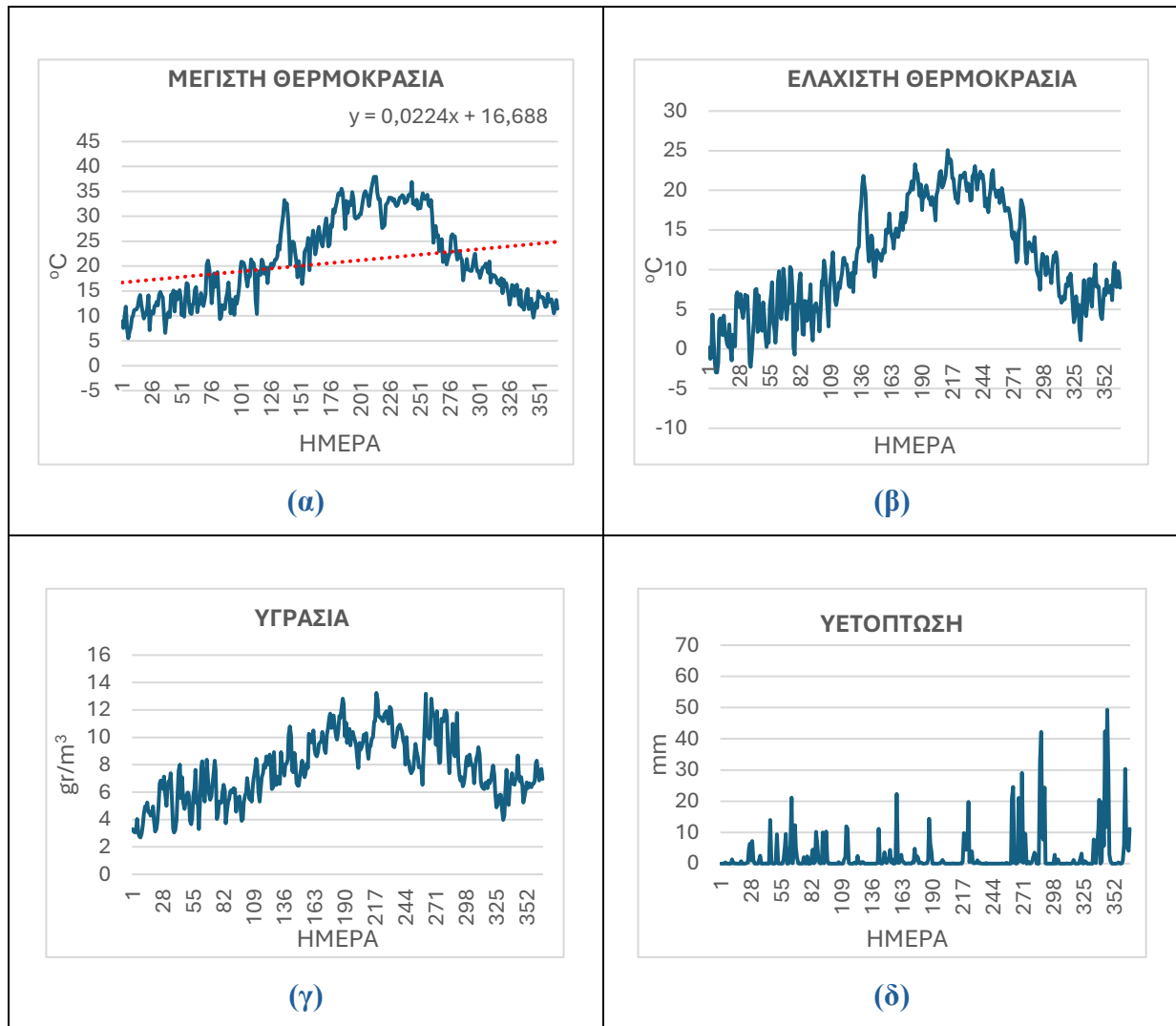
Εικόνα 31: έτος 2012 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης την Ιωαννίνων

Η κλίση της ευθείας που αντιπροσωπεύεται από την εξίσωση $y=0,0299x+15,426$, (εικ.31) δείχνει ότι η μέγιστη θερμοκρασία αυξήθηκε ελαφρώς με την πάροδο του χρόνου. Συγκεκριμένα, η ημερήσια θερμοκρασία αυξήθηκε κατά $0,0299^{\circ}\text{C}$ από τη μέγιστη θερμοκρασία των $15,429^{\circ}\text{C}$ περίπου στην αρχή του έτους. Αυτό είναι σύμφωνο με τη γενική τάση αύξησης των θερμοκρασιών καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου, αν και με κάποιες διακυμάνσεις γύρω από τη γραμμή ημερήσιας τάσης.



Εικόνα 32: έτος 2016 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης την Ιωαννίνων

Η κλίση της ευθείας, που εκφράζεται από την εξίσωση $y=0,0128x+17,616$, (εικ.32) υποδεικνύει μια ήπια αλλά σταθερή αύξηση της μέγιστης θερμοκρασίας καθώς προχωρά το έτος. Αναλυτικότερα, η ημερήσια θερμοκρασία σημείωσε μια μικρή άνοδο της τάξης των $0,0128^{\circ}\text{C}$, ξεκινώντας από μια αρκετά υψηλή αρχική τιμή περίπου $17,616^{\circ}\text{C}$ στην αρχή του έτους. Αυτή η τάση συνάδει με τη γενική παρατήρηση της ανόδου των θερμοκρασιών καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου, παρά της μικρές διακυμάνσεις που εμφανίζονται καθημερινά γύρω από τη γραμμή τάσης.



Εικόνα 33: έτος 2020 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης την Ιωαννίνων

Η κλίση της γραμμής που αντιπροσωπεύεται από την εξίσωση $y=0,0224x+16,688$, (εικ.33) δείχνει μια μικρή αλλά σταθερή αύξηση των μέγιστων θερμοκρασιών καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Συγκεκριμένα, η ημερήσια μέγιστη θερμοκρασία αυξήθηκε κατά $0,0224^{\circ}\text{C}$ από περίπου $16,688^{\circ}\text{C}$ στην αρχή του έτους. Η τάση αυτή συνάδει με τη γενική παρατήρηση ότι οι θερμοκρασίες αυξάνονται καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου, αν και με μικρές ημερήσιες διακυμάνσεις γύρω από τη γραμμή τάσης.

Συνοψίζοντας και παρατηρώντας όλες τις γραμμές τάσης των μέγιστων θερμοκρασιών στα Ιωάννινα για την περίοδο 1982-2020 που εξετάζουμε, διαπιστώνουμε μια σαφή και

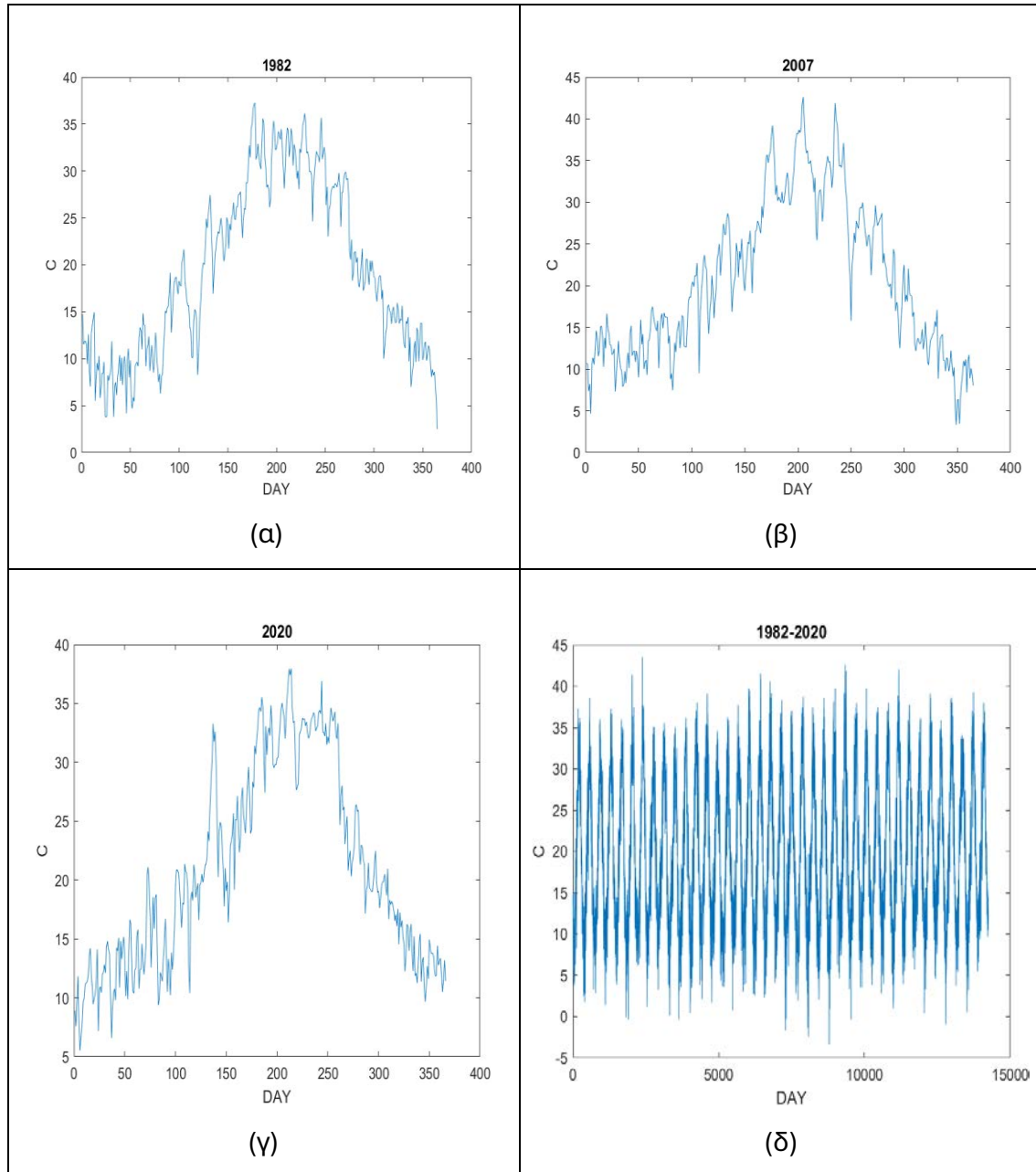
συνεχή ανοδική τάση, υποδεικνύοντας μια γενική αύξηση των θερμοκρασιών στην περιοχή. Η κλίση της γραμμής τάσης γίνεται προοδευτικά πιο απότομη με την πάροδο του χρόνου, υποδεικνύοντας ότι η αύξηση της θερμοκρασίας επιταχύνεται. Επιπλέον, η αρχική μέση θερμοκρασία παρουσιάζει αύξηση, υποδεικνύοντας υψηλότερες θερμοκρασίες ήδη από την αρχή του έτους. Παρά της έντονες διακυμάνσεις και τα περιστασιακά ακραία φαινόμενα, η γενική τάση δείχνει ότι οι θερμοκρασίες στην περιοχή αυξάνονται, πιθανώς ως αποτέλεσμα της γενικής κλιματικής αλλαγής.

Συνοψίζοντας, το κλίμα των Ιωαννίνων φαίνεται να επηρεάζει σημαντικά τις παρατηρούμενες τάσεις της θερμοκρασίας. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από ηπειρωτικό κλίμα, με ψυχρούς χειμώνες και σχετικά θερμά καλοκαίρια. Οι κλιματικές συνθήκες στην περιοχή ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό κατά τη διάρκεια του έτους, της φαίνεται από της διακυμάνσεις που απεικονίζονται της γραμμές τάσης.

Παρατηρούμε ότι, το 2002 ήταν μια ιδιαίτερη χρονιά. Στις 28 Αυγούστου 2002 (εικ.29) σημειώθηκαν τα περισσότερα (71,15mm) χιλιοστά βροχόπτωσης και στις 5 Ιανουαρίου 2002 σημειώθηκε η ελάχιστη θερμοκρασία – 8,74°C.

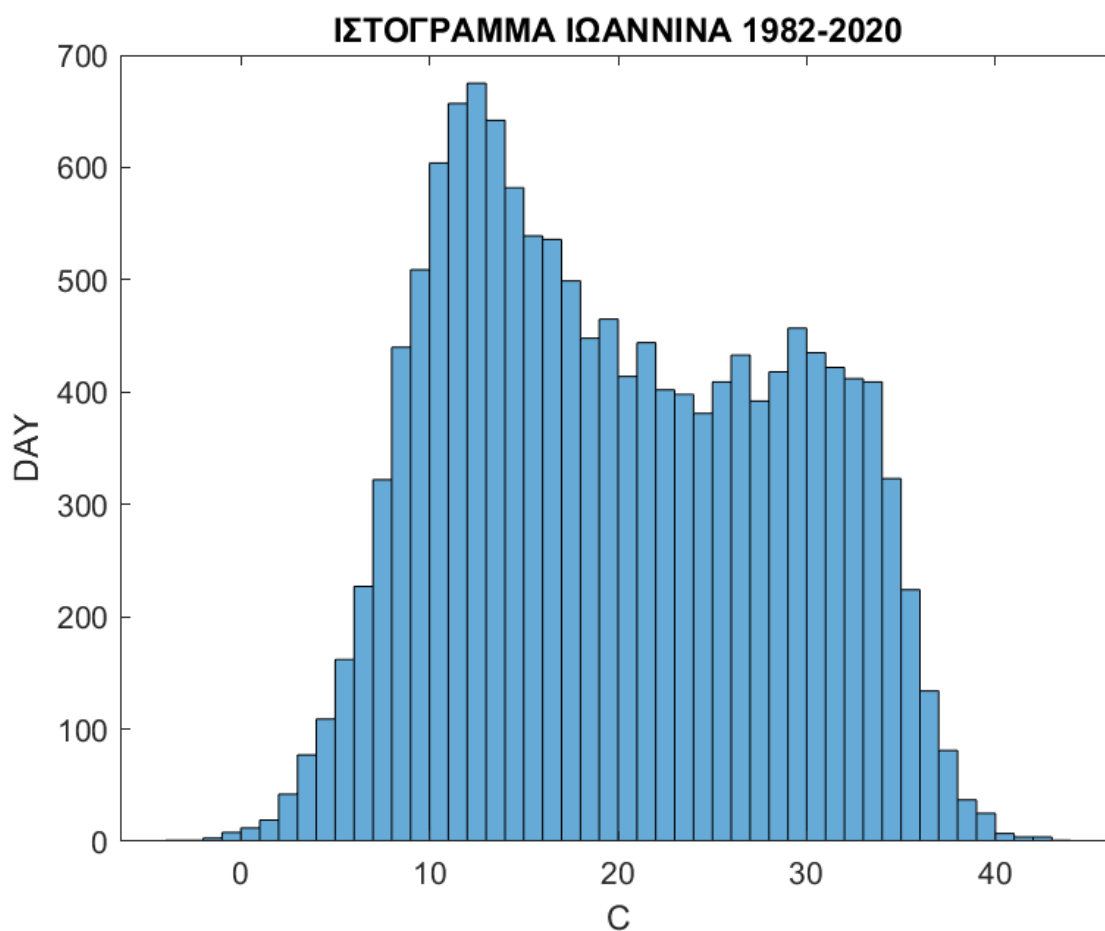
Οι διακυμάνσεις αυτές οφείλονται σε διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των γεωγραφικών χαρακτηριστικών της περιοχής, της επιρροής των γύρω βουνών και του μεσογειακού κλίματος που επηρεάζει το κλίμα της περιοχής. Η καταγεγραμμένη τάση αύξησης των θερμοκρασιών μπορεί να αντανακλά την παγκόσμια κλιματική αλλαγή, αλλά μπορεί της να είναι αποτέλεσμα τοπικών κλιματικών φαινομένων της τα πιο θερμά καλοκαίρια και οι ήπιοι χειμώνες που έχουν γίνει πιο συχνοί τα τελευταία χρόνια. Η περιοχή των Ιωαννίνων θεωρείται ιδιαίτερα ευάλωτη στην κλιματική αλλαγή λόγω του γεωγραφικού και κλιματικού της υπόβαθρου, γεγονός που πιθανώς εξηγεί την αύξηση των μέγιστων θερμοκρασιών που παρατηρήθηκε κατά την περίοδο μελέτης.

Σύγκριση των δεδομένων των μέγιστων θερμοκρασιών κατά την περίοδο 1982 - 2020 στην πόλη των Ιωαννίνων:



Εικόνα 34: γραφήματα των μεταβολών της θερμοκρασίας στην πόλη των Ιωαννίνων κατά τα έτη: α)1982, β)2007, γ)2020 και δ)1982-2020

Ακολουθεί το ιστόγραμμα συχνοτήτων(εικ.35) των μέγιστων θερμοκρασιών κατά την περίοδο 1982 – 2020



Εικόνα 35: ιστόγραμμα των μεταβολών της μέγιστης θερμοκρασίας στην πόλη των Ιωαννίνων κατά το χρονικό διάστημα 1982-2020

	1982	2007	2020	1982-2020
Max	37.25	42.62	37.95	43.59
Min	2.48	3.33	5.51	-3.39
Μέση τιμή	19.429	20.707	20.796	19.972
διασπορά	83.132	83.701	69.15	78.514
Βροχόπτωση(mm)	60.5	36.02	49.32	71.15

Εικόνα 36: πίνακας με τη μέγιστη και την ελάχιστη θερμοκρασία, τη μέση τιμή και τη διασπορά των μέγιστων θερμοκρασιών κατά τα αντιπροσωπευτικά έτη 1982, 2007, 2020 και συνολικές της μεταβολές κατά το διάστημα 1982-2020.

Οι μεταβολές της θερμοκρασίας στα Ιωάννινα είναι εντυπωσιακές λόγω της έντονης εποχικής διαφοροποίησης. Το χειμώνα, οι μέγιστες θερμοκρασίες(εικ.36) κυμαίνονται από 11 έως 14°C, ενώ το καλοκαίρι φτάνουν από 25 έως 35°C. Αυτά τα δεδομένα υποδεικνύουν ένα κλίμα με ψυχρούς χειμώνες και σχετικά δροσερά καλοκαίρια. Ωστόσο, τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται μια ανησυχητική τάση: οι μέγιστες θερμοκρασίες δείχνουν σταδιακή μείωση, ενώ οι ελάχιστες θερμοκρασίες αυξάνονται, γεγονός που πιθανόν σχετίζεται με την κλιματική αλλαγή. Η διαφορά μεταξύ των ακραίων θερμοκρασιών διευρύνεται, οδηγώντας σε μεγαλύτερη μεταβλητότητα των καιρικών συνθηκών.

Από το 1982 έως το 2020, η μέση μέγιστη θερμοκρασία(εικ.36) αυξήθηκε κατά 1,367°C, υποδεικνύοντας την σαφή επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην περιοχή. Το 2007 αποτελεί ένα ακραίο παράδειγμα, καθώς οι θερμοκρασίες έφτασαν τους 42,62°C, ενώ οι βροχοπτώσεις περιορίστηκαν μόλις στα 36,02mm, καθιστώντας το ένα από τα πιο θερμά και ξηρά έτη. Αντίθετα, το 2020, με 49,32mm βροχοπτώσεων και έντονες διακυμάνσεις στη θερμοκρασία, φαίνεται να υποδηλώνει μια νέα τάση προς πιο ψυχρούς και υγρούς χειμώνες.

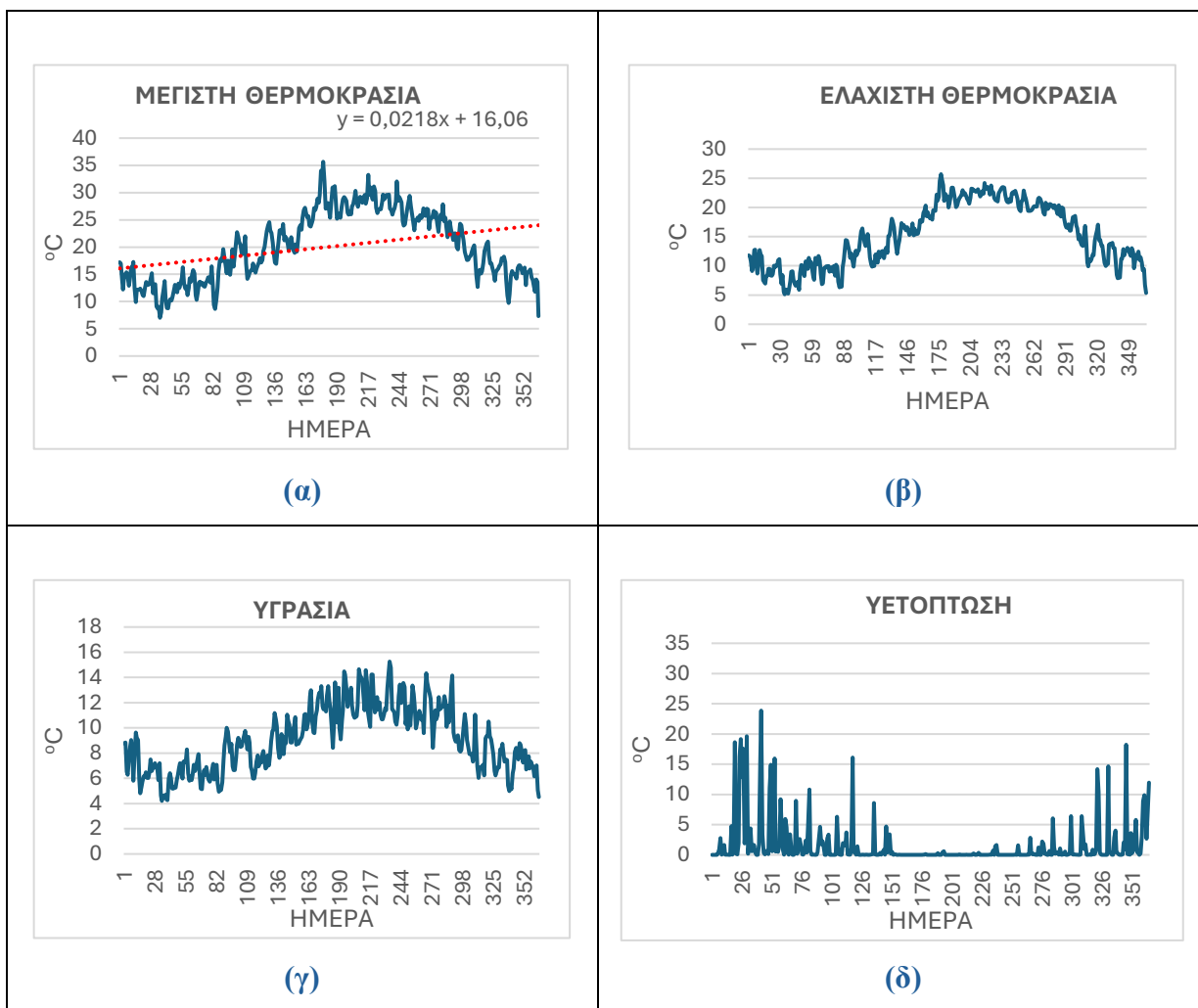
Συνολικά, τα δεδομένα δείχνουν ότι η περιοχή των Ιωαννίνων επηρεάζεται από την κλιματική αλλαγή, με την εμφάνιση πιο έντονων και ακραίων καιρικών φαινομένων. Οι μεταβολές στη μέση θερμοκρασία και η αυξημένη διασπορά των ακραίων τιμών δημιουργούν ένα ασταθές κλιματικό περιβάλλον, το οποίο μπορεί να έχει επιπτώσεις στο φυσικό οικοσύστημα και στις τοπικές ανθρώπινες δραστηριότητες. Αυτή η σταδιακή κλιματική αλλαγή καθιστά επιτακτική την ανάγκη προσαρμογής της περιοχής στις νέες συνθήκες, προκειμένου να μπορέσει να αντιμετωπίσει τις προκλήσεις που θα προκύψουν στο μέλλον.

3.4 Μελέτη Δεδομένων Χανίων

Στις γραφικές παραστάσεις που ακολουθούν παρουσιάζονται τα γραφήματα των χρονοσειρών για την πόλη των Χανίων. Τα Χανιά, που βρίσκονται στην Κρήτη, χαρακτηρίζονται από ένα τυπικό μεσογειακό κλίμα, με ήπιους και υγρούς χειμώνες και ζεστά, ξηρά καλοκαίρια. Οι θερμοκρασίες το χειμώνα κυμαίνονται από 10 έως 16°C, ενώ το καλοκαίρι συχνά φτάνουν της 30-35°C, συνοδευόμενες από έντονη ηλιοφάνεια. Η θαλάσσια αύρα από το Κρητικό Πέλαγος προσφέρει δροσιά στην πόλη κατά της καλοκαιρινούς μήνες, κάνοντάς την πιο ανεκτή. Οι βροχοπτώσεις είναι πιο συχνές της χειμερινούς μήνες, κυρίως από τον Νοέμβριο έως τον Μάρτιο, ενώ τα καλοκαίρια είναι γενικά ξηρά. Τα Λευκά Όρη, που υψώνονται νότια της πόλης, επηρεάζουν της το κλίμα, δημιουργώντας μικροκλίματα και προστατεύοντας την περιοχή από ακραίες καιρικές συνθήκες. Το ορεινό ανάγλυφο της περιοχής προκαλεί διαφοροποιήσεις στη θερμοκρασία, με τα υψηλότερα υψόμετρα να έχουν πιο ψυχρό κλίμα.

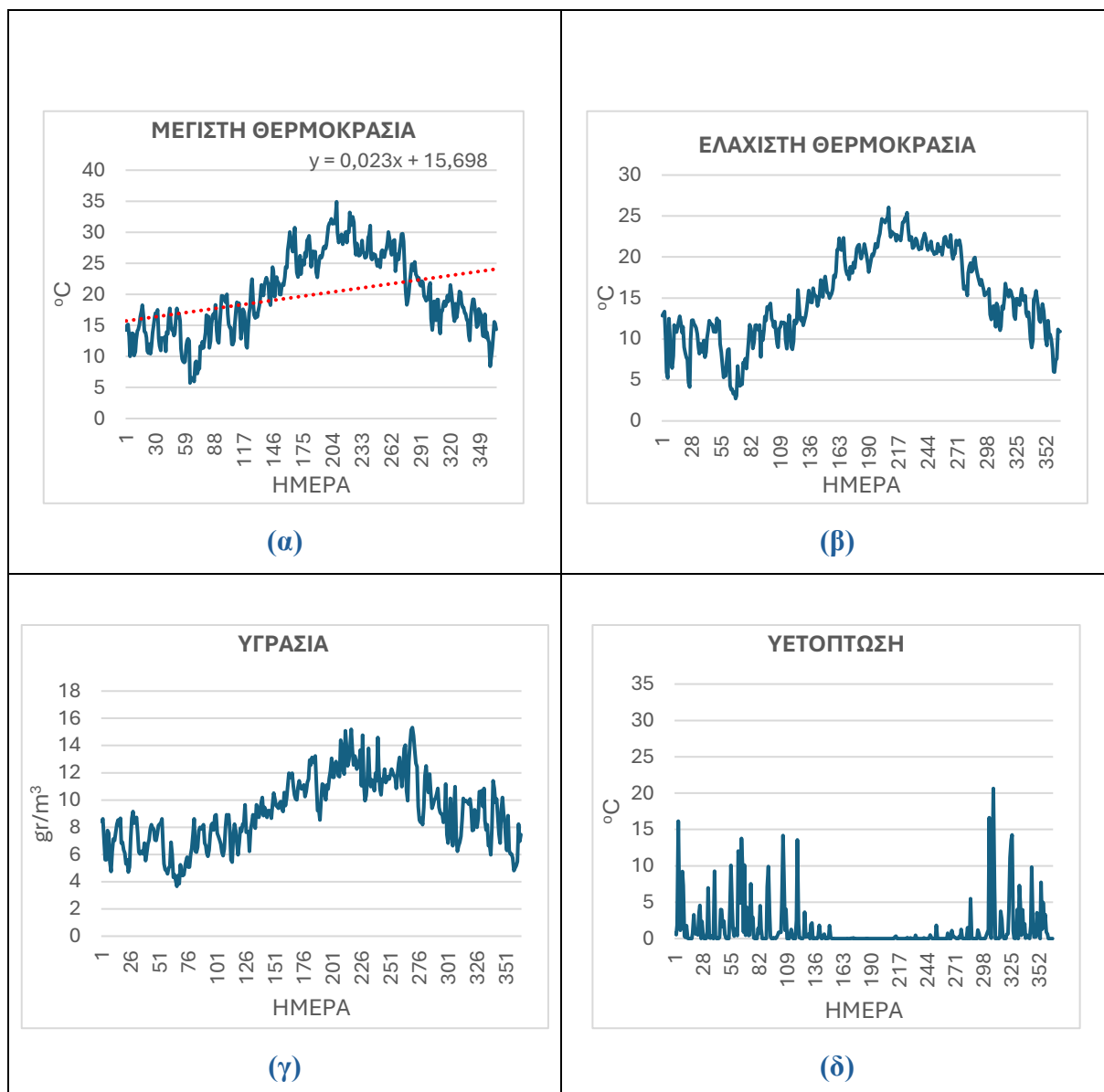
Αναλύοντας τα γραφήματα, παρατηρούμε ότι η μέγιστη θερμοκρασία κυμαίνεται από 33 έως 35°C, υποδεικνύοντας θερμές συνθήκες κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Αυτή η θερμοκρασιακή διακύμανση εντάσσεται στο πλαίσιο του μεσογειακού κλίματος των Χανίων, το οποίο διακρίνεται για τα ζεστά καλοκαίρια και τους ήπιους χειμώνες. Η γεωγραφική θέση των Χανίων, στη βόρεια ακτή της Κρήτης και κοντά στο Λιβυκό Πέλαγος, συμβάλλει στην ηλιοφάνεια και τις υψηλές θερμοκρασίες, καθώς η περιοχή δέχεται άμεσες ηλιακές ακτίνες και επηρεάζεται από θερμές θαλάσσιες ρεύσεις.

Η υγρασία, που κυμαίνεται γύρω στο 15-16gr/m³, είναι σχετικά χαμηλή, δημιουργώντας ένα ξηρό περιβάλλον κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Αυτή η χαμηλή υγρασία μπορεί να ενισχύει την αίσθηση της ζέστης, καθώς οι θερμές και ξηρές συνθήκες ευνοούν την εξάτμιση και την αποξήρανση του δέρματος, επηρεάζοντας την άνεση των κατοίκων και των επισκεπτών της περιοχής. Επιπλέον, η υετότητα κυμαίνεται μεταξύ 25 – 32mm, υποδεικνύοντας σχετικά περιορισμένες βροχοπτώσεις. Αυτή η έλλειψη βροχής κατά τους καλοκαιρινούς μήνες ενδέχεται να έχει επιπτώσεις στην αγροτική παραγωγή και την υδρολογία της περιοχής, δημιουργώντας προκλήσεις για τη διαχείριση των υδάτινων πόρων. Η χαμηλή βροχύπτωση μπορεί να συνδέεται με τις τάσεις της κλιματικής αλλαγής, ενισχύοντας την ανάγκη για βιώσιμες στρατηγικές διαχείρισης των υδάτινων πόρων, προκειμένου να διασφαλιστεί η ανθεκτικότητα της περιοχής απέναντι σε πιθανές κλιματικές μεταβολές.



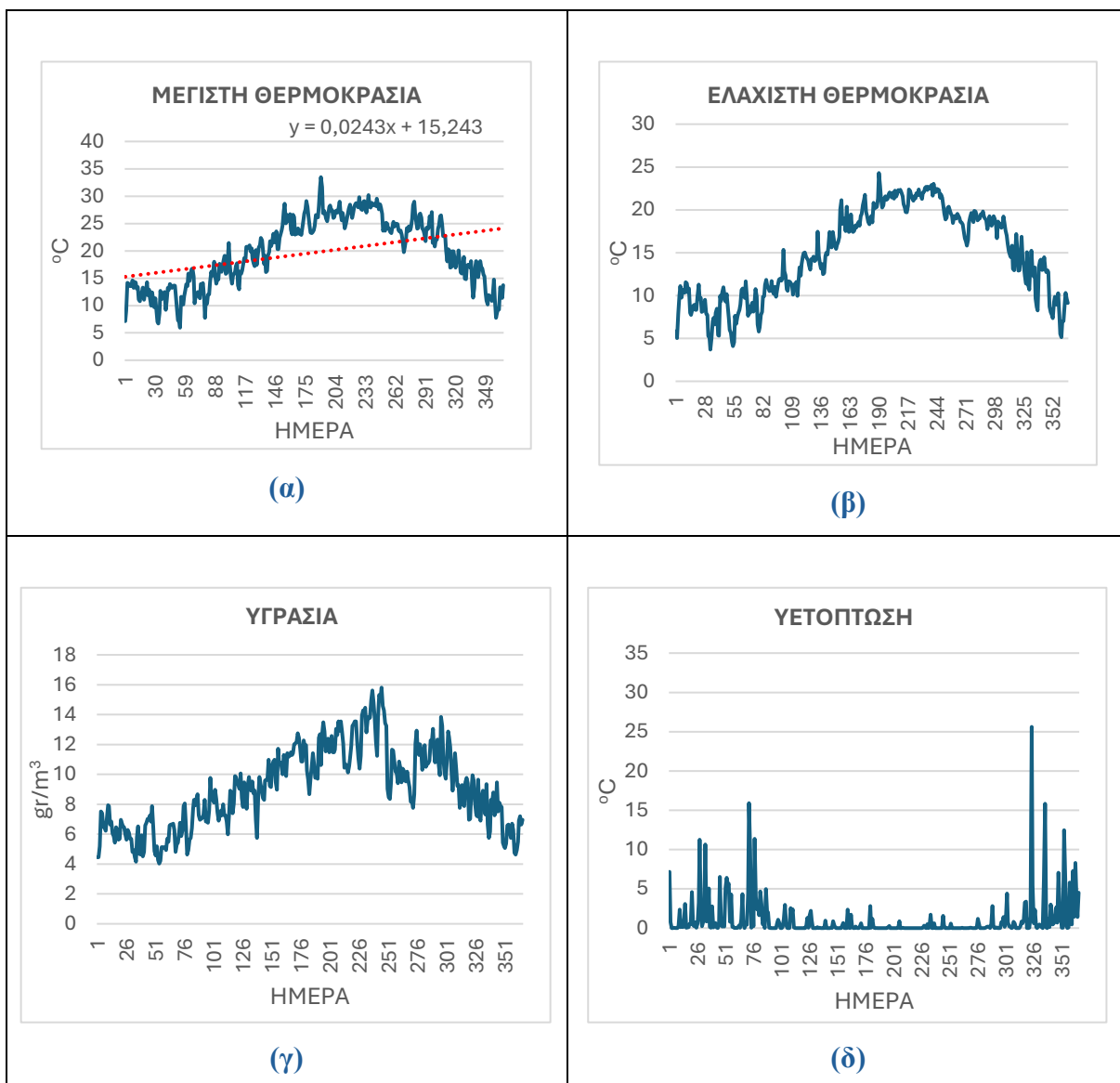
Εικόνα 37: έτος 1982 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης των Χανίων

Η κλίση της ευθείας, που εκφράζεται από την εξίσωση $y=0,0218x+16,06$, (εικ, 37) υποδεικνύει μια ήπια αλλά σταθερή αύξηση της μέγιστης θερμοκρασίας καθώς προχωρά το έτος. Αναλυτικότερα, η ημερήσια θερμοκρασία σημείωσε μια μικρή άνοδο της τάξης των $0,0218^{\circ}\text{C}$, ξεκινώντας από μια ήπια αρχική τιμή περίπου $16,06^{\circ}\text{C}$ στην αρχή του έτους. Αυτή η τάση συνάδει με τη γενική παρατήρηση της ανόδου των θερμοκρασιών καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου, παρά τις μικρές διακυμάνσεις που εμφανίζονται καθημερινά γύρω από τη γραμμική τάσης.



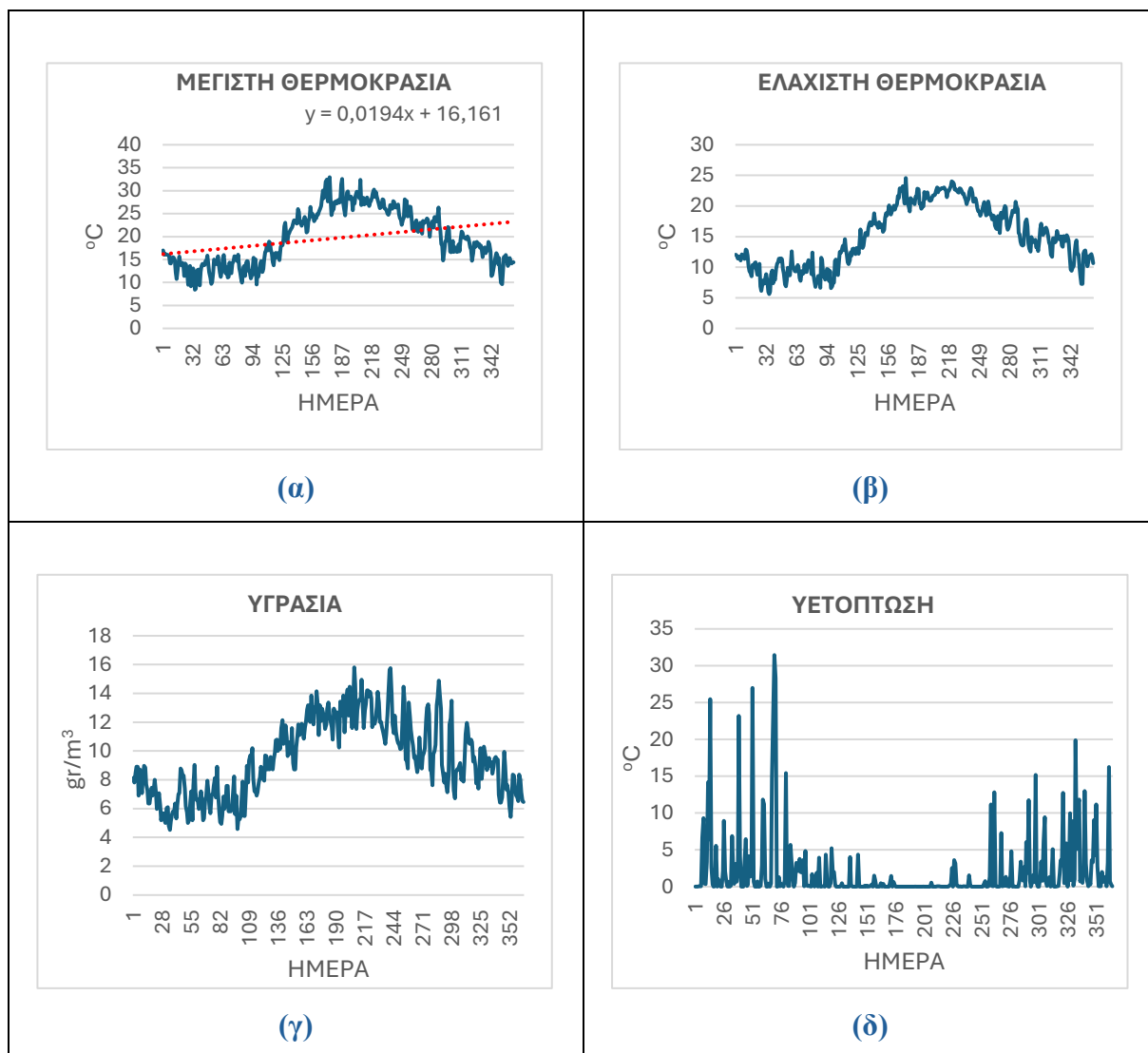
Εικόνα 38: έτος 1987 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης των Χανίων

Η κλίση της γραμμής τάσης που εκφράζεται από την εξίσωση $y=0,023x+15,698$, (εικ. 38) υποδηλώνει μια αργή αλλά σταθερή αύξηση των μέγιστων θερμοκρασιών με την πάροδο του έτους. Συγκεκριμένα, η ημερήσια μέγιστη θερμοκρασία παρουσιάζει μια μικρή αύξηση κατά $0,023^{\circ}\text{C}$ από μια ελαφρά αύξηση της μέγιστης θερμοκρασίας καθώς προχωρά το έτος στους $15,698^{\circ}\text{C}$. Η τάση αυτή συνάδει με τη γενική παρατήρηση ότι οι θερμοκρασίες αυξάνονται καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου, αν και με μικρές ημερήσιες διακυμάνσεις κοντά στη γραμμή τάσης.



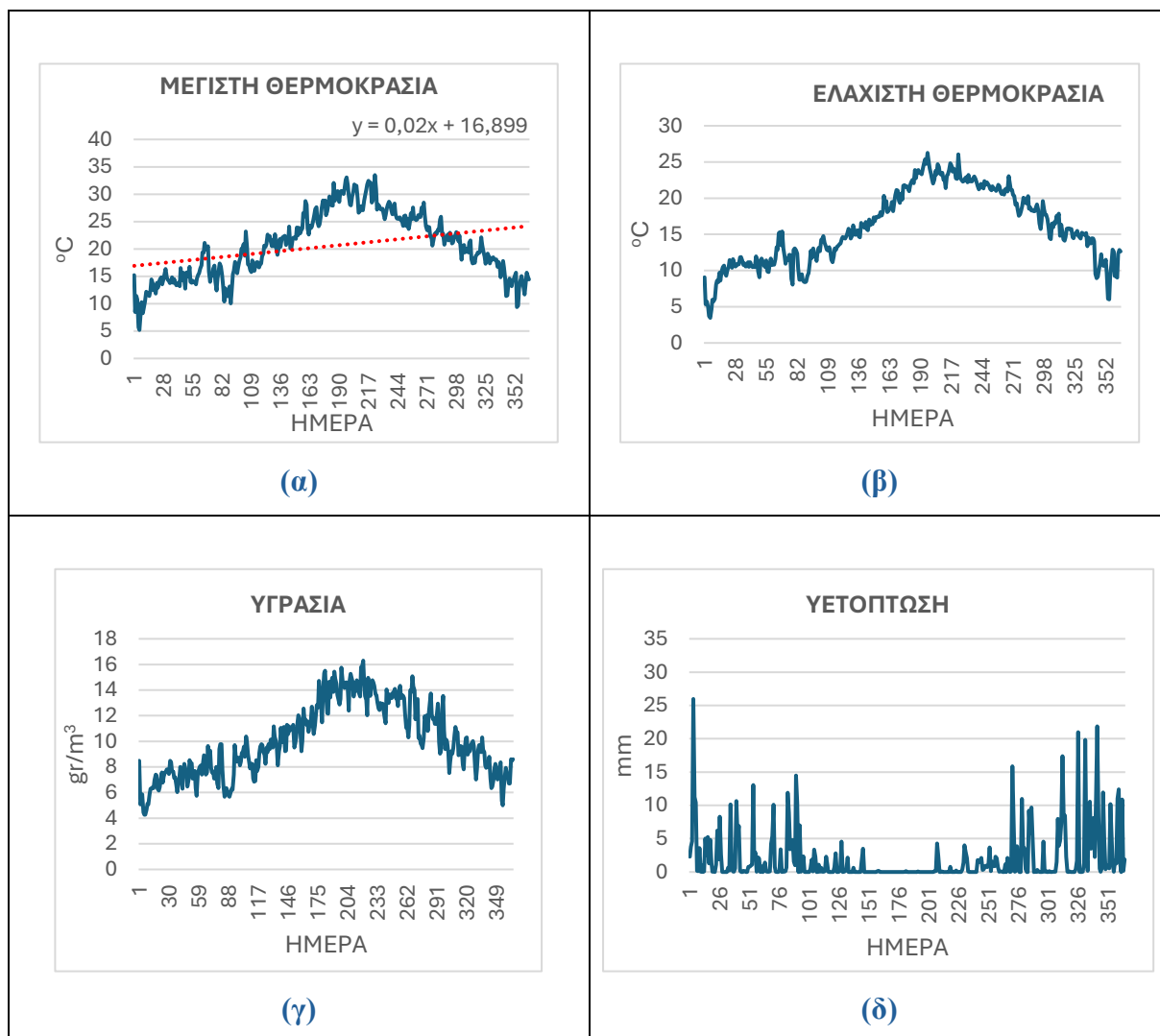
Εικόνα 39: έτος 1992 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης των Χανίων

Η εξίσωση της γραμμής τάσης $y = 0,0243x + 15,243$, (εικ.39) υποδεικνύει ότι η μεταβλητή y , δηλαδή η θερμοκρασία, αυξάνεται με τον χρόνο σύμφωνα με μια γραμμική τάση. Η κλίση 0,0285 δείχνει ότι η θερμοκρασία αυξάνεται κατά 0,0243°C για κάθε μονάδα αύξησης του x , υποδεικνύοντας μια μέτρια αλλά συνεχή αύξηση με την πάροδο του χρόνου. Το 15,243 αντιπροσωπεύει την εκτιμώμενη τιμή της θερμοκρασίας στην αρχή της περιόδου που εξετάζεται.



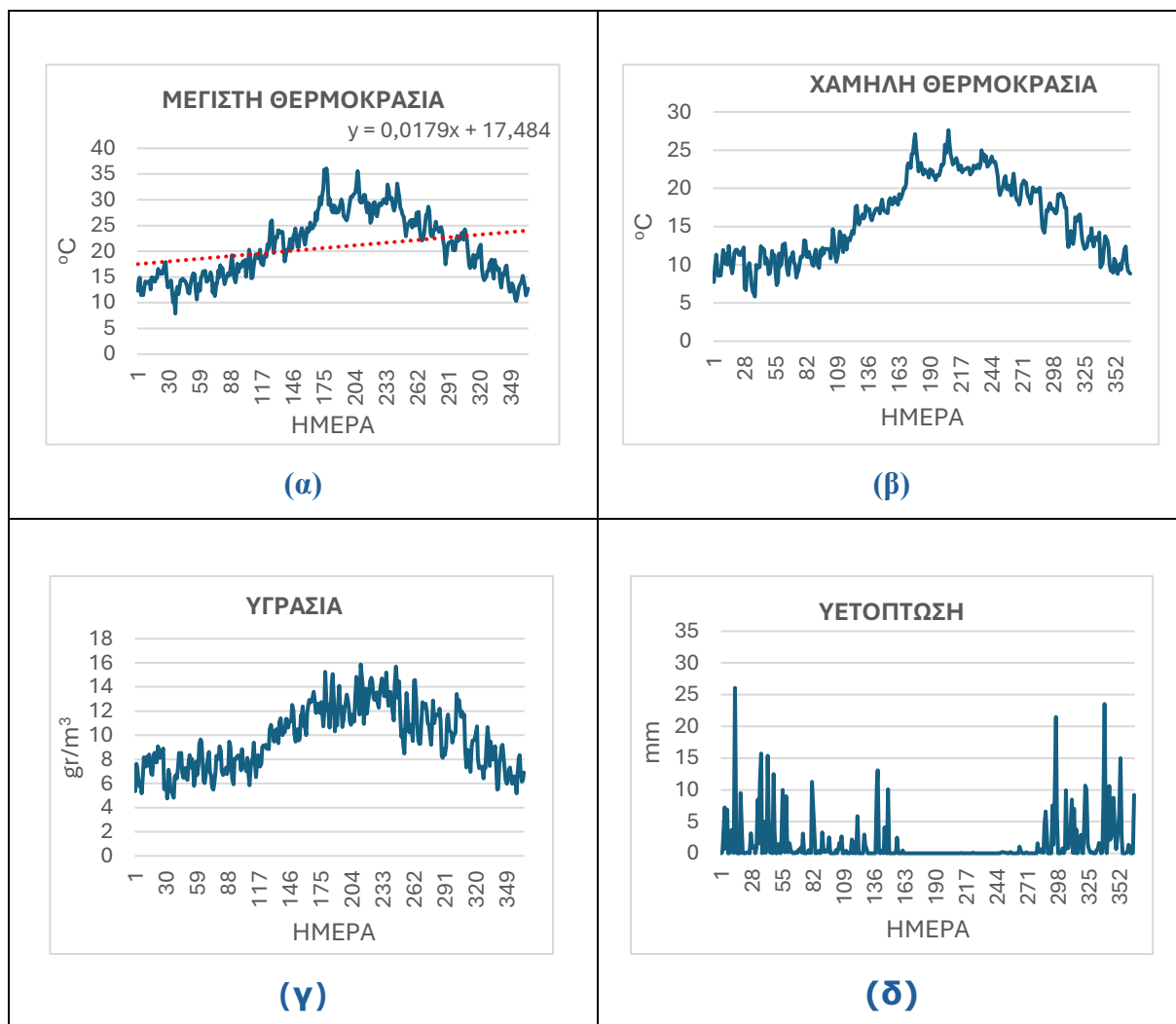
Εικόνα 40: έτος 1997 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης των Χανίων

Η εξίσωση της γραμμής τάσης $y = 0,0194x + 16,161$, (εικ.40) αποτυπώνει μια γραμμική σχέση ανάμεσα στον χρόνο και τη μέγιστη θερμοκρασία. Η θετική κλίση των $0,0194^{\circ}\text{C}$ υποδηλώνει ότι η μέγιστη θερμοκρασία αυξάνεται σταθερά με την πάροδο του χρόνου, δείχνοντας πως κάθε αύξηση στον χρόνο κατά μία μονάδα οδηγεί σε άνοδο της θερμοκρασίας κατά $0,0194^{\circ}\text{C}$. Η αρχική μέση τιμή της μέγιστης θερμοκρασίας είναι $16,161^{\circ}\text{C}$. Αν και η συνολική τάση δείχνει αύξηση, υπάρχουν καθημερινές διακυμάνσεις γύρω από τη γραμμή τάσης, οι οποίες αντανakλούν στις βραχυπρόθεσμες μεταβολές της μέγιστης θερμοκρασίας.



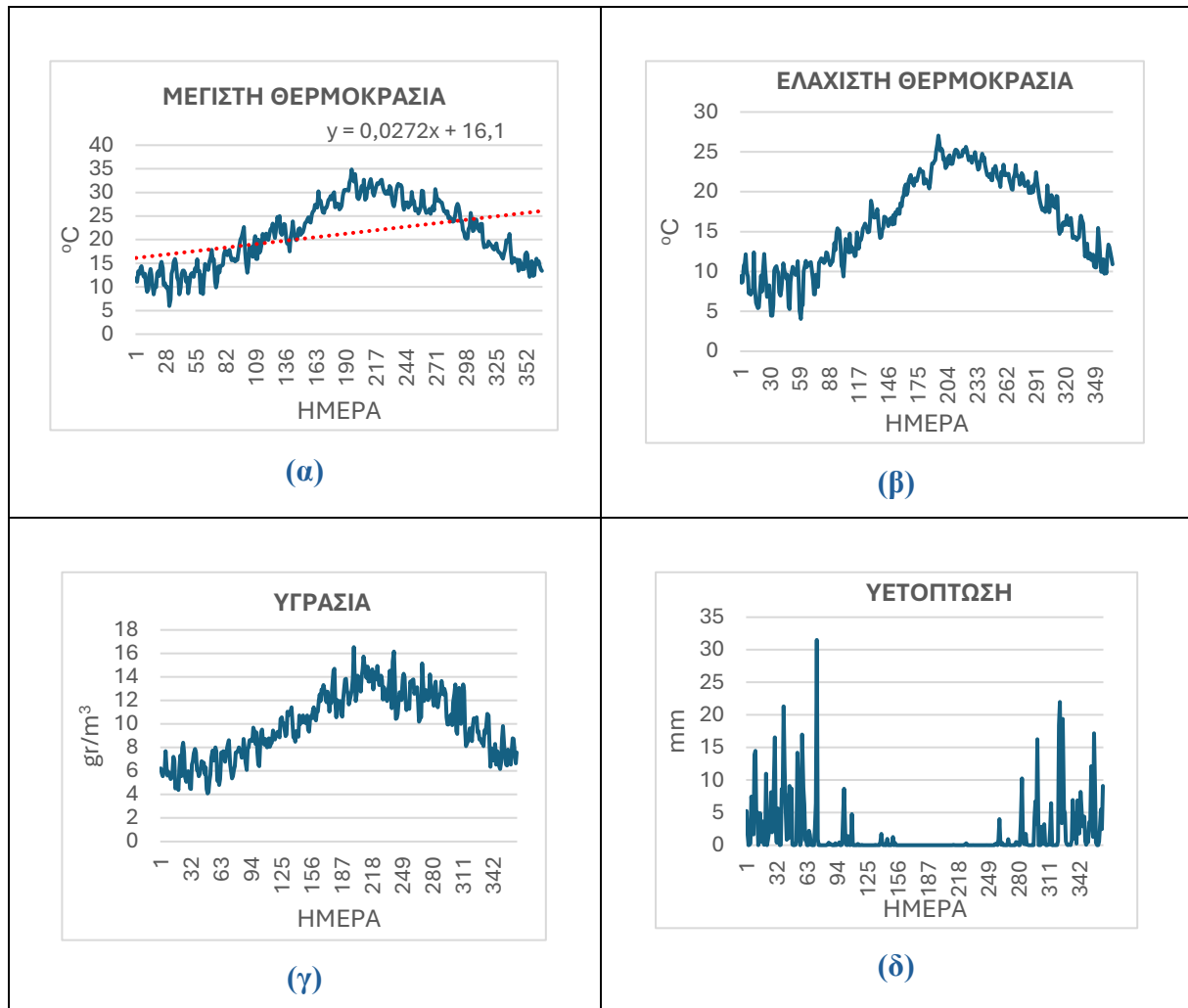
Εικόνα 41: έτος 2002 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης των Χανίων

Η εξίσωση της ευθείας τάσης $y=0,02x+16,899$, (εικ.41) περιγράφει μια γραμμική σχέση μεταξύ του χρόνου και της μέγιστης θερμοκρασίας. Η θετική κλίση $0,02^{\circ}\text{C}$ υποδηλώνει μια σταθερή αύξηση της μέγιστης θερμοκρασίας με την πάροδο του χρόνου, υποδεικνύοντας ότι κάθε μονάδα αύξησης στον χρόνο οδηγεί σε άνοδο κατά $0,02^{\circ}\text{C}$ μονάδες στη θερμοκρασία. Η αρχική μέση τιμή της μέγιστης θερμοκρασίας είναι $16,899^{\circ}\text{C}$. Παρά την γενική τάση αύξησης, υπάρχουν καθημερινές διακυμάνσεις γύρω από τη γραμμή τάσης, οι οποίες αντικατοπτρίζουν τις βραχυπρόθεσμες αλλαγές στη μέγιστη θερμοκρασία.



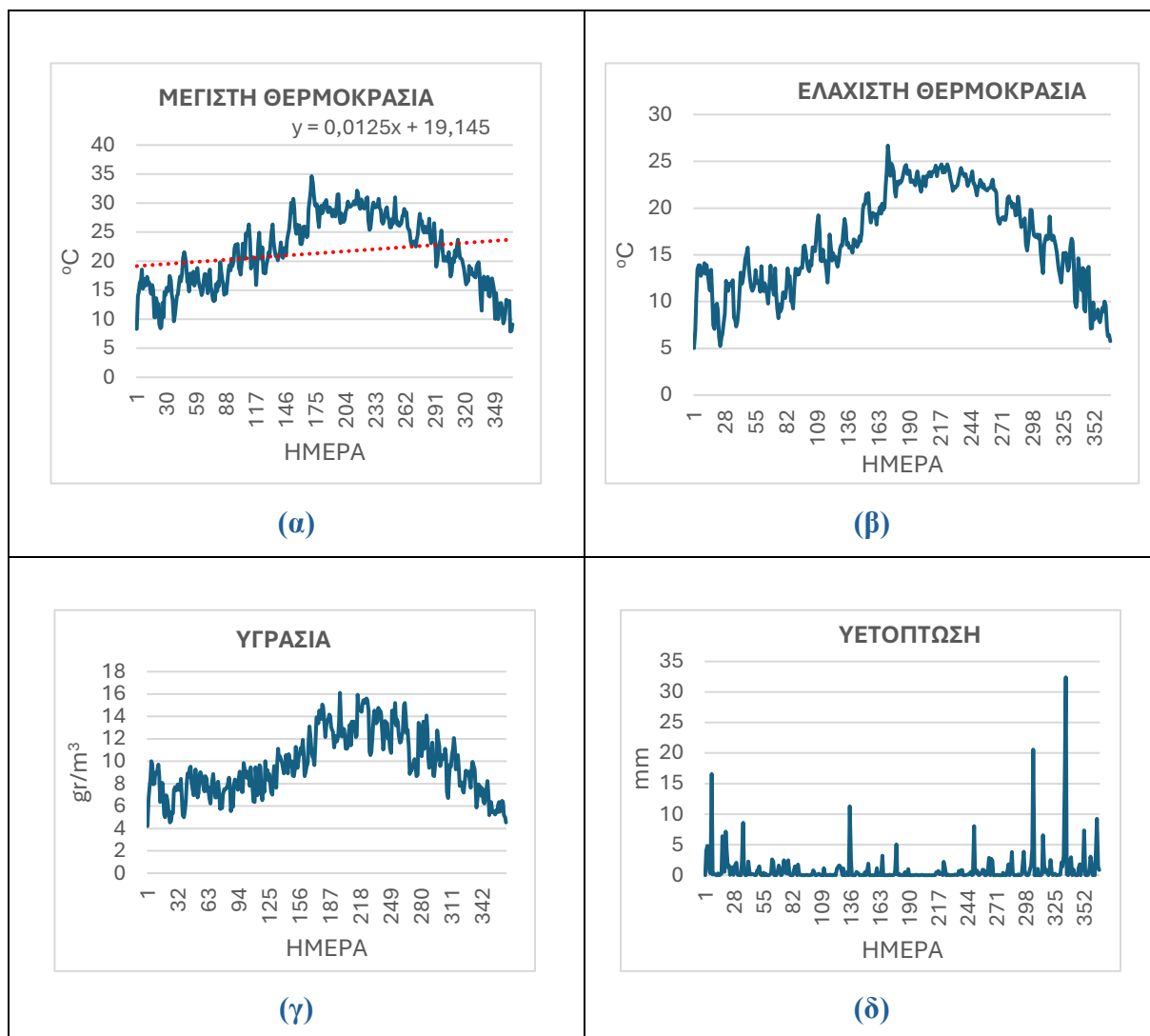
Εικόνα 42: έτος 2007 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης των Χανίων

Η εξίσωση της ευθείας τάσης που δίνεται, $y = 0,0179x + 17,484$, (εικ.42), αντιπροσωπεύει τη σχέση μεταξύ του χρόνου (x) και της μέγιστης θερμοκρασίας (y) . Ο συντελεστής της μεταβλητής x στην εξίσωση, δηλαδή 0,0179, αντιπροσωπεύει την κλίση της ευθείας και δείχνει τον ρυθμό με τον οποίο αυξάνεται η μέγιστη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του έτους. Η αύξηση των 0,0179°C ανά ημέρα μπορεί να αντικατοπτρίζει μια ελαφριά εποχική τάση, με της θερμοκρασίες να αυξάνονται αργά καθώς προχωρά το έτος. Το 17,484 είναι η εκτιμώμενη τιμή της θερμοκρασίας στην αρχή της περιόδου που εξετάζεται.



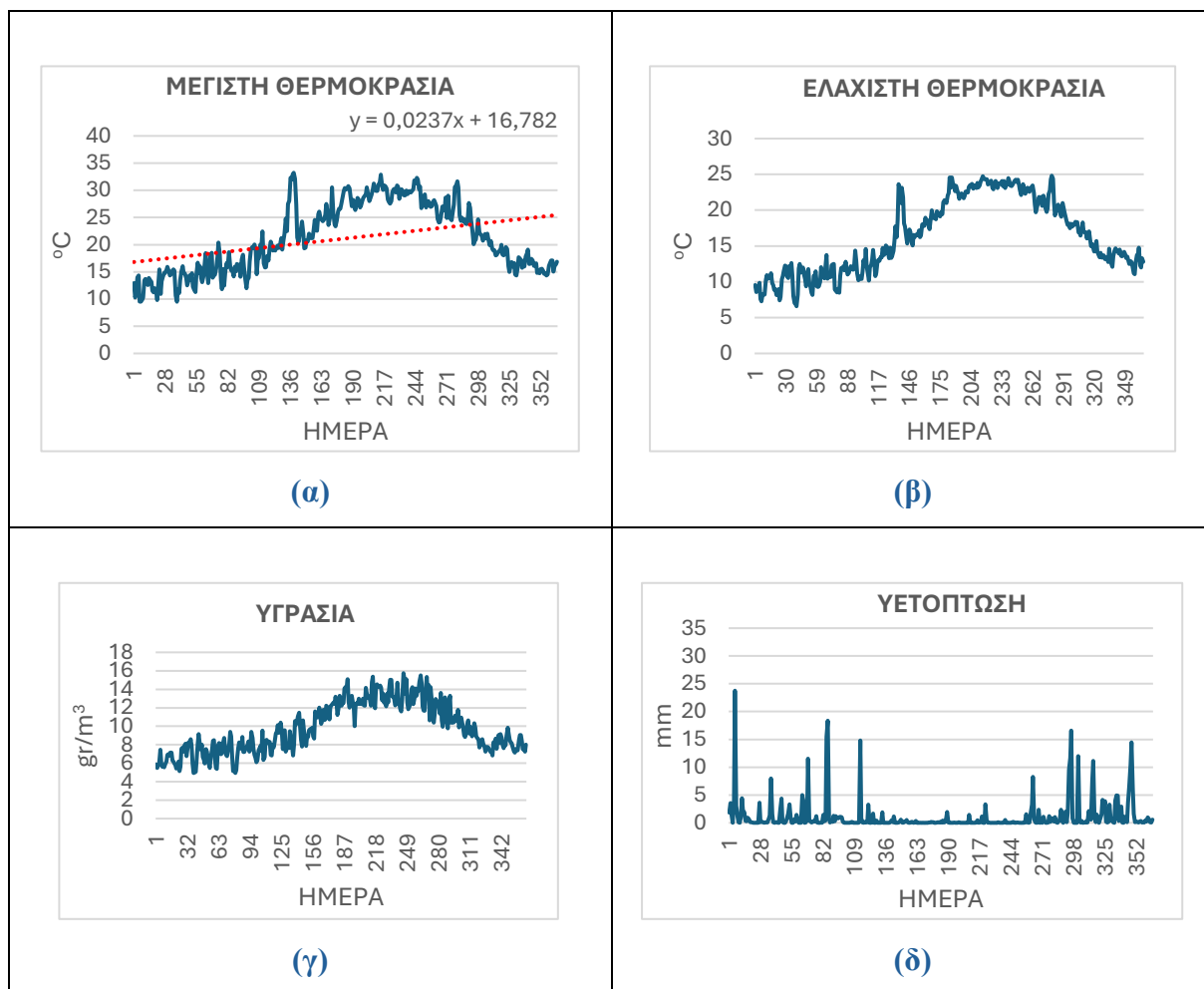
Εικόνα 43: έτος 2012 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης των Χανίων

Η γραμμή τάσης στο γράφημα για τη μέγιστη θερμοκρασία παρουσιάζει μια ήπια ανοδική πορεία καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η εξίσωση $y = 0,0272x + 16,1$, (εικ.43) υποδηλώνει ότι η μέγιστη θερμοκρασία αυξάνεται κατά $0,0272^{\circ}\text{C}$ καθημερινά, παρουσιάζοντας μια σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας με την πάροδο των ημερών. Παρόλο την αυξανόμενη τάση γενικά, οι θερμοκρασίες στο γράφημα εμφανίζουν συχνές διακυμάνσεις. Η αρχική μέση θερμοκρασία της γραμμής τάσης είναι $16,1^{\circ}\text{C}$.



Εικόνα 44: έτος 2016 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης των Χανίων

Η γραμμή τάσης στο σχήμα δείχνει τη συνολική τάση των μέγιστων θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια του έτους. Η εξίσωση της γραμμής είναι η $y=0,0125x+19,145$, (εικ.44). Η θετική κλίση (0,0125) υποδηλώνει μια μικρή αλλά σταθερή αύξηση της μέγιστης θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια των ημερών. Ωστόσο, η αύξηση αυτή είναι οριακή υποδεικνύοντας ότι οι θερμοκρασίες διατηρούν μια σχετικά σταθερή τάση με ελαφρά ανοδική πορεία παρά τις συνήθεις εποχικές διακυμάνσεις. Η αρχική θερμοκρασία της γραμμής τάσης 19,145°C, είναι αρκετά υψηλή και πιθανότατα αντανακλά το κλίμα της περιοχής των Χανίων, όπου έγιναν οι μετρήσεις.



Εικόνα 45: έτος 2020 γραφήματα των μεγεθών: α)μέγιστη θερμοκρασία, β)ελάχιστη θερμοκρασία, γ)υγρασία και δ)υετόπτωση (σχεδιασμός σε EXCEL) της πόλης των Χανίων

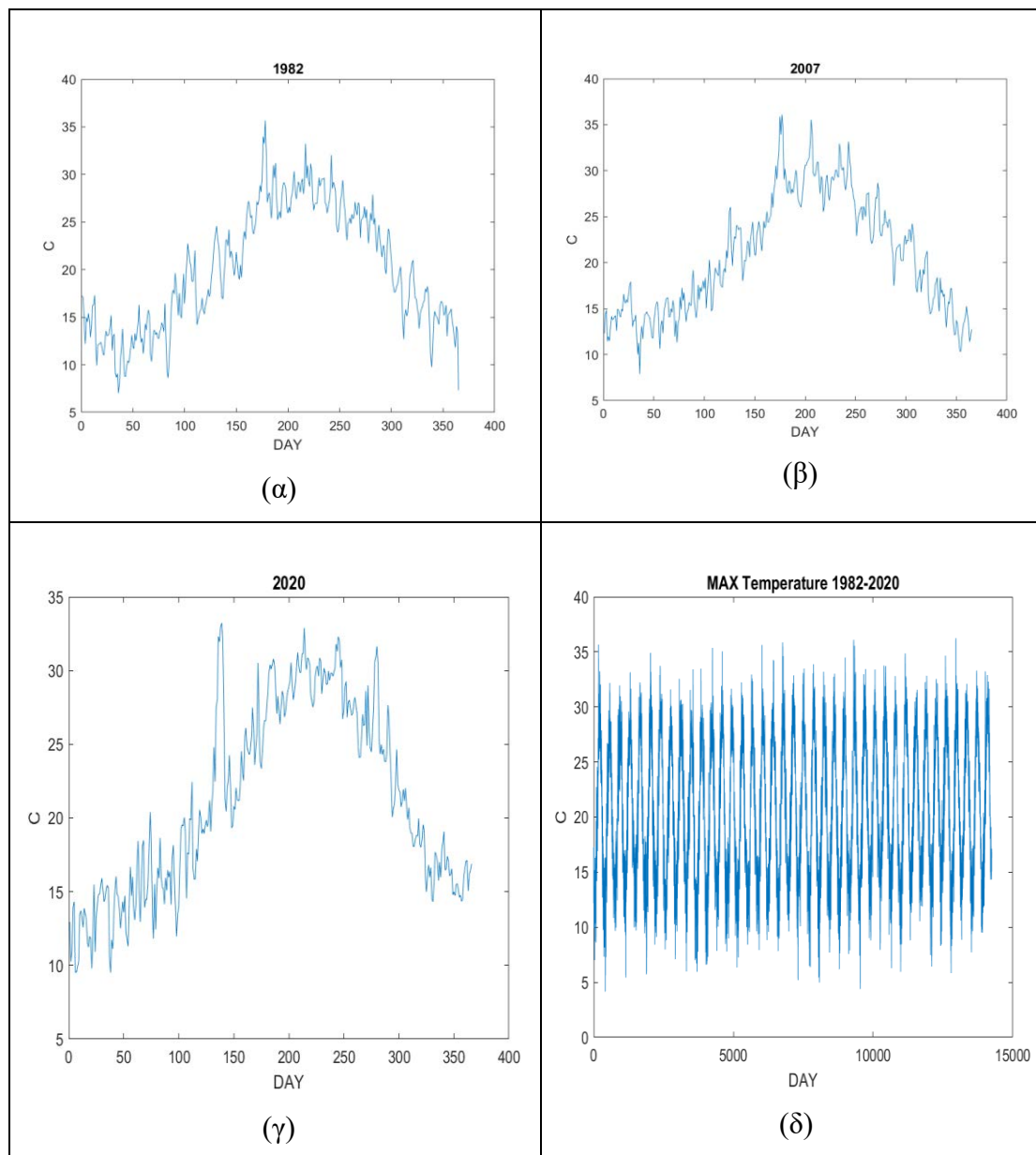
Η γραμμή τάσης στο σχήμα δείχνει τη γενική τάση των ετήσιων μέγιστων θερμοκρασιών για τις οποίες παρουσιάζονται τα δεδομένα. Ο τύπος της γραμμής τάσης είναι ο $y=0,0237x+16,782$, (εικ.45) όπου το x αντιπροσωπεύει την ημέρα του έτους και y είναι η προβλεπόμενη μέγιστη θερμοκρασία. Η θετική κλίση της ευθείας γραμμής (0,0237) υποδηλώνει ότι η μέγιστη θερμοκρασία αυξάνεται ελαφρώς καθώς προχωράει το έτος και υπάρχει μια συνολική αύξηση των μέγιστων θερμοκρασιών παρά τις φυσικές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας. Το 16,782 αντιπροσωπεύει την εκτιμώμενη τιμή της θερμοκρασίας στην αρχή της περιόδου που εξετάζεται.

Μια οπτική ανάλυση του γραφήματος αποκαλύπτει περιοδικότητες στη θερμοκρασία, οι οποίες αντικατοπτρίζουν την εναλλαγή των εποχών και των ετών ανάλογα με τις θερμοκρασιακές μεταβολές. Η ανάλυση του ιστογράμματος που απεικονίζει τις μέγιστες

θερμοκρασίες και τις αντίστοιχες ημέρες δείχνει ότι κατά τους χειμερινούς μήνες οι θερμοκρασίες συγκεντρώνονται κυρίως γύρω από τα 10°C με 15°C, υποδεικνύοντας ήπιους χειμώνες. Αντίθετα, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, οι θερμοκρασίες σπάνια ξεπερνούν τους 30°C, γεγονός που υποδηλώνει δροσερότερα καλοκαίρια σε σύγκριση με άλλες περιοχές με μεσογειακό κλίμα. Στα Χανιά, οι αλλαγές στη θερμοκρασία αντικατοπτρίζουν τη γενική κλιματική τάση της περιοχής. Το ιστόγραμμα των μέγιστων θερμοκρασιών δείχνει ότι οι χειμώνες είναι ήπιοι, με θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 14 έως 16°C, ενώ τα καλοκαίρια είναι δροσερά, με θερμοκρασίες μεταξύ 28 και 29°C. Αυτή η κλιματική εικόνα οφείλεται στη γεωγραφική θέση των Χανίων, η οποία ευνοεί την επιρροή της θάλασσας και του μεσογειακού κλίματος. Παράλληλα, παρατηρείται ότι η μέγιστη θερμοκρασία έχει μειωθεί με την πάροδο των ετών, ενώ η ελάχιστη έχει αυξηθεί, γεγονός που υποδηλώνει μια συνεχιζόμενη κλιματική αλλαγή. Από το 1982 έως το 2020, η μέση μέγιστη θερμοκρασία αυξήθηκε κατά περίπου 0,6°C. Αν και η μέση θερμοκρασία παραμένει σχετικά σταθερή γύρω από τους 20°C, η αύξηση της διαφοράς μεταξύ μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας υποδηλώνει μεγαλύτερη μεταβλητότητα στις κλιματικές συνθήκες. Οι περιορισμένες βροχοπτώσεις, οι οποίες ανέρχονται μόλις σε 36,02mm, τα μέγιστα χιλιοστά βροχόπτωσης, δείχνουν μια τάση για ξηρότερες περιόδους, κάτι που μπορεί να επιδεινώσει τις ήδη υπάρχουσες κλιματικές προκλήσεις. Αναφορικά με τη μέση θερμοκρασία από το 1982 έως το 2020, παρατηρείται ότι παρέμεινε σχετικά σταθερή, αυξήθηκε κατά περίπου 0,6°C χωρίς σημαντικές αυξομειώσεις. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια καταγράφεται μια μικρή αύξηση, η οποία, αν και περιορισμένη, υποδηλώνει ότι το κλιματικό σύστημα αρχίζει να μεταβάλλεται, πιθανώς λόγω της κλιματικής αλλαγής. Αυτή η διαταραχή της θερμοκρασιακής σταθερότητας, που διαρκούσε για πολλές δεκαετίες, αναδεικνύει τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής στο περιβάλλον. Επιπλέον, η αύξηση του εύρους θερμοκρασίας, δηλαδή η διαφορά μεταξύ μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας, υποδηλώνει μεγαλύτερη μεταβλητότητα στο κλίμα, με πιο έντονες διακυμάνσεις. Σημαντική είναι η παρατήρηση ότι τα μέγιστα επίπεδα βροχόπτωσης στα Χανιά παραμένουν σταθερά χαμηλά, γεγονός που οφείλεται σε διάφορους παράγοντες που επηρεάζουν το τοπικό κλίμα. Το μεσογειακό κλίμα της περιοχής, με ήπιους και υγρούς χειμώνες και ξηρά καλοκαίρια, περιορίζει φυσικά τις βροχοπτώσεις. Η κλιματική αλλαγή επιδεινώνει την κατάσταση, μειώνοντας τη συχνότητα και την ένταση των βροχών, καθώς τα παγκόσμια

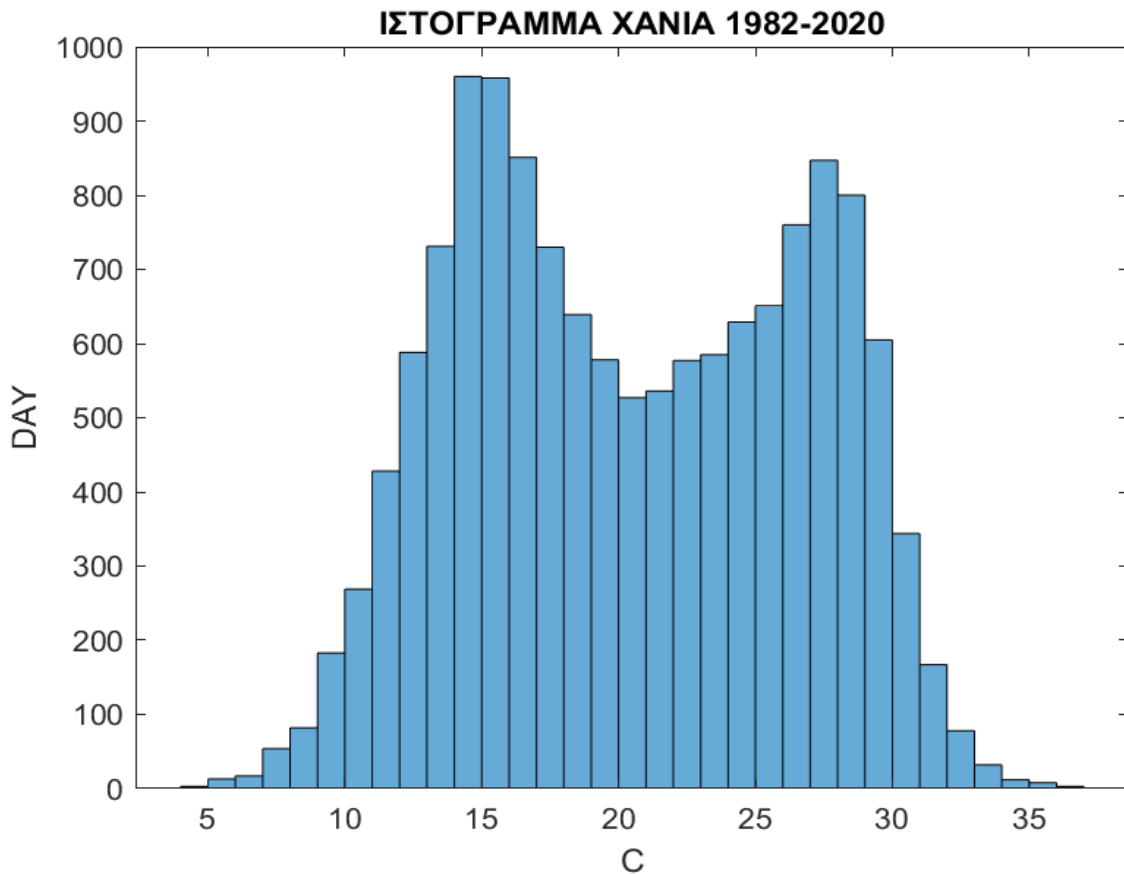
καιρικά πρότυπα μεταβάλλονται. Η γεωγραφική θέση της Κρήτης και η τοπογραφία της, όπως τα βουνά, επηρεάζουν επίσης τη διαμόρφωση των καιρικών φαινομένων, ενώ η ατμοσφαιρική κυκλοφορία μπορεί να εμποδίζει την έλευση βροχοφόρων συστημάτων στην περιοχή.

Σύγκριση δεδομένων των μέγιστων θερμοκρασιών κατά τα έτη 1982 - 2020 στην πόλη των Χανίων:



Εικόνα 46: γραφήματα των μεταβολών της θερμοκρασίας στην πόλη των Χανίων κατά τα έτη: α)1982, β)2007, γ)2020 και δ)1982-2020

Ακολουθεί το ιστόγραμμα συχνοτήτων(εικ.47) για τις μέγιστες θερμοκρασίες κατά το διάστημα 1982-2020



Εικόνα 47: ιστόγραμμα των μεταβολών της μέγιστης θερμοκρασίας στην πόλη των Χανίων κατά το χρονικό διάστημα 1982-2020

	1982	2007	2020	1982-2020
Max	35.66	36.09	33.22	36.24
Min	5.12	5.84	6.59	1.17
Μέση τιμή	20.043	20.764	21.131	20.495
διασπορά	40.567	40.564	40.267	38.287
Βροχόπτωση(mm)	23.86	26.07	23.76	64.12

Εικόνα 48: πίνακας με τη μέγιστη και την ελάχιστη θερμοκρασία, τη μέση τιμή και τη διασπορά των μέγιστων θερμοκρασιών κατά τα αντιπροσωπευτικά έτη 1982, 2007, 2020 και συνολικές τους μεταβολές κατά το διάστημα 1982-2020 στην πόλη των Χανίων.

Μια οπτική ανάλυση του γραφήματος(εικ.46) αποκαλύπτει περιοδικότητες στη θερμοκρασία, οι οποίες αντικατοπτρίζουν την εναλλαγή των εποχών και των ετών ανάλογα με τις θερμοκρασιακές μεταβολές. Η ανάλυση του ιστογράμματος(εικ.47) που απεικονίζει τις μέγιστες θερμοκρασίες και τις αντίστοιχες ημέρες δείχνει ότι κατά τους χειμερινούς μήνες οι θερμοκρασίες συγκεντρώνονται κυρίως γύρω από τα 10°C με 15°C, υποδεικνύοντας ήπιους χειμώνες. Αντίθετα, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, οι θερμοκρασίες σπάνια ξεπερνούν τους 30°C, γεγονός που υποδηλώνει δροσερότερα καλοκαίρια σε σύγκριση με άλλες περιοχές με μεσογειακό κλίμα. Στα Χανιά, οι αλλαγές στη θερμοκρασία αντικατοπτρίζουν τη γενική κλιματική τάση της περιοχής. Το ιστόγραμμα των μέγιστων θερμοκρασιών δείχνει ότι οι χειμώνες είναι ήπιοι, με θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 14 έως 16°C, ενώ τα καλοκαίρια είναι δροσερά, με θερμοκρασίες μεταξύ 28 και 29°C. Αυτή η κλιματική εικόνα οφείλεται στη γεωγραφική θέση των Χανίων, η οποία ευνοεί την επιρροή της θάλασσας και του μεσογειακού κλίματος. Παράλληλα, παρατηρείται ότι η μέγιστη θερμοκρασία έχει μειωθεί με την πάροδο των ετών, ενώ η ελάχιστη έχει αυξηθεί, γεγονός που υποδηλώνει μια συνεχιζόμενη κλιματική αλλαγή. Από το 1982 έως το 2020, η μέση μέγιστη θερμοκρασία αυξήθηκε κατά περίπου 0,6°C. Αν και η μέση θερμοκρασία παραμένει σχετικά σταθερή γύρω από τους 20°C, η αύξηση της διαφοράς μεταξύ μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας υποδηλώνει μεγαλύτερη μεταβλητότητα στις κλιματικές συνθήκες. Οι περιορισμένες βροχοπτώσεις, οι οποίες ανέρχονται μόλις σε 36,02mm, δείχνουν μια τάση για ξηρότερες περιόδους, κάτι που μπορεί να επιδεινώσει τις ήδη υπάρχουσες κλιματικές προκλήσεις.

Αναφορικά με τη μέση θερμοκρασία(εικ.48) από το 1982 έως το 2020, παρατηρείται ότι παρέμεινε σχετικά σταθερή, αυξήθηκε κατά περίπου 0,6°C χωρίς σημαντικές αυξομειώσεις. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια καταγράφεται μια μικρή αύξηση, η οποία, αν και περιορισμένη, υποδηλώνει ότι το κλιματικό σύστημα αρχίζει να μεταβάλλεται, πιθανώς λόγω της κλιματικής αλλαγής. Αυτή η διαταραχή της θερμοκρασιακής σταθερότητας, που διαρκούσε για πολλές δεκαετίες, αναδεικνύει τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής στο περιβάλλον. Επιπλέον, η αύξηση του εύρους θερμοκρασίας, δηλαδή η διαφορά μεταξύ μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας,(εικ.48) υποδηλώνει

μεγαλύτερη μεταβλητότητα στο κλίμα, με πιο έντονες διακυμάνσεις. Σημαντική είναι η παρατήρηση ότι τα μέγιστα επίπεδα βροχόπτωσης στα Χανιά παραμένουν σταθερά χαμηλά, γεγονός που οφείλεται σε διάφορους παράγοντες που επηρεάζουν το τοπικό κλίμα. Το μεσογειακό κλίμα της περιοχής, με ήπιους και υγρούς χειμώνες και ξηρά καλοκαίρια, περιορίζει φυσικά τις βροχοπτώσεις. Η κλιματική αλλαγή επιδεινώνει την κατάσταση, μειώνοντας τη συχνότητα και την ένταση των βροχών, καθώς τα παγκόσμια καιρικά πρότυπα μεταβάλλονται. Η γεωγραφική θέση της Κρήτης και η τοπογραφία της, όπως τα βουνά, επηρεάζουν επίσης τη διαμόρφωση των καιρικών φαινομένων, ενώ η ατμοσφαιρική κυκλοφορία μπορεί να εμποδίζει την έλευση βροχοφόρων συστημάτων στην περιοχή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανάλυση των περιβαλλοντικών δεδομένων από τις πόλεις του Βόλου, της Λάρισας, των Ιωαννίνων και των Χανίων αποκαλύπτει ανησυχητικές ενδείξεις της κλιματικής αλλαγής, οι οποίες έχουν ευρύτερες επιπτώσεις για ολόκληρη την Ελλάδα. Οι συγκεκριμένες πόλεις επιλέχθηκαν για τη μελέτη λόγω της γεωγραφικής τους ποικιλότητας και της αντιπροσωπευτικότητάς τους ως προς τις διαφορετικές κλιματικές ζώνες της χώρας. Ο Βόλος και η Λάρισα, ως κεντρικές ηπειρωτικές πόλεις, προσφέρουν δεδομένα από μια περιοχή με έντονα ηπειρωτικό κλίμα, ενώ τα Ιωάννινα, με το ορεινό περιβάλλον τους, και τα Χανιά, ως παράκτια πόλη της Κρήτης, καλύπτουν μια ευρεία κλίμακα κλιματικών και γεωγραφικών συνθηκών.

Η παρατήρηση των δεδομένων δείχνει μια αξιοσημείωτη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας στις πόλεις αυτές κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Το φαινόμενο αυτό αντανακλά μια ευρύτερη παγκόσμια τάση θέρμανσης, η οποία μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, τη γεωργία και τα οικοσυστήματα. Η άνοδος της θερμοκρασίας αποτελεί μια από τις πιο απτές ενδείξεις της κλιματικής αλλαγής, και η συνέχισή της μπορεί να επιφέρει σημαντικές προκλήσεις σε πολλούς τομείς της καθημερινής ζωής.

Οι ακραίες θερμοκρασίες, και ειδικότερα οι καύσωνες που σημειώνονται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, εμφανίζουν αύξηση τόσο στη συχνότητα όσο και στην ένταση τους. Αυτή η αύξηση έχει άμεσες κοινωνικές και οικονομικές συνέπειες, όπως η επιβάρυνση των συστημάτων υγείας και η μείωση της παραγωγικότητας.

Αξίζει να αναφερθεί ότι το καλοκαίρι του 2007 στην Ελλάδα υπήρξε ιδιαίτερα ακραίο, με υψηλές θερμοκρασίες και πυρκαγιές. Οι θερμοκρασίες ξεπέρασαν τους 40°C για πολλές ημέρες, με τους καύσωνες του Ιουνίου και Ιουλίου να φτάνουν σε περιοχές της χώρας τους 45°C. Επιπλέον, τον Αύγουστο, η Ελλάδα βρέθηκε αντιμέτωπη με καταστροφικές πυρκαγιές που ξεκίνησαν τον Ιούλιο και κορυφώθηκαν αργότερα, καταστρέφοντας εκτενείς περιοχές και προκαλώντας τον θάνατο δεκάδων ανθρώπων, κυρίως στην Πελοπόννησο και την Εύβοια. Οι πυρκαγιές στα τέλη Αυγούστου αποτέλεσαν μία από τις μεγαλύτερες οικολογικές και ανθρωπιστικές καταστροφές, καθώς οι συνθήκες καύσωνα και οι ισχυροί άνεμοι ευνόησαν την ταχεία εξάπλωσή τους. Ήταν μια από τις πιο δύσκολες χρονιές για την Ελλάδα, τόσο λόγω των καιρικών φαινομένων όσο και των φυσικών καταστροφών. Το καλοκαίρι του 2007, στα τέλη

Ιουλίου, εκδηλώθηκε μια μεγάλη πυρκαγιά και στο Πήλιο, η οποία κατέστρεψε εκτενείς δασικές περιοχές και απείλησε κατοικημένες περιοχές, προκαλώντας σοβαρές ζημιές στη βιοποικιλότητα.

Η διαφορά μεταξύ των μέγιστων και των ελάχιστων θερμοκρασιών, γνωστή ως εύρος θερμοκρασίας, έχει επίσης αυξηθεί στις υπό μελέτη περιοχές. Αυτή η αλλαγή υποδηλώνει ότι οι καιρικές συνθήκες γίνονται όλο και πιο ακραίες, με αποτέλεσμα πιο κρύες χειμερινές νύχτες και πιο καυτές καλοκαιρινές ημέρες. Αυτές οι έντονες διακυμάνσεις δυσχεραίνουν τις προσαρμοστικές ικανότητες τόσο των ανθρώπων όσο και των φυσικών οικοσυστημάτων.

Παρόλο που οι τάσεις στις βροχοπτώσεις παρουσιάζουν μεγαλύτερη ποικιλομορφία, έχουν παρατηρηθεί αυξήσεις στις μέγιστες τιμές βροχόπτωσης σε πολλές περιπτώσεις. Αυτό αυξάνει τον κίνδυνο πλημμυρών και άλλων υδρολογικών καταστροφών, καθιστώντας τις πόλεις πιο ευάλωτες στις συνέπειες των ακραίων καιρικών φαινομένων. Οι αλλαγές αυτές υπογραμμίζουν την ανάγκη για ενίσχυση των υποδομών και των στρατηγικών διαχείρισης υδάτινων πόρων.

Οι παρατηρούμενες γραμμές τάσεις παρουσιάζουν επίσης κλιματική αστάθεια, με ορισμένα έτη να εμφανίζουν ακραίες αποκλίσεις στις θερμοκρασίες και τις βροχοπτώσεις. Αυτή η αστάθεια προκαλεί αβεβαιότητα σχετικά με τις μελλοντικές κλιματικές συνθήκες σε τοπικό επίπεδο και δυσχεραίνει την πρόβλεψη και την προσαρμογή στις αλλαγές..

Τα ευρήματα της μελέτης τονίζουν την επείγουσα ανάγκη για άμεση δράση και προσαρμογή των πόλεων στις νέες κλιματικές συνθήκες. Οι ελληνικές πόλεις πρέπει να επενδύσουν σε υποδομές που αντέχουν στην κλιματική αλλαγή και να υιοθετήσουν πρακτικές που μειώνουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων του θερμοκηπίου, με στόχο τον περιορισμό των μελλοντικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.

Για μελλοντικές έρευνες, τα δεδομένα που αναλύθηκαν στην παρούσα μελέτη μπορούν να αποτελέσουν ένα πολύτιμο εργαλείο για την πρόβλεψη κλιματικών τάσεων και την εφαρμογή σύγχρονων μεθόδων ανάλυσης μετεωρολογικών στοιχείων. Η εξέταση των χρονοσειρών που σχετίζονται με τη θερμοκρασία, την υγρασία και την υετόπτωση στις πόλεις του Βόλου, της Λάρισας, των Ιωαννίνων και των Χανίων, σε συνδυασμό με τις στατιστικές μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν, όπως η παλινδρόμηση και οι γραμμές

τάσης, παρέχει ένα ισχυρό θεμέλιο για την ανάπτυξη πιο εξελιγμένων μοντέλων πρόβλεψης. Επιπλέον, τα δεδομένα μπορούν να ενσωματωθούν σε αλγόριθμους μηχανικής μάθησης και προσομοιώσεις μετεωρολογικών φαινομένων, διευκολύνοντας τη δημιουργία αξιόπιστων μοντέλων για τις μελλοντικές κλιματικές αλλαγές σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο. Η χρήση εργαλείων όπως το MATLAB και του EXCEL, για την ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων διευκολύνει την εκτέλεση σύνθετων αναλύσεων και την ανάπτυξη δυναμικών μοντέλων καιρού, ενισχύοντας την ακρίβεια των προβλέψεων και εμβαθύνοντας την κατανόηση των κλιματικών συστημάτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΑΙ ΞΕΝΗ

- Carr, N. T. (2008). Using Microsoft Excel® to calculate descriptive statistics and create graphs. *Language Assessment Quarterly*, 5(1), 43–62.
- Chatfield, C. (2016). *The Analysis of Time Series: An Introduction*. CRC Press.
- Chen, Z., & Li, G. (2010). Analysis of Environmental Time Series Data using MATLAB: An Application to Air Quality Monitoring. *Journal of Environmental Monitoring*, 12(8), 1520-1527.
- Durbin, J., & Koopman, S. J. (2001). *Time Series Analysis by State Space Methods*. Oxford University Press.
- Ekwueme, B.N. and Agunwamba, J.C. (2021). Trend Analysis and Variability of Air Temperature and Rainfall in Regional River Basins. *Civil Engineering Journal*, [online] 7(5), pp.816–826.
- Li, H., & Wang, X. (2017). Flood Forecasting using Time Series Analysis in MATLAB. *Hydrological Sciences Journal*, 62(10), 1685-1698.
- Marsiglio, S., Ansuategi, A., & Gallastegui, M. C. (2015b). The environmental Kuznets Curve and the structural change hypothesis. *Environmental and Resource Economics*, 63(2), 265–288.
- MathWorks (2020). *MATLAB Documentation: Time Series Analysis*.
- McFedries, P. (2013). *Excel Data Analysis: Your visual blueprint for creating and analyzing data, charts, and PivotTables*. Wiley.

- The MathWorks Inc. (2023). MATLAB version: (2023a), Natick, Massachusetts: The MathWorks Inc. <https://www.mathworks.com>
- Menke, W. (2022). Environmental Data Analysis with MatLab Or Python: Principles, Applications, and Prospects. Academic Press
- Microsoft Corporation. (2018). EXCEL. <https://office.microsoft.com/EXCEL>
- NASA Official: Paul Stackhouse, Jr., Ph.D. Version: 1.0 | Last Modified: 2021/12/15 NASA Privacy Statement, Disclaimer, and Accessibility
- Panayotou, T., Peterson, A., & Sachs, J. D. (2000). Is the environmental Kuznets curve driven by structural change? What extended time series may imply for developing countries.
- C. J., Pedregal, D. J., Young, P. C., & Ali, M., Kim, D.R., Yunus, M. and Emch, M. (2013). Time Series Analysis of Cholera in Matlab, Bangladesh, during 1988-2001. Journal of Health, Population and Nutrition, 31(1).
- Prema, V. and Rao, K.U. (2015). Development of statistical time series models for solar power prediction. Renewable Energy, 83, pp.100–109.
- Ramos, F., & Street, B. (2013). Modeling and Forecasting Electricity Load with MATLAB. IEEE Transactions on Power Systems, 28(2), 1203-1210.
- Santer, B. D., Wigley, T. M. L., Boyle, J. S., Gaffen, D. J., Hnilo, J. J., Nychka, D., Parker, D. E., & Taylor, K. E. (2000). Statistical significance of trends and trend differences in layer-average atmospheric temperature time series. Journal of Geophysical Research Atmospheres, 105(D6), 7337–7356.
- Shumway, R. H., & Stoffer, D. S. (2017). Time Series Analysis and Its Applications: With R Examples. Springer.
- Skrynyk, O., Sidenko, V., Aguilar, E., Guijarro, J., Skrynyk, O., Palamarchuk, L., Oshurok, D., Osypov, V. and Osadchy, V. (2023). Data quality control and homogenization of daily precipitation and air temperature (mean, max and min) time series of Ukraine. International Journal of Climatology, 43(9), pp.4166–4182.
- Tan, K., & Wong, S. (2015). Stock Market Trend Analysis and Forecasting Using EXCEL. Journal of Financial Modelling, 29(7), 55-65.
- Yan, Y., She, L., Guo, Y., Zhao, Y., Zhang, P., Xiang, B., Zeng, J., Yang, M., & Wang, L. (2021). Association between ambient air pollution and mortality from

- chronic obstructive pulmonary disease in Wuhan, China: a population-based time-series study. *Environmental Science and Pollution Research International*, 1–9.
- Zhang, C., Ding, R., Xiao, C., Xu, Y., Cheng, H., Zhu, F., Lei, R., Di, D., Zhao, Q., & Cao, J. (2017). Association between air pollution and cardiovascular mortality in Hefei, China: A time-series analysis. *Environmental Pollution*, 229, 790–797.
 - Zhang, W., & Chen, J. (2015). Stock Market Time Series Analysis Using MATLAB. *Journal of Financial Markets*, 23, 15-30.