



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ**

**Αξιολόγηση μετρήσεων και εκτιμήσεων με μοντέλα μετεωρολογικών  
παραμέτρων στην περιοχή της Λαμίας**

**Νικολέτα Μαντζαβίνου**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Επιβλέπων**

**Διονύσιος Βαβουγιός**

**Λαμία, 20/1/2020**



**UNIVERSITY OF THESSALY**

**SCHOOL OF SCIENCE**

**INFORMATICS AND COMPUTATIONAL BIOMEDICINE**

**Evaluation of meteorological parameters observations and model estimations in Lamia area**

**Nikoleta Mantzavinou**

**Master thesis**

**Dionisios Vavougiou**

**Lamia**

**20/1/2020**





**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ  
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**«ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ,  
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΜΕΓΑΛΟΥ ΟΓΚΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ  
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ»**

**Αξιολόγηση μετρήσεων και εκτιμήσεων με μοντέλα μετεωρολογικών  
παραμέτρων στην περιοχή της Λαμίας**

**Νικολέτα Μαντζαβίνου**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Επιβλέπων**

**Διονύσιος Βαβουγιός**

**Λαμία, 20/1/2020**

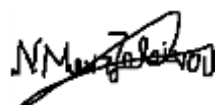
«Υπεύθυνη Δήλωση μη λογοκλοπής και ανάληψης προσωπικής ευθύνης»

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, και γνωρίζοντας τις συνέπειες της λογοκλοπής, δηλώνω υπεύθυνα και ενυπογράφως ότι η παρούσα εργασία με τίτλο [«τίτλος εργασίας»] αποτελεί προϊόν αυστηρά προσωπικής εργασίας και όλες οι πηγές από τις οποίες χρησιμοποίησα δεδομένα, ιδέες, φράσεις, προτάσεις ή λέξεις, είτε επακριβώς (όπως υπάρχουν στο πρωτότυπο ή μεταφρασμένες) είτε με παράφραση, έχουν δηλωθεί κατάλληλα και ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.

Η ΔΗΛΟΥΣΑ

Ημερομηνία, 20/1/2020

Υπογραφή



**Αξιολόγηση μετρήσεων και εκτιμήσεων με μοντέλα μετεωρολογικών  
παραμέτρων στην περιοχή της Λαμίας**

**Νικολέτα Μαντζαβίνου**

**Τριμελής Επιτροπή:**

Βαβουγιός Διονύσιος

Σταμούλης Γεώργιος

Ζυγούρης Νικόλαος

**Επιστημονικός Σύμβουλος:**

π. Δωρόθεος – Ευάγγελος Αγγέλης

Στον Αρχιμανδρίτη π. Δωρόθεο Αγγέλη  
του οποίου η συμβολή  
στην παρούσα εργασία  
ήταν εκτός από καταλυτική  
και πολύτιμη  
στο να περατωθεί.





## Περιεχόμενα

<b>Πρόλογος</b> .....	<b>10</b>
<b>Ευχαριστίες</b> .....	<b>11</b>
<b>Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup></b> .....	<b>13</b>
Εισαγωγή.....	13
<b>1. Επιφανειακή ηλιακή ακτινοβολία</b> .....	<b>14</b>
<b>2. Υετός – Βροχόπτωση</b> .....	<b>21</b>
<b>3. Θερμοκρασία</b> .....	<b>24</b>
<b>4. Ειδική υγρασία</b> .....	<b>25</b>
<b>Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup></b> .....	<b>29</b>
<b>A' Μέρος: Πηγές Δεδομένων</b> .....	<b>29</b>
<b>B' Μέρος: Μεθοδολογία</b> .....	<b>36</b>
<b>Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>: Αποτελέσματα</b> .....	<b>39</b>
<b>A' Μέρος: Εποχικός Κύκλος</b> .....	<b>39</b>
<b>B' Μέρος: Αποεποχοποιημένες Τιμές και Ετήσιες Γραμμικές Τάσεις</b> .....	<b>44</b>
<b>Γ' Μέρος: Γραμμική Συσχέτιση Επιφανειακής Ηλιακής Ακτινοβολίας με         λοιπές παραμέτρους</b> .....	<b>46</b>
<b>Δ' Μέρος: Πολυωνυμική Προσέγγιση</b> .....	<b>47</b>
<b>I. 2<sup>ο</sup> Βαθμού</b> .....	<b>48</b>
<b>II. 3<sup>ο</sup> Βαθμού</b> .....	<b>49</b>
<b>Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>: Σχολιασμός – Συμπεράσματα</b> .....	<b>51</b>
<b>Βιβλιογραφία</b> .....	<b>57</b>
<b>Παράρτημα: Εφαρμογή κινούμενου μέσου όρου για την ιστορική περίοδο (1950- 2005) στις μέσες μηνιαίες αποεποχοποιημένες τιμές</b> .....	<b>61</b>

## Πρόλογος

Αφορμή για τη μελέτη αυτή στάθηκε η ύπαρξη ικανών μετεωρολογικών δεδομένων για την περιοχή της Λαμίας και ταυτόχρονα η ανάπτυξη κλιματολογικών μοντέλων, των οποίων ορίζοντας φτάνει μέχρι το τέλος του 21<sup>ου</sup> αιώνα. Επειδή, ο όρος κλίμα αναφέρεται στον μέσο καιρό σε περιόδους μεγαλύτερες των 30 χρόνων, γίνεται στη μελέτη αυτή μια απόπειρα για την κλιματολογία της αστικής περιοχής της Λαμίας από το 1950 και μετά έως το 2100.

Στόχος της εργασίας αυτής είναι η ανάλυση βασικών μετεωρολογικών μεταβλητών, η μελέτη της συμπεριφοράς τους, η αξιολόγηση των παρατηρήσεων και οι εκτιμήσεις των μοντέλων για τη μελλοντική τους εξέλιξη. Ακόμα, ένας από τους σκοπούς αυτής της μελέτης είναι η εξοικείωση με τη στατιστική επεξεργασία και τη χρονική συμπεριφορά κλιματολογικών μεταβλητών. Ο συνδυασμός παρατηρησιακών δεδομένων και εκτιμήσεων μοντέλων βελτιώνουν τις δεξιότητες για την αξιολόγηση της συμπεριφοράς και των τάσεων των παραπάνω μεταβλητών σε μια περιοχή.

Μετά από μια εισαγωγή για τις απαραίτητες επιστημονικές γνώσεις, καθώς και για την δομή των πηγών δεδομένων αναπτύσσεται μια πρωτογενής στατιστική επεξεργασία των τιμών των μεταβλητών για να αναδειχθούν η μέση εποχικότητά τους, οι χρονικές τάσεις τους και διερευνάται η πιθανή συσχέτιση μεταξύ τους. Ενδεικτικά, επιλέχθηκαν η επιφανειακή ηλιακή ακτινοβολία, ο υετός, η θερμοκρασία και η ειδική υγρασία. Η συγκεκριμένη επιλογή των μεταβλητών δίνει μια άμεση και πρώτη εικόνα για την συμπεριφορά του κλίματος της περιοχής.

## Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία αποτελεί διπλωματική εργασία στα πλαίσια του διατμηματικού μεταπτυχιακού προγράμματος «Πληροφορικής και Υπολογιστικής Βιοϊατρικής» του τμήματος Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών.

Πριν την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω ορισμένους από τους ανθρώπους που γνώρισα, συνεργάστηκα μαζί τους και έπαιξαν πολύ σημαντικό ρόλο στην πραγματοποίησή της.

Αρχικά, θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής εργασίας, τον καθηγητή Διονύσιο Βαβουγιό για την πολύτιμη καθοδήγηση του και την εμπιστοσύνη και εκτίμηση που μου έδειξε.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή – επιβλέπων σύμβουλο π. Δωρόθεο Αγγέλη, ο οποίος με τα πλούσια πνευματικά προσόντα και το ήθος του συνέβαλε ουσιαστικά στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Τέλος, θέλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου και στους καθηγητές Σταμούλη Γεώργιο και Ζυγούρη Νικόλαο που δέχτηκαν να είναι μέλη της τριμελούς επιτροπής αξιολόγησης της μεταπτυχιακής εργασίας.

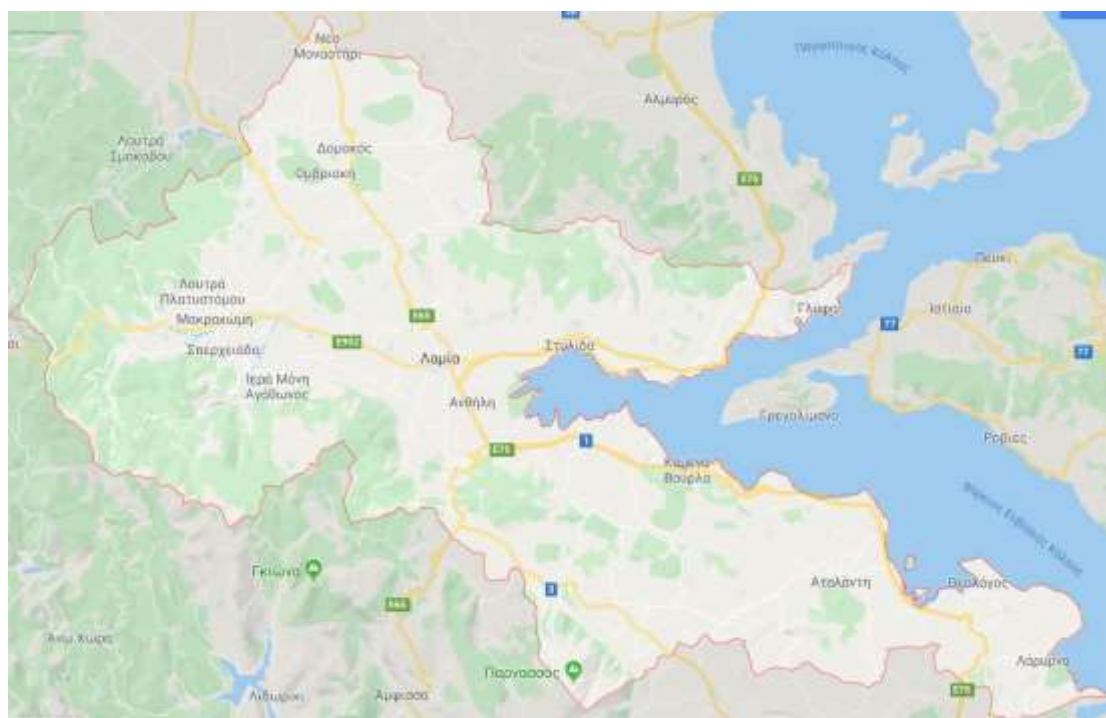


## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

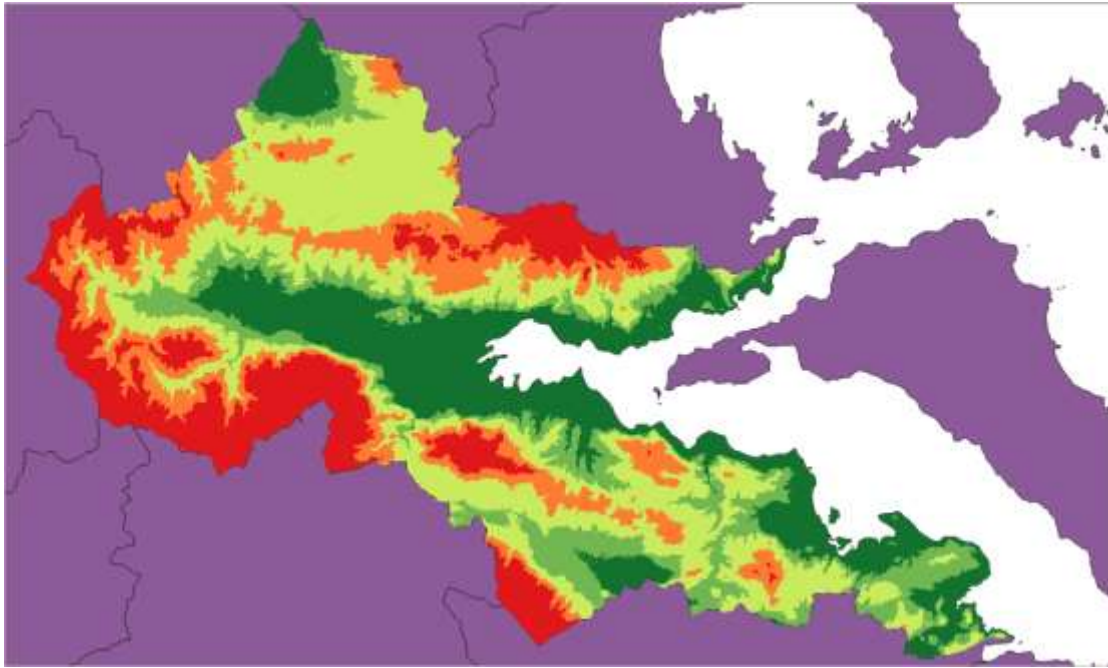
### Εισαγωγή

Η μελέτη αυτή διαπραγματεύεται την κλιματολογική συμπεριφορά ορισμένων μεταβλητών στην περιοχή της Λαμίας. Γι' αυτό το λόγο κρίνεται απαραίτητο να αναφέρουμε αρχικά κάποια περιγραφικά στοιχεία του κλίματος της Λαμίας.

Η περιοχή της Λαμίας έχει μεσογειακό κλίμα με σχετικά πολλές και ραγδαίες βροχοπτώσεις, οι οποίες εμφανίζονται από τον Οκτώβριο έως το Μάρτιο, ενώ οι άνεμοι που επικρατούν είναι βόρειοι και βορειοδυτικοί. Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί ότι σοβαρές αποκλίσεις στις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες προκαλούν το υψόμετρο, ο προσανατολισμός ως προς την ροή της ηλιακής ακτινοβολίας και η εγγύτητα των υποπεριοχών στο Σπερχειό Ποταμό [27][50].



Εικόνα 1: Γεωφυσικός χάρτης Φθιώτιδας με το εθνικό οδικό δίκτυο[38]



**Εικόνα 2: Χάρτης μεθόδου ταξινόμησης υψομέτρων Φθιώτιδας κατά Dikau**

Προκειμένου να κατανοήσουμε καλύτερα το ανάγλυφο της Φθιώτιδας και ειδικότερα της Λαμίας, χρησιμοποιήσαμε τη μέθοδο ταξινόμησης υψομέτρων κατά Dikau. Παρατηρώντας την Εικόνα 2, με την ταξινόμηση αυτή μια περιοχή μπορεί να χαρακτηριστεί ανάλογα με το υψόμετρο που παρουσιάζει πάνω από το επίπεδο της θάλασσας σε πεδινή (0-150m / σκούρο πράσινο), λοφώδη (151-600m / ανοιχτό πράσινο-κίτρινο), ημιορεινή (601-900m / πορτοκαλί) και ορεινή (>900m / κόκκινο). Η προσανατολισμένη δύση προς ανατολή οροσειρά της Όρθρυως στα βόρεια του νομού, στέκεται ως ένας ρυθμιστής του καιρού της περιοχής, αφού λειτουργεί ως εμπόδιο για τη διάδοση των καιρικών μεταβολών από τις βόρειες κατευθύνσεις.

Στη συνέχεια, θα παραθέσουμε στοιχεία και θα αναπτύξουμε το επιστημονικό υπόβαθρο των εξεταζόμενων μεταβλητών:

1. Επιφανειακή ηλιακή ακτινοβολία
2. Υετός – Βροχόπτωση
3. Θερμοκρασία
4. Ειδική υγρασία

### **1. Επιφανειακή ηλιακή ακτινοβολία**

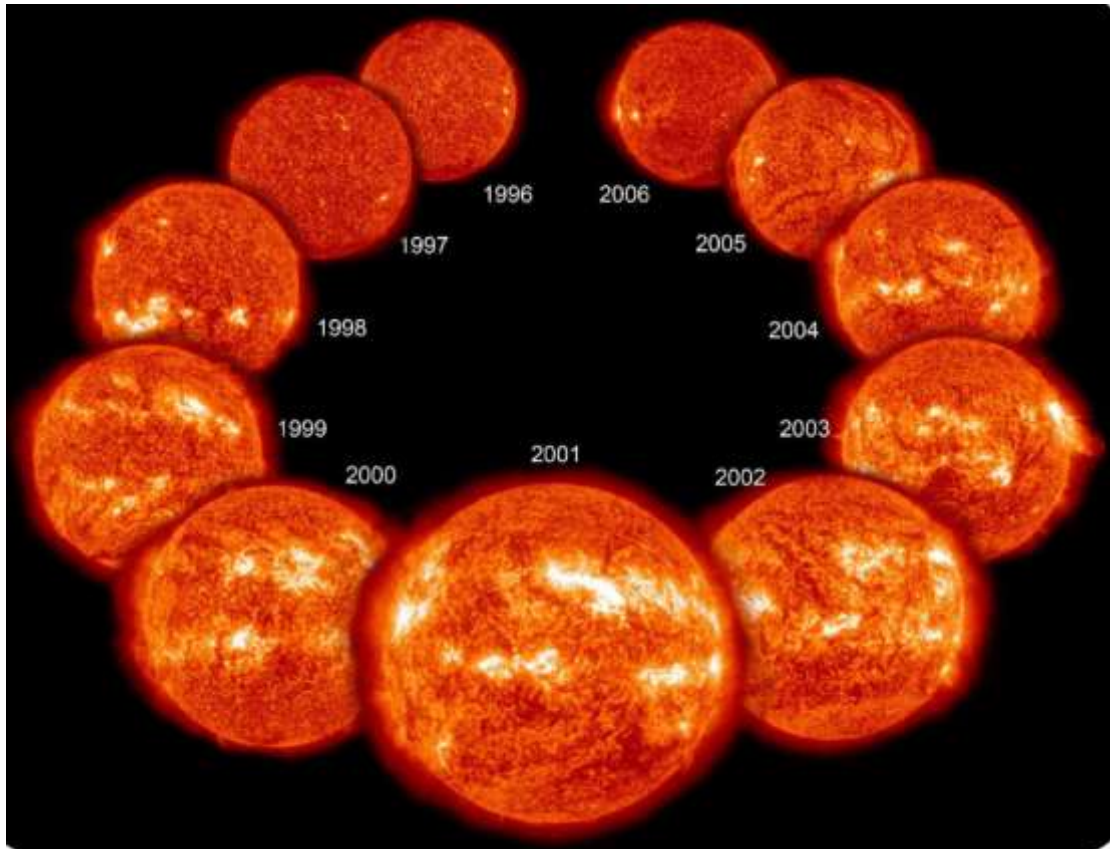
Ο ήλιος, με διάμετρο 1.390.000 km, είναι το πιο σημαντικό αστέρι του ηλιακού μας συστήματος. Περιλαμβάνει το 99,86% όλων των υλικών του ηλιακού μας

συστήματος, ενώ έχει μάζα  $1,989 \cdot 10^{30}$  kg, ακτίνα 700.000 km, ηλικία  $4,603 \cdot 10^9$  χρόνια και υπολογίζεται ότι έχει μπροστά του άλλα 5 περίπου δισεκατομμύρια χρόνια ζωής [70]. Με μια καλή προσέγγιση, ο ήλιος ενεργεί ως μια τέλεια πηγή ακτινοβολίας, που λόγω της απόστασής του από τη Γη, η οποία φτάνει τα 150 εκατομμύρια χιλιόμετρα περίπου, το φως του κινούμενο με 300.000 km/sec χρειάζεται 8'20'' για να φτάσει σε μας [1][2][3].

Ο δίσκος που βλέπουμε καθημερινά είναι η ορατή, λεπτή του επιφάνεια που ονομάζεται φωτόσφαιρα, με πάχος 400 km περίπου και θερμοκρασία που φτάνει τους  $6.000^{\circ}$  C, θερμοκρασία δηλαδή που εξαερώνει ακόμη και μέταλλα [67]. Πάνω από τη φωτόσφαιρα βρίσκεται η κατώτατη στιβάδα της ηλιακής ατμόσφαιρας που ονομάζεται χρωμόσφαιρα με πάχος 2.000 km και θερμοκρασία  $100.000^{\circ}$  C [3][4].

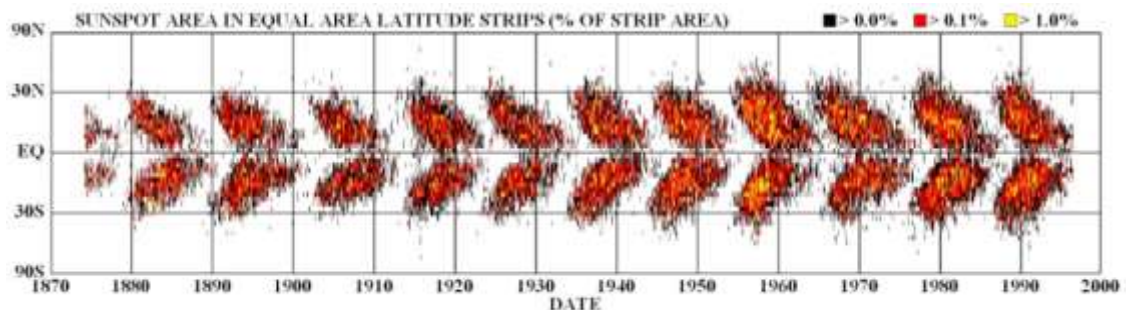
Στην παρατήρηση του ήλιου ακόμα και με μικρό τηλεσκόπιο με ηλιακό φίλτρο εύκολα μπορούμε να διακρίνουμε τις ηλιακές κηλίδες, οι οποίες είναι μικρές μαύρες περιοχές στην επιφάνεια του ήλιου [68]. Ο λόγος που οι ηλιακές κηλίδες παρουσιάζονται μαύρες είναι η χαμηλή θερμοκρασία τους σε σχέση με τη θερμοκρασία της φωτόσφαιρας που τις περιβάλλει [32]. Από παρατηρήσεις τουλάχιστον 400 ετών βρέθηκε ότι οι ηλιακές κηλίδες εμφανίζουν, ως προς το πλήθος και τη θέση τους, μια περιοδικότητα περίπου ενδεκαετή. Πρόκειται για τον λεγόμενο ενδεκαετή κύκλο της ηλιακής δραστηριότητας [33]. Δηλαδή, κάθε 11 χρόνια περίπου, ο ήλιος περνά από μια ενεργή περίοδο με πολλές ηλιακές κηλίδες να εμφανίζονται στην επιφάνεια του. Όταν φθάνει το ηλιακό μέγιστο του 11-ετούς κύκλου και οι ηλιακές κηλίδες μαυρίζουν την όψη του ήλιου, το μαγνητικό πεδίο του αστεριού μας αρχίζει να αλλάζει [34][69].





Εικόνα 3: Απεικονίσεις του Ήλιου κατά τη διάρκεια του 11-ετούς κύκλου του [51]

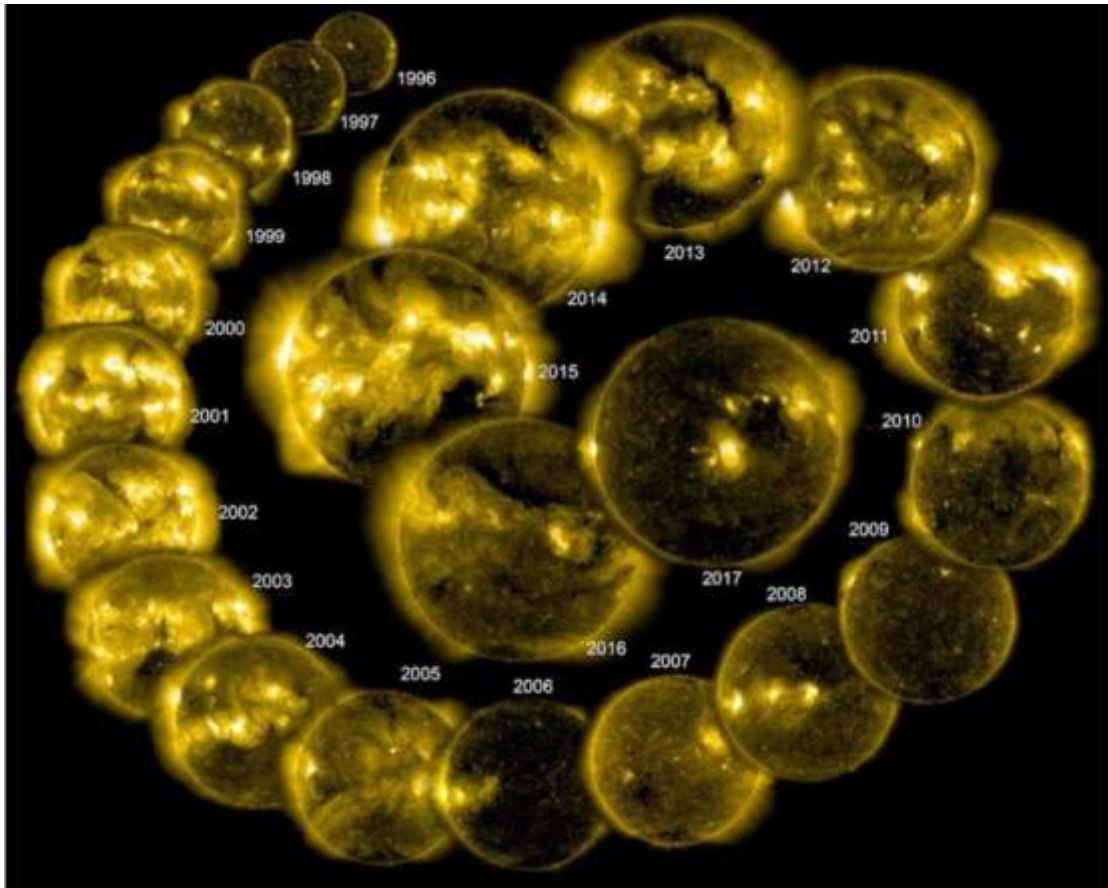
Η κατανομή των ηλιακών κηλίδων κατά τη διάρκεια του 11-ετούς κύκλου, μπορεί να γίνει και με την καταγραφή τους κατά ηλιογραφικό πλάτος. Η κατανομή αυτή αναφέρεται ως διάγραμμα πεταλούδας ή και ως διάγραμμα Maunder. Ένα παράδειγμα του διαγράμματος πεταλούδας παρουσιάζεται στην Εικόνα 4 [64].



Εικόνα 4: Διάγραμμα Πεταλούδας - Διάγραμμα Maunder [65]



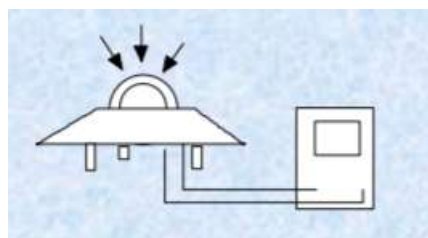
Μια άλλη προσέγγιση για την έκφραση της ηλιακής δραστηριότητας σχετίζεται με τον αριθμό των ηλιακών κηλίδων και ειδικότερα αφορά τις διαφορές ανάμεσα στους άρτιους και τους περιττούς κύκλους του Ήλιου. Αυτές οι διαφορές αναφέρονται και ως 22-ετή μεταβολή της ηλιακής δραστηριότητας [35][69].



**Εικόνα 5: Απεικονίσεις του Ήλιου κατά τη διάρκεια του 22-ετούς κύκλου του στο υπεριώδες [52]**

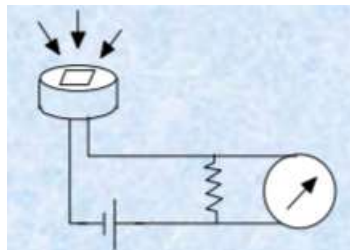
Η μέτρηση της ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να επιτευχθεί με διάφορα όργανα, όπως είναι [53]:

- Πυρανόμετρο



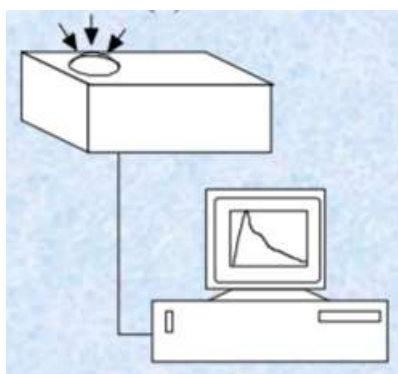
**Εικόνα 6: Πυρανόμετρο [53]**

- Φωτοδίοδος



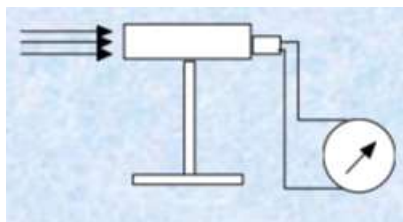
Εικόνα 7: Φωτοδίοδος [53]

- Φασματοραδιόμετρο



Εικόνα 8: Φασματοραδιόμετρο [53]

- Πυροηλεκτρικός κρύσταλλος



Εικόνα 9: Πυροηλεκτρικός κρύσταλλος [53]

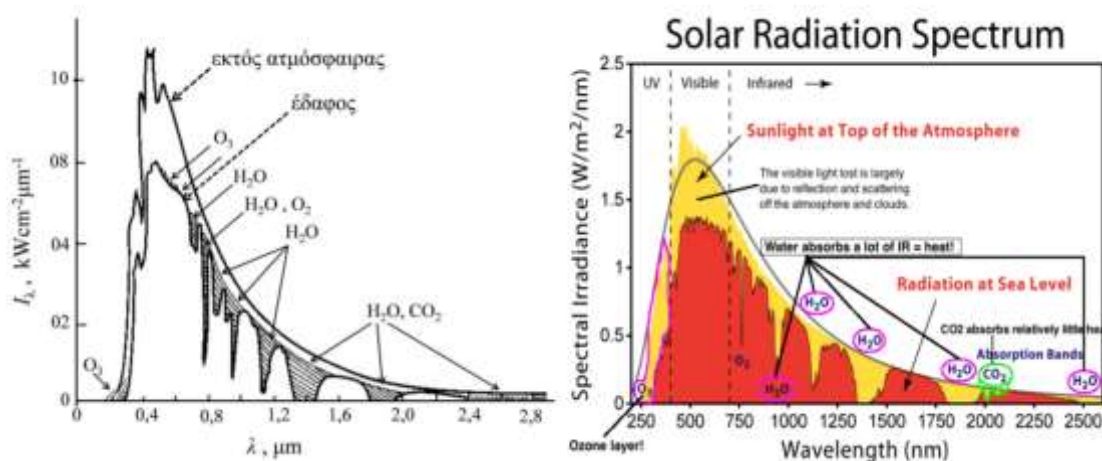
Παρότι ο ήλιος παρουσιάζει διακυμάνσεις στη δραστηριότητά του σε κλίμακα χιλιάδων ή εκατομμυρίων χρόνων, στη δική μας μελέτη θα θεωρήσουμε ότι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία φτάνει στα όρια της γήινης ατμόσφαιρας είναι σταθερή (ηλιακή σταθερά). Ως ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι η ενέργεια σε  $W$  στη μονάδα του χρόνου σε επιφάνεια ενός  $m^2$  σε κάθετη πρόσπτωση, από όλο το φάσμα των μηκών κύματος στα οποία εκπέμπει ο ήλιος ( $EN_{\Gamma} = 1367 \text{ W/m}^2$ ). Ένα μέρος αυτής ανακλάται από τα νέφη, την ξηρά και τους ωκεανούς, ένα άλλο κλάσμα σκεδάζεται από τα μόρια και τα αεροπλύματα της ατμόσφαιρας και κάποιο ποσοστό

φτάνει στην επιφάνεια της γης, το τελευταίο αφορά τη μελέτη μας. Σε κάθε μήκος κύματος η ένταση στα όρια της ατμόσφαιρας ή στην επιφάνεια της γης δεν είναι ίδια, γιατί στην ανάκλαση και στην απορρόφηση παίζουν ρόλο η λευκότητα (albedo), η χημική σύσταση της ατμόσφαιρας και η μορφολογία της επιφάνειας της [66].

Πρακτικά, η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στη γη ( $I$ ) υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$I = E/(4*\pi*D^2)$  W/m<sup>2</sup>, όπου  $E = 3,9 * 10^{26}$  W η συνολική ηλιακή ενέργεια και  $D$  ο συντελεστής εκκεντρότητας [28].

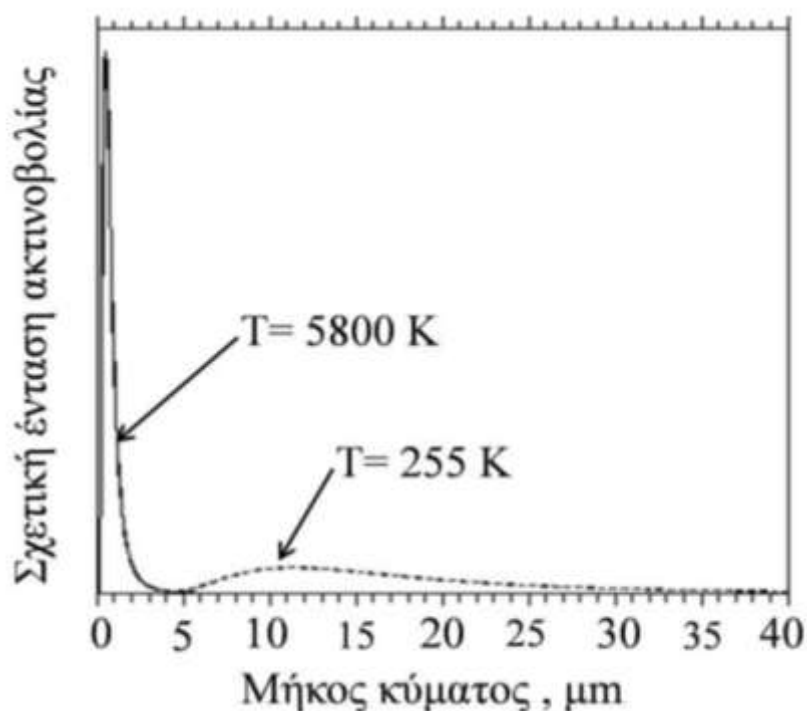
Η ικανότητα της ατμόσφαιρας να απορροφά έντονα την γήινη ηλιακή ακτινοβολία οφείλεται στην ύπαρξη δευτερευόντων συστατικών όπως το CO<sub>2</sub>, οι υδρατμοί και οι άλλες μορφές νερού, αλλά και το O<sub>3</sub> [54]. Σύμφωνα με το νόμο του Kirchhoff ( $\epsilon_\lambda = \alpha_\lambda$ ), η ικανότητα εκπομπής ενός σώματος είναι ίση με την ικανότητα απορρόφησης και επομένως η ατμόσφαιρα θα απορροφά τα μήκη κύματος που εκπέμπει σαν μελανό σώμα, ενώ θα είναι διαφανής στα μήκη κύματος που δεν εκπέμπει [36][37].



Εικόνα 10: Απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα [55]

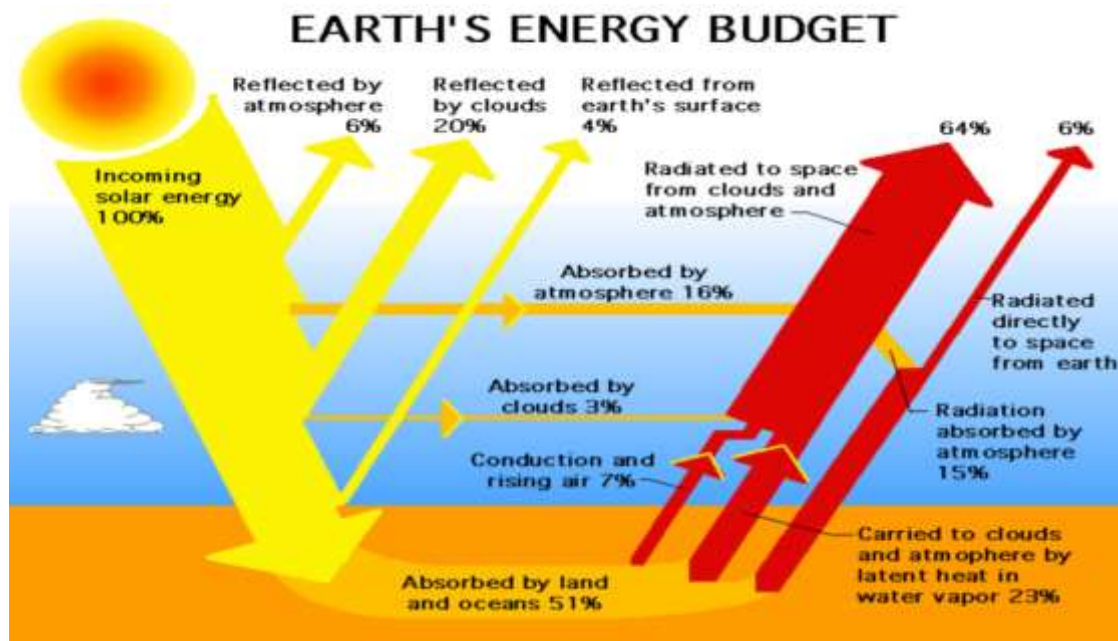
Πιο αναλυτικά, στην Εικόνα 10 παρουσιάζεται η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στα όρια της ατμόσφαιρας της Γης, καθώς και στο έδαφος σε σχέση με τις περιοχές μήκους κύματος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, καθώς και οι περιοχές απορρόφησης των βασικών ατμοσφαιρικών συστατικών. Η εξωτερική καμπύλη του σχήματος δείχνει την κατανομή του εξωατμοσφαιρικού ηλιακού φωτός, δηλαδή του φωτός το οποίο δεν αλλοιώνεται από την παρεμβολή της γήινης

ατμόσφαιρας [57][68]. Ταυτόχρονα, επεξηγούνται και οι εσωτερικές καμπύλες του ηλιακού φάσματος, οι οποίες οφείλονται σε απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα, το νερό ή άλλες χημικές ενώσεις.



Εικόνα 11: Εκπομπή ηλιακής ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα [55]

Στην Εικόνα 11 εμφανίζονται δύο καμπύλες ακτινοβολίας, μια για το έδαφος της Γης με  $T=255 \text{ K}$  (πραγματική) και μια για την επιφάνεια του Ήλιου με  $T=5800 \text{ K}$  (ως μελανό σώμα). Παρατηρούμε ότι το φάσμα της ακτινοβολίας έχει τη μορφή φθίνουσας καμπύλης, γεγονός που επισημαίνει ότι αν δεν υπήρχε η ατμόσφαιρα η Γη θα εξέπεμπε ως μελανό σώμα και η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία θα μπορούσε να εξισορροπηθεί από πολύ μικρότερη θερμοκρασία εδάφους [56][68].



Εικόνα 12: Εισερχόμενη και εξερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία από τη Γη [58]

Στην Εικόνα 12 παρουσιάζονται συνοπτικά οι διαδικασίες που γίνονται κατά την εισαγωγή και κατά την εξαγωγή των ηλιακών ακτινών στη Γη. Ειδικότερα, από τη συνολική ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στη Γη ένα μέρος ανακλάται από την ατμόσφαιρα, τα σύννεφα και την επιφάνεια της Γης ενώ, ένα άλλο μέρος απορροφάται από την ατμόσφαιρα, τα σύννεφα, το έδαφος και τους ωκεανούς. Αντιθέτως, το μεγαλύτερο ποσοστό της εξερχόμενης ακτινοβολίας διαχέεται στο διάστημα μέσω των σύννεφων και της ατμόσφαιρας.

## 2. Υετός – Βροχόπτωση

Υετός – Βροχόπτωση ονομάζεται κάθε πτώση ή εναπόθεση στο έδαφος προϊόντων του ύδατος (σε υγρή ή στερεά μορφή), τα οποία προέρχονται από συμπύκνωση των υδρατμών της ατμόσφαιρας. Κυριότερες μορφές του υετού είναι η βροχή, το χιονόνερο, το χαλάζι, το χιόνι κ.α. Οι παραπάνω μορφές ονομάζονται και υδατώδη μετεωρολογικά κατακρημνίσματα, ή ατμοσφαιρικά υδατώδη κατακρημνίσματα, ή απλά κατακρημνίσματα ή και υδρομετέωρα όταν αναφέρονται στη μετεωρολογία [43][44].

Για τη μέτρηση της ποσότητας του ύδατος που πέφτει στο έδαφος υπό οποιαδήποτε μορφή του υετού χρησιμοποιείται ένα ειδικό όργανο που λέγεται βροχόμετρο, το οποίο εκφράζει το ύψος που θα αποκτούσε το νερό (σε

χιλιοστά – mm ή εκατοστά – cm) εάν αυτό δεν εξατμίζοταν ή δεν το απορροφούσε το έδαφος ή δεν διέρρεε στη θάλασσα. Επιπλέον, με το βροχόμετρο μετριέται και η ένταση της βροχόπτωσης με βάση τα χιλιοστά βροχής που πέφτουν ανά ώρα, ενώ ραντάρ μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση ποσοστών ποσοτήτων των κατακρημνίσεων [11][12]. Άλλο ένα όργανο, εκτός του βροχόμετρου, είναι και το αυτογραφικό όργανο, ο βροχογράφος.



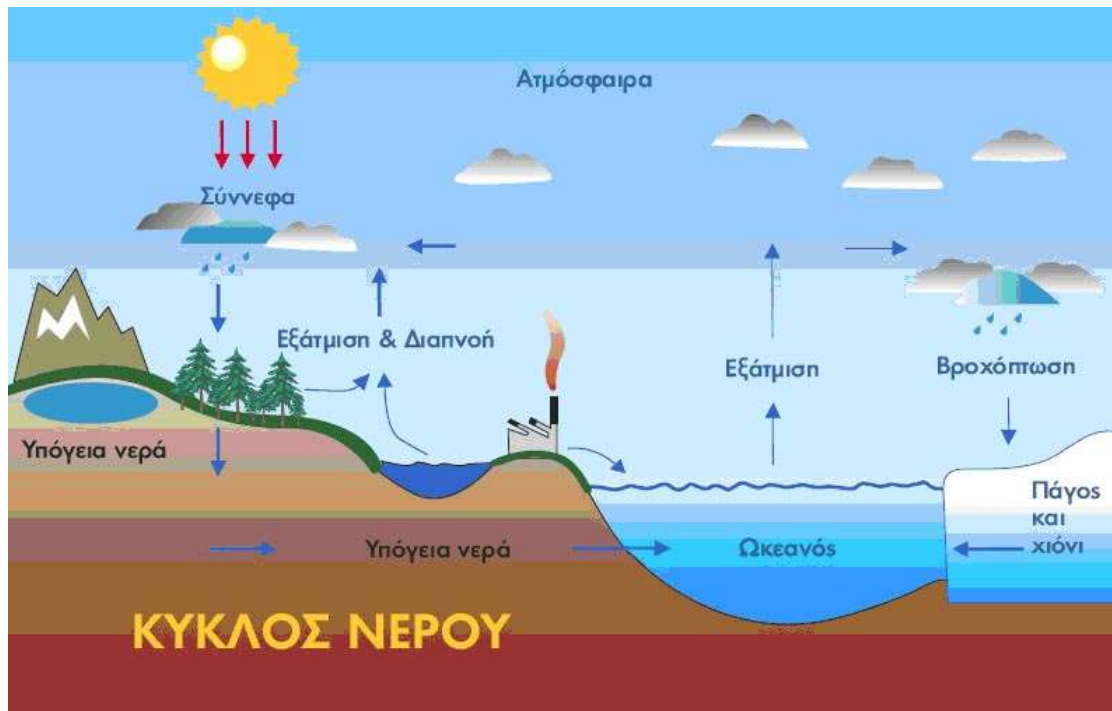
**Εικόνα 13: Βροχόμετρο [59]**





**Εικόνα 14: Βροχογράφος [60]**

Η συνεχής ανακύκλωση του νερού της Γης μέσα στην υδρόσφαιρα, στην ατμόσφαιρα και στη λιθόσφαιρα αποτελεί τον κύκλο του νερού, ο οποίος απεικονίζεται στην Εικόνα 15. Η συνεχής αυτή κυκλική διαδικασία του κύκλου του νερού επιτυγχάνεται λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας.



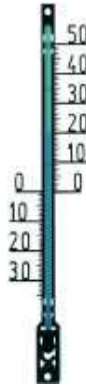
Εικόνα 15: Ο κύκλος του νερού [29]

Για να συμβεί το φαινόμενο του νετού στη Γη, χρειάζεται ένα πυκνό στρώμα της ατμόσφαιρας με θερμοκρασία πάνω από το σημείο τήξης του νερού (δηλαδή πάνω από  $0^{\circ}\text{C}$ ) σχετικά κοντά στην επιφάνεια της Γης. Η συγκέντρωση των ατμοσφαιρικών υδρατμών πρέπει να είναι αρκετά υψηλή, ώστε αυτοί να υγροποιηθούν και να σχηματίσουν σταγόνες υγρού νερού, αρκετά βαριές ώστε να πέσουν ως την επιφάνεια. Επισημαίνεται ότι η ομίχλη, η πάχνη και η δρόσος δεν ανήκουν στις μορφές του νετού [10][44].

### 3. Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία είναι το κύριο χαρακτηριστικό της ατμόσφαιρας. Η θερμοκρασία είναι ο βασικός συντελεστής, ο οποίος καθορίζει το κλίμα, τη βλάστηση, τη ζωή σε ένα τόπο. Η θερμοκρασία μετριέται με τα θερμόμετρα σε βαθμούς Κελσίου ( $^{\circ}\text{C}$ ). Εκτός από τα κοινά ενδεικτικά θερμόμετρα, η μετεωρολογία χρησιμοποιεί και ειδικά θερμόμετρα, όπως τα θερμόμετρα μεγίστου και ελαχίστου, που δείχνουν τη μέγιστη και την ελάχιστη θερμοκρασία από την τελευταία τους ρύθμιση. Έτσι αν αυτά τα μηδενίζουμε ημερησίως θα μετράνε τη μέγιστη και την ελάχιστη θερμοκρασία του 24ωρου [13][45].





Εικόνα 16: Θερμόμετρο [61]

Παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται η θερμοκρασία ενός τόπου είναι [30][46]:

- Η ένταση και η διάρκεια της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, όπως διάχυση.
- Η απόσταση του τόπου από την θάλασσα.
- Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας του εδάφους.
- Η δυνατότητα και η συχνότητα μεταφοράς στο τόπο αυτό ποσοτήτων θερμότητας με οριζόντιες και κατακόρυφες κινήσεις
- Οι συναλλαγές θερμότητας επιφάνειας γης – ατμόσφαιρας.
- Τα θαλάσσια ρεύματα.
- Το υψόμετρο.

#### 4. Ειδική Υγρασία

Η υγρασία της ατμόσφαιρας προέρχεται από την εξάτμιση του νερού της επιφάνειας της γης (θάλασσες, λίμνες, ποτάμια, υγρασία εδάφους, αναπνοή φυτών και ζώων). Η εξάτμιση είναι μεγαλύτερη όσο ο αέρας είναι θερμότερος και ξηρότερος [49]. Η υγρασία έχει μεγάλη σημασία για το κλίμα, τη βλάστηση και τη ζωή ενός τόπου. Μετράται με τα ψυχρόμετρα ή τα υγρόμετρα, τα οποία δείχνουν πόσους υδρατμούς περιέχει η ατμόσφαιρα επί της εκατό (όπου 100 θεωρούνται οι υδρατμοί οι οποίοι θα περιέχονταν για την ίδια θερμοκρασία αν είχαμε κορεσμό) [13]. Η υγρασία μετράται επίσης σε παγκόσμια κλίμακα χρησιμοποιώντας τους απομακρυσμένους δορυφόρους. Οι δορυφορικές απεικονίσεις υδρατμών διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο

στην παρακολούθηση των κλιματικών συνθηκών (όπως ο σχηματισμός καταιγίδων) και στην εκπόνηση μετεωρολογικών προβλέψεων [15][48].



Εικόνα 17: Ψυγρόμετρο [62]



Εικόνα 18: Υγρόμετρο [63]

Η ειδική υγρασία (ή η περιεκτικότητα σε υγρασία) είναι ο λόγος της μάζας του υδρατμού προς τη συνολική μάζα του αέριου σώματος. Ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει υδρατμούς σε διαφορετική ποσότητα από τόπο σε τόπο και από ώρα σε ώρα. Ο αέρας όμως δεν είναι δυνατόν να περιέχει απεριόριστη ποσότητα υδρατμών, αλλά για κάθε θερμοκρασία υπάρχει μια μέγιστη δυνατή περιεκτικότητα υδρατμών [14]. Όταν ο αέρας περιέχει τη μέγιστη τέτοια ποσότητα ονομάζεται κορεσμένος. Καθώς μειώνεται η θερμοκρασία, μειώνεται επίσης η ποσότητα του υδρατμού που απαιτείται για την επίτευξη του κορεσμού. Επισημαίνεται ότι, η ειδική υγρασία δεν μεταβάλλεται

καθώς η θερμοκρασία ή η πίεση ενός αέριου σώματος αλλάζει, αρκεί η υγρασία να μην προστεθεί ή να μην απομακρυνθεί από αυτήν [47].

Σημείωση: Οι μεταβλητές που αναλύονται παραπάνω επιλέχθηκαν γιατί μας δίνουν κάποιες πρώτες ενδείξεις για την κλιματική αλλαγή της μελετώμενης περιοχής.



## Κεφάλαιο 2°

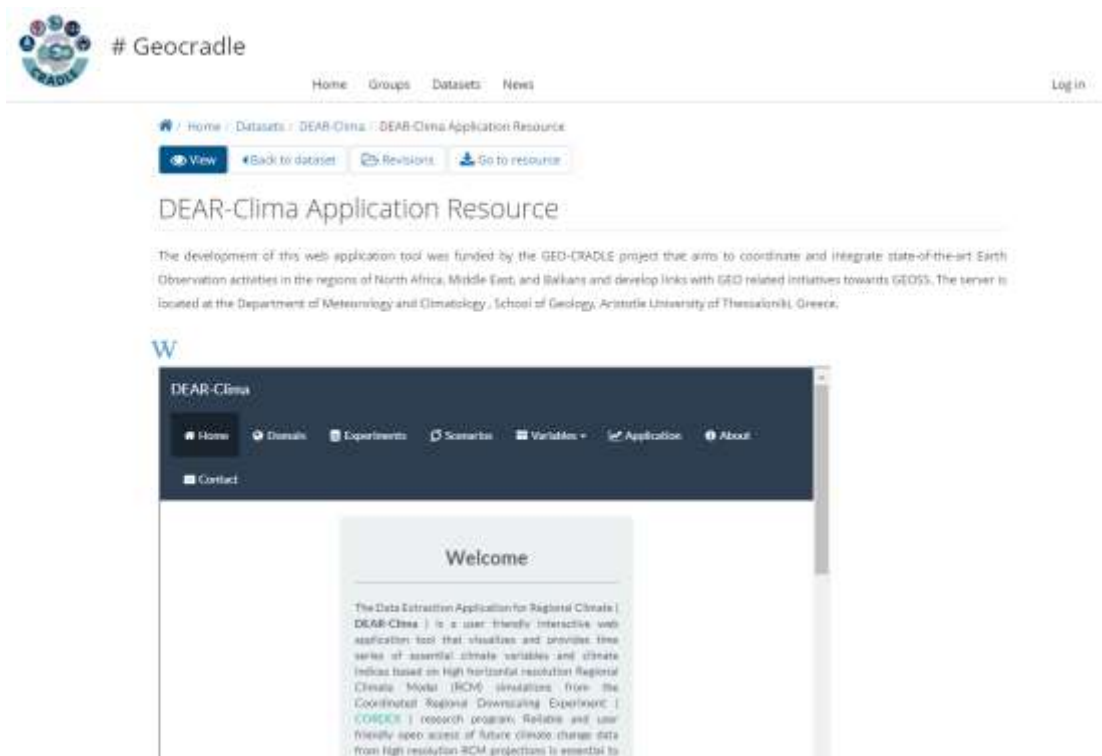
### Α' Μέρος: Πηγές Δεδομένων

Τα δεδομένα προέρχονται από το μετεωρολογικό σταθμό που βρίσκεται στο 3° Γενικό Λύκειο Λαμίας με συντεταγμένες: γεωγραφικό πλάτος 38.90364° N, γεωγραφικό μήκος 22.44613° E και υψόμετρο 107 μέτρα. Για τον εντοπισμό της συγκεκριμένης τοποθεσίας χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα meteo [31], ενώ η λήψη και η αξιολόγηση των δεδομένων έγινε με το πρόγραμμα Dear Clima [5]. Οι μεταβλητές και οι παράμετροι που λήφθηκαν από το Dear Clima διακρίνονται σε δύο περιόδους, την ιστορική και τη μελλοντική.

Το meteo πρόκειται για μια ηλεκτρονική ιστοσελίδα καταγραφής και πρόβλεψης του καιρού για διάφορες περιοχές της Ελλάδας, αλλά και γειτονικών χωρών.

Το Dear Clima (Data Extraction Application for Regional Climate) βασίζεται στο πρόγραμμα CORDEX (Coordinated Regional Downscaling Experiment) και παρέχει την απεικόνιση χρονοσειρών βασικών κλιματικών μεταβλητών και κλιματικών δεικτών που στηρίζονται σε προσομοιώσεις Περιφερειακού Κλιματικού Μοντέλου (Regional Climate Model – RCM). Το συγκεκριμένο διαδικτυακό εργαλείο είναι φιλικό προς το χρήστη και δίνει τη δυνατότητα αξιόπιστης και εύχρηστης ανοιχτής πρόσβασης των μελλοντικών δεδομένων που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή. Μ' αυτό τον τρόπο γίνεται η κατάλληλη επεξεργασία των δεδομένων που λαμβάνονται από τους διάφορους φορείς και αναφέρονται στην αλλαγή του κλίματος.

Το GRO-CRADLE χρηματοδότησε την ανάπτυξη του DEAR-Clima, που αποσκοπεί στο συντονισμό και την ενσωμάτωση των σύγχρονων δραστηριοτήτων γεωσκόπησης στις περιοχές της Βόρειας Αφρικής, της Μέσης Ανατολής και των Βαλκανίων. Ο διακομιστής, για την εξυπηρέτηση των παραπάνω αναγκών, βρίσκεται στο Τμήμα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας της Σχολής Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης [6]. Στο DEAR-Clima υποβάλλονται δεδομένα RCM που έχουν υψηλή χωρική ανάλυση (0.11°) πάνω από τον ευρωπαϊκό φλοιό και καλύπτουν μια χρονική περίοδο από το 1950 έως το 2100, ενώ τα πειράματα προσομοίωσης που γίνονται είναι ένα προϊόν διαφόρων RCMs, που κατευθύνονται από αρκετά GCMs (Global Climate Models).



Εικόνα 19: Παράδειγμα απεικόνισης του προγράμματος Dear-Clima [6]

Όσον αφορά την ιστορική περίοδο, αυτή εξελίσσεται από το 1950 έως το 2005, δηλαδή μετά το 1940 – 45 (Β' Παγκόσμιος Πόλεμος), οπότε έγινε αισθητή η ρύπανση και η λεγόμενη κλιματική αλλαγή. Συγκρίνουμε τις εκτιμήσεις των μοντέλων και τις παρατηρήσεις με βάση την ιστορική περίοδο μετά το 1950, διότι η προηγούμενη περίοδος αποτελεί μια βάση αναφοράς. Δηλαδή, στην κλιματολογία μιλάμε πάντοτε για σχετικές μεταβολές μεταβλητών ως προς ένα χρονικό διάστημα αναφοράς.

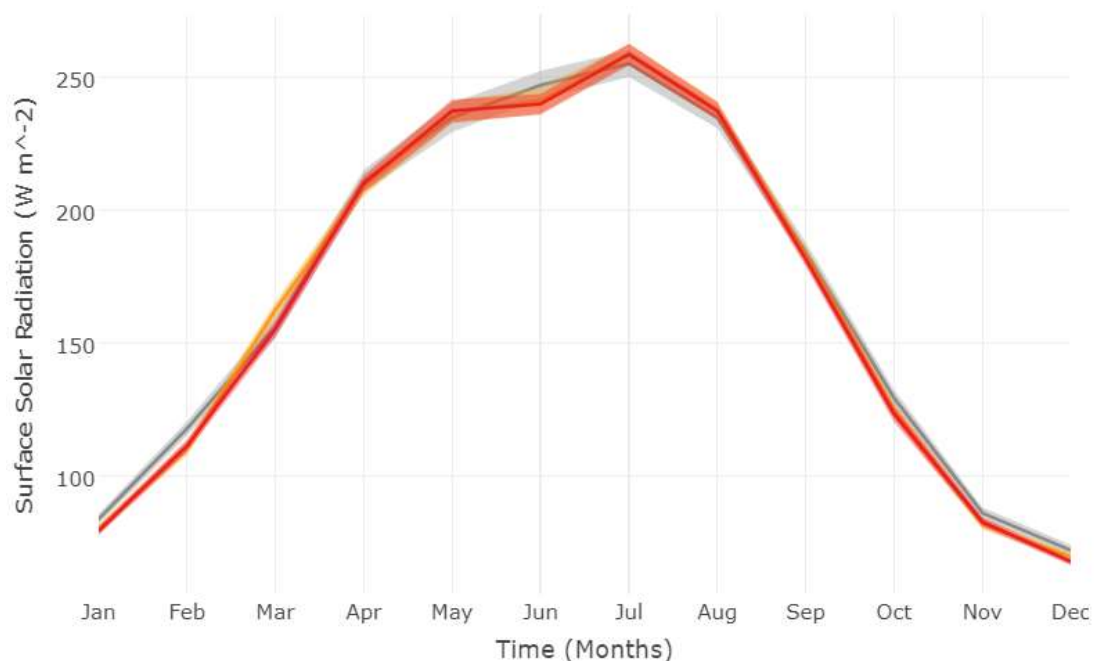
Η μελλοντική περίοδος είναι από το 2006 έως το 2100 και περιλαμβάνει μοντέλα υπό την επίδραση των RCPs (Representative Concentration Pathways). Υπάρχουν τρία είδη σεναρίων RCPs: RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5, που το καθένα περιγράφει μια μελλοντική πορεία συγκέντρωσης αερίων θερμοκηπίου μέχρι το έτος 2100 και την πιθανή εκπεμπόμενη ακτινοβολία που θα προκληθεί σε σχέση με την προ-βιομηχανική περίοδο [5].

Πιο συγκεκριμένα, το RCP2.6 στοχεύει μέχρι τα τέλη του 21ου αιώνα να ελαχιστοποιήσει την αύξηση της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας κατά 2° C. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, το σενάριο υποθέτει ότι από την περίοδο 2010 έως 2100 υπάρχει μείωση στην εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου κατά 70% σε σύγκριση με ένα βασικό σενάριο [7].

Σκοπός του σεναρίου RCP4.5 είναι η σταθεροποίηση της παγκόσμιας ακτινοβολίας σε  $4.5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  (ισοδύναμο με 650ppm  $\text{CO}_2$ ), χωρίς να γίνει οποιαδήποτε υπέρβαση από αυτή την τιμή μέχρι το έτος 2100. Η εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου κορυφώνεται το 2040 και αρχίζει να μειώνεται από αυτό το σημείο. Το RCP4.5 έχει σχεδιαστεί ώστε να είναι αποδοτικό ως προς το κόστος, εστιάζοντας στην επίτευξη του στόχου που επιβάλλει η ακτινοβολία [8].

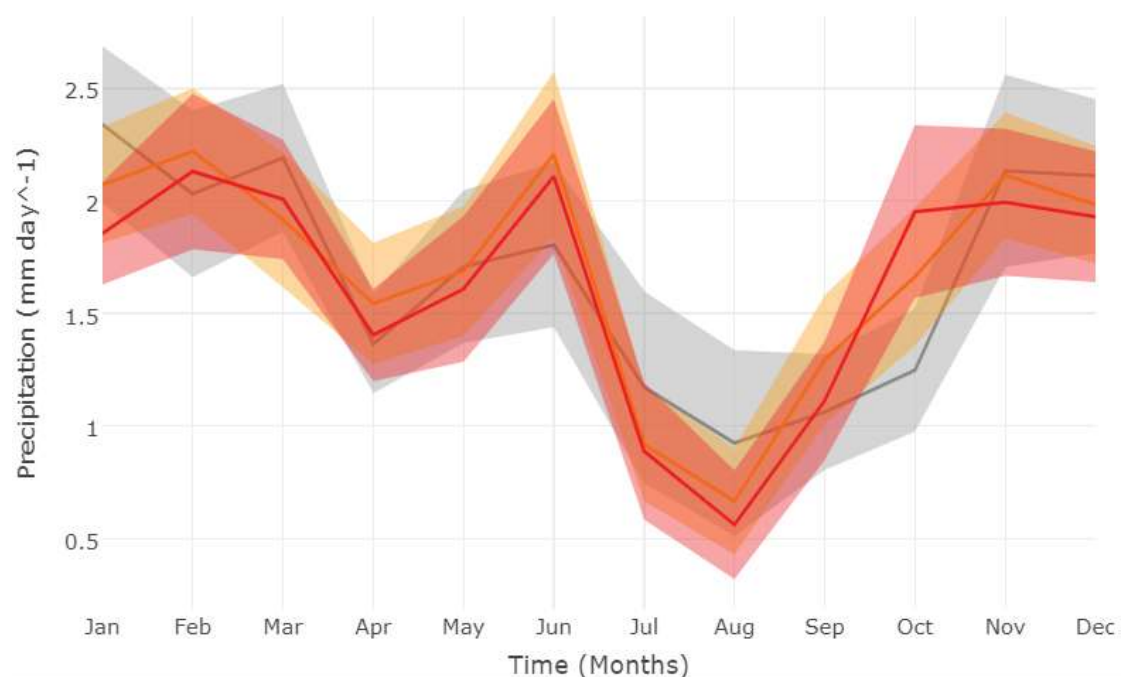
Ο υψηλός παγκόσμιος πληθυσμός, η έλλειψη πολιτικών για το περιβάλλον και η αλλαγή του κλίματος, η σχετικά χαμηλή οικονομική ευημερία σε συνδυασμό με τον μέτριο ρυθμό τεχνολογικών εξελίξεων αποτελούν πτυχές του σεναρίου RCP8.5, ώστε να επιλυθούν αποτελεσματικά οι ενεργειακές απαιτήσεις. Γι' αυτό το λόγο, θεωρείται ότι οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου αυξάνονται ραγδαία καθ' όλη τη διάρκεια του 21ου αιώνα, αυξάνοντας ταυτόχρονα και την ακτινοβολία αερίων του θερμοκηπίου που αναγκαστικά φτάνουν τα  $8.5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  σε σχέση με την προβιομηχανική περίοδο [9].

Οι εικόνες που ακολουθούν δίνονται από το ίδιο το πρόγραμμα Dear-Clima και σχετίζονται με την απεικόνιση κάθε παραμέτρου σε σχέση με το χρόνο και πιο συγκεκριμένα με το μήνα. Σε κάθε εικόνα υπάρχουν τρεις καμπύλες. Η γκρι καμπύλη εκφράζει την ιστορική περίοδο, η πορτοκαλί καμπύλη αναπαριστά το RCP4.5 και η κόκκινη το RCP8.5.



Εικόνα 20: Αναπαράσταση επιφανειακής ηλιακής ακτινοβολίας σε σχέση με το μήνα [6]

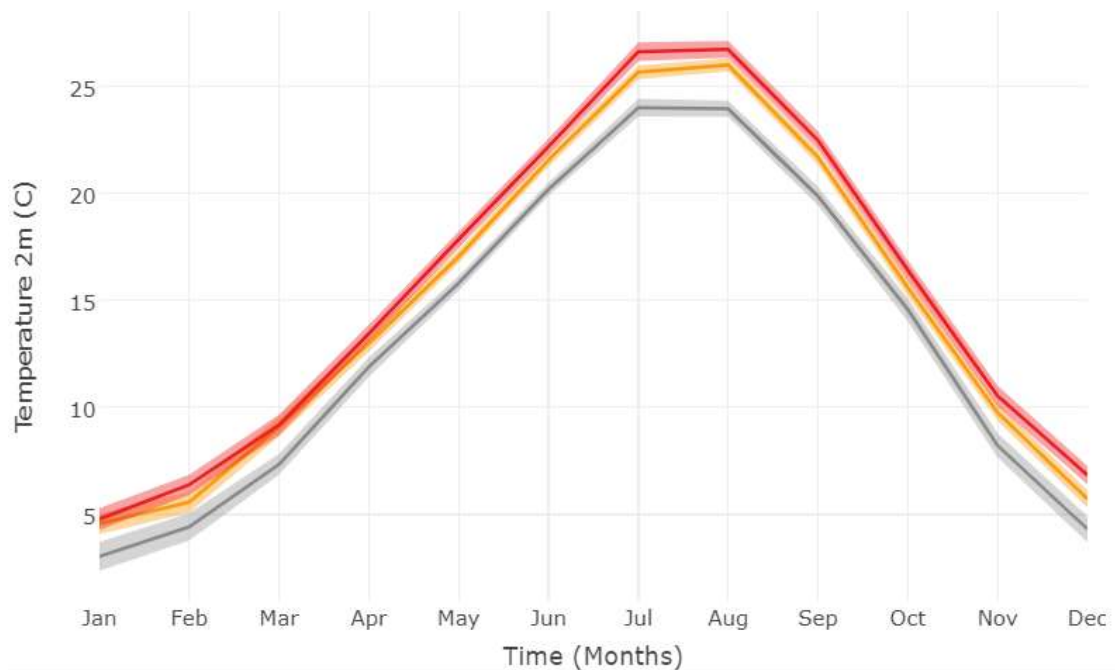
Στην Εικόνα 20 παρατηρούμε ότι η ιστορική περίοδος (γκρι καμπύλη) και το σενάριο RCP4.5 (πορτοκαλί καμπύλη), δεν παρουσιάζουν διακυμάνσεις μεταξύ τους. Αντιθέτως, το σενάριο RCP8.5 (κόκκινη καμπύλη) παρουσιάζει μια μεταβολή από την ομαλότητα της καμπύλης κατά το μήνα Ιούνιο.



**Εικόνα 21: Αναπαράσταση υετού σε σχέση με το μήνα [6]**

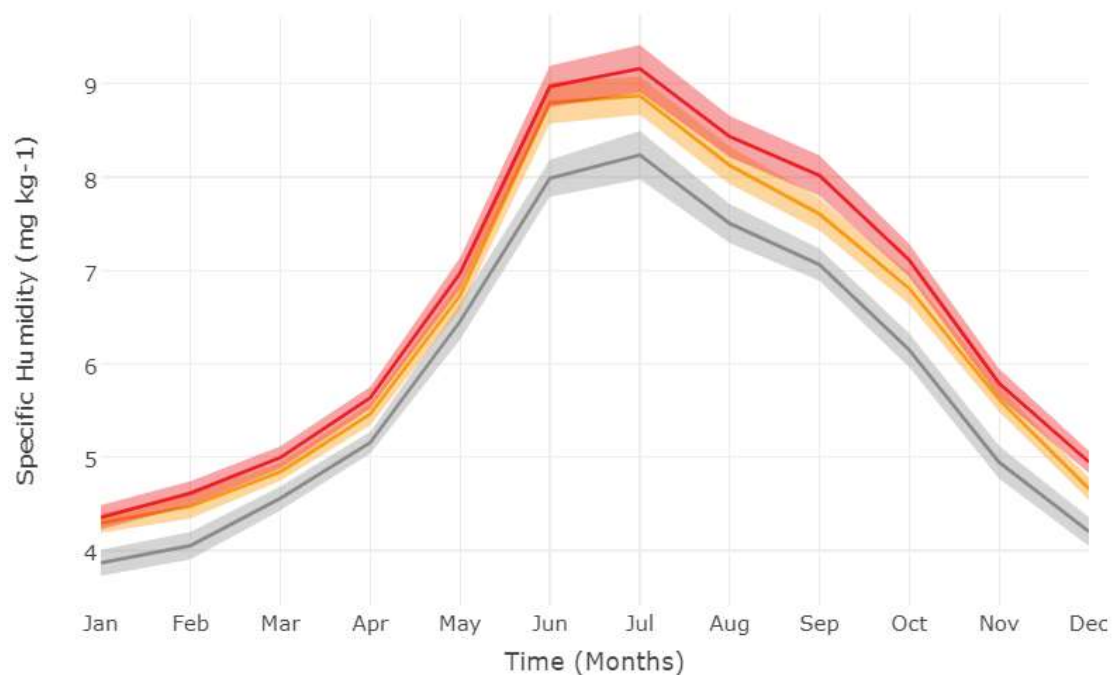
Στην Εικόνα 21 παρατηρούνται μεταβολές και στα δυο σενάρια RCP4.5 και RCP8.5 (πορτοκαλί και κόκκινη καμπύλη αντίστοιχα), σε σύγκριση με την ομαλή πορεία που παρουσιάζει η ιστορική περίοδος (γκρι καμπύλη). Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές τους μήνες Ιούνιο και Αύγουστο.





Εικόνα 22: Αναπαράσταση θερμοκρασίας σε σχέση με το μήνα [6]

Η Εικόνα 22 δείχνει μια ομαλή μεταβολή στις τιμές και για τις τρεις καμπύλες. Τα σενάρια RCP4.5 και RCP8.5 (πορτοκαλί και κόκκινη καμπύλη αντίστοιχα) δεν παρουσιάζουν αποκλίσεις από την ιστορική περίοδο (γκρι καμπύλη), το μόνο που παρατηρείται είναι το ύψος των καμπυλών των σεναρίων RCP4.5 και RCP8.5 που είναι ελαφρώς μεγαλύτερο. Το γεγονός αυτό δεν μας προκαλεί έκπληξη, καθώς τα σενάρια εικάζουν υψηλότερες τιμές σε σύγκριση με την ιστορική περίοδο.



Εικόνα 23: Αναπαράσταση ειδικής υγρασίας σε σχέση με το μήνα [6]

Ομοίως με την Εικόνα 22, στην Εικόνα 23 δεν παρατηρούμε μεγάλες διαφορές στην ομαλότητα των τριών καμπυλών. Η διαφορά στο ύψος των καμπυλών των σεναρίων και της καμπύλης της ιστορικής περιόδου συμβαίνει εξαιτίας της υπερτίμησης των τιμών που προβλέπουν και τα δύο σενάρια.

Τα μοντέλα που εξετάζονται σ' αυτή τη διπλωματική εργασία ανήκουν σε διαφορετικές κατηγορίες και είναι τα εξής:

- Το Περιφερειακό Κλιματικό Μοντέλο (Regional Climate Model – RCM) και συγκεκριμένα το μοντέλο CLMcom-CCLM4-8-17
- Το Παγκόσμιο Κλιματικό Μοντέλο (Global Climate Model – GCM) και ειδικότερα το μοντέλο CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

Ένα RCM είναι ένα μοντέλο αριθμητικής κλιματικής πρόβλεψης που βασίζεται σε συγκεκριμένες πλευρικές και ωκεάνιες συνθήκες από ένα GCM ή ένα σύνολο δεδομένων βασισμένο σε παρατήρηση (ανασκόπηση) που προσομοιώνει τις ατμοσφαιρικές και χερσαίες διεργασίες, τοπογραφικά δεδομένα ανάλυσης, αντιθέσεις χερσαίων και θαλάσσιων επιφανειών, χαρακτηριστικά επιφάνειας και άλλα στοιχεία του συστήματος της Γης. Τα RCM καλύπτουν μόνο ένα περιορισμένο πεδίο, πιο συγκεκριμένα λειτουργούν με την αύξηση της ανάλυσης του GCM σε μια μικρή, περιορισμένη περιοχή ενδιαφέροντος. Για παράδειγμα, ένα RCM μπορεί να καλύπτει μια περιοχή μεγέθους της Δυτικής Ευρώπης ή της Νότιας Αφρικής - συνήθως 5000 χιλιόμετρα x 5000 χιλιόμετρα. Το πλήρες GCM καθορίζει τις πολύ μεγάλες επιπτώσεις των μεταβολών των συγκεντρώσεων αερίων θερμοκηπίου και των ηφαιστειακών εκρήξεων στο παγκόσμιο κλίμα [23].

Στις περιοχές όπου η επιφάνεια της γης είναι επίπεδη για χιλιάδες χιλιόμετρα και δεν υπάρχει σχεδόν οτιδήποτε κοντά στον ωκεανό, η χονδρική ανάλυση ενός GCM μπορεί να είναι αρκετή για να προσομοιώσει με ακρίβεια τις καιρικές μεταβολές. Ωστόσο, οι περισσότερες εκτάσεις γης έχουν βουνά, ακτογραμμές και μεταβαλλόμενα χαρακτηριστικά της βλάστησης σε πολύ μικρότερες κλίμακες και τα RCM μπορούν να αντιπροσωπεύουν τις επιπτώσεις τους σε καιρικές συνθήκες πολύ καλύτερα από τα GCM. Γι' αυτό το λόγο οι λύσεις που δίνουν τα RCM μπορεί να είναι ασυμβίβαστες ή

ακόμα και προβληματικές σε ορισμένες εφαρμογές σε σχέση με τις λύσεις που παρέχουν τα μοντέλα GCM [24].

Το περιφερειακό κλιματικό μοντέλο CCLM4-8-17 που παρέχεται από την CLMcom σχετίζεται με την Ευρώπη και εξετάζει τα δεδομένα των προσομοιώσεων CORDEX σε υψηλή ανάλυση (EUR-11). Κάθε σύνολο δεδομένων περιέχει μια μόνο μεταβλητή και μορφοποιείται σύμφωνα με το πρωτόκολλο δεδομένων CORDEX: συμπιεσμένο NetCDF-4, συμβατό με CF-1.4, με χαρακτηριστικά και ονόματα αρχείων σύμφωνα με την καθορισμένη σύνταξη αναφοράς δεδομένων CORDEX. Τα δεδομένα παρέχονται στο υπολογιστικό (φυσικό) πλέγμα του μοντέλου. Περιλαμβάνει την αξιολόγηση των πειραμάτων, ιστορικό, rcp26, rcp45 και rcp85 χρησιμοποιώντας δεδομένα εξορύξεως που προέρχονται από τις εξόδους μοντέλου CMIP5 των MPI-ESM-LR, EC-EARTH, CNRM-CM5 και HadGEM2-ES [18].

Τα αριθμητικά μοντέλα GCM αντιπροσωπεύουν τις φυσικές διεργασίες στην ατμόσφαιρα, στον ωκεανό και στην επιφάνεια της γης, ενώ αποτελούν τα πιο προηγμένα εργαλεία που διατίθενται σήμερα για την προσομοίωση της αντίδρασης του παγκόσμιου κλιματικού συστήματος στην αύξηση των συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου. Τα κλιματικά μοντέλα διαιρούν την επιφάνεια της Γης σε ένα οριζόντιο πλέγμα, την ατμόσφαιρα σε κατακόρυφα επίπεδα και το χρόνο σε ξεχωριστές χρονικές στιγμές. Ειδικότερα, τα GCM απεικονίζουν το κλίμα χρησιμοποιώντας ένα τρισδιάστατο πλέγμα σε όλο τον πλανήτη, τυπικά με οριζόντια ανάλυση μεταξύ 250 και 600 χλμ., 10 έως 20 κάθετα στρώματα στην ατμόσφαιρα και μερικές φορές μέχρι 30 στρώματα στους ωκεανούς. Επομένως, η ανάλυσή τους είναι αρκετά χονδροειδής σε σχέση με την κλίμακα των μονάδων έκθεσης στις περισσότερες εκτιμήσεις επιπτώσεων [25][26].

Ένας βασικός περιορισμός των GCM είναι η αρκετά χονδροειδής οριζόντια ανάλυση. Για τον πρακτικό σχεδιασμό τοπικών θεμάτων, όπως είναι οι υδάτινοι πόροι ή η άμυνα κατά των πλημμυρών, οι χώρες απαιτούν πληροφορίες σε πολύ μεγαλύτερη τοπική κλίμακα από ό, τι είναι σε θέση να παρέχουν τα GCM, λύση στο πρόβλημα αυτό παρέχεται από τα RCM [24].

Όσον αφορά το μοντέλο CNRM-CERFACS-CNRM-CM5, το CNRM-GAME και το CERFACS είναι δύο διαφορετικά εργαστήρια, τα οποία συνδέονται με το CNRS (Γαλλικό Εθνικό Κέντρο Ερευνών) και συνεργάζονται από το 1995 για την ανάπτυξη του CNRM-CM. Σχετικά με την εξέλιξη του μοντέλου, η κύρια συμβολή

του CERFACS είναι η σύνδεση και η προσαρμογή του μοντέλου σε προηγμένες πλατφόρμες HPC, ενώ η CNRM επικεντρώνεται σε εξαρτήματα μοντέλου (ατμόσφαιρα, χημεία, επιφάνεια και θαλάσσιο πάγο) και ροή εργασίας προσομοιώσεων. Το CNRM-CM5 είναι η έκδοση CMIP5 του ESM που αναπτύχθηκε από κοινού από το CNRM-GAME (Météo-France / CNRS) και το CERFACS από το 1995 [16].

Το CNRM-CM5 είναι ένα μοντέλο συστήματος γης που σχεδιάστηκε για να τρέξει κλιματικές προσομοιώσεις. Αποτελείται από πολλά υπάρχοντα μοντέλα σχεδιασμένα ανεξάρτητα και συνδεδεμένα μέσω του λογισμικού OASIS που αναπτύχθηκε στο CERFACS. Το CNRM-CM5 είναι σε θέση να προσομοιώνει το παρόν κλίμα και τη μεταβλητότητά του σε χρονοδιαγράμματα που κυμαίνονται από μήνες έως αιώνες. Το CNRM-CM5 είναι ένα θεμελιώδες εργαλείο:

- για τη βελτίωση της κατανόησης του κλιματικού συστήματος
- για την προσομοίωση της ιστορικής περιόδου (1850-σήμερα) και για την εκπόνηση μελετών απονομής της αλλαγής του κλίματος
- για την προσομοίωση του μελλοντικού κλίματος ανάλογα με τα σενάρια των αερίων του θερμοκηπίου
- για την προσομοίωση των παλαιο-κλιμάτων: τελευταίο διακλαδικό (131000-115000 χρόνια πριν από σήμερα), τελευταίο παγετώδες μέγιστο (21000 έτη πριν από σήμερα), μέσον ολοκένιο (6000 χρόνια πριν)
- για την εκτέλεση εποχιακών προβλέψεων [17].

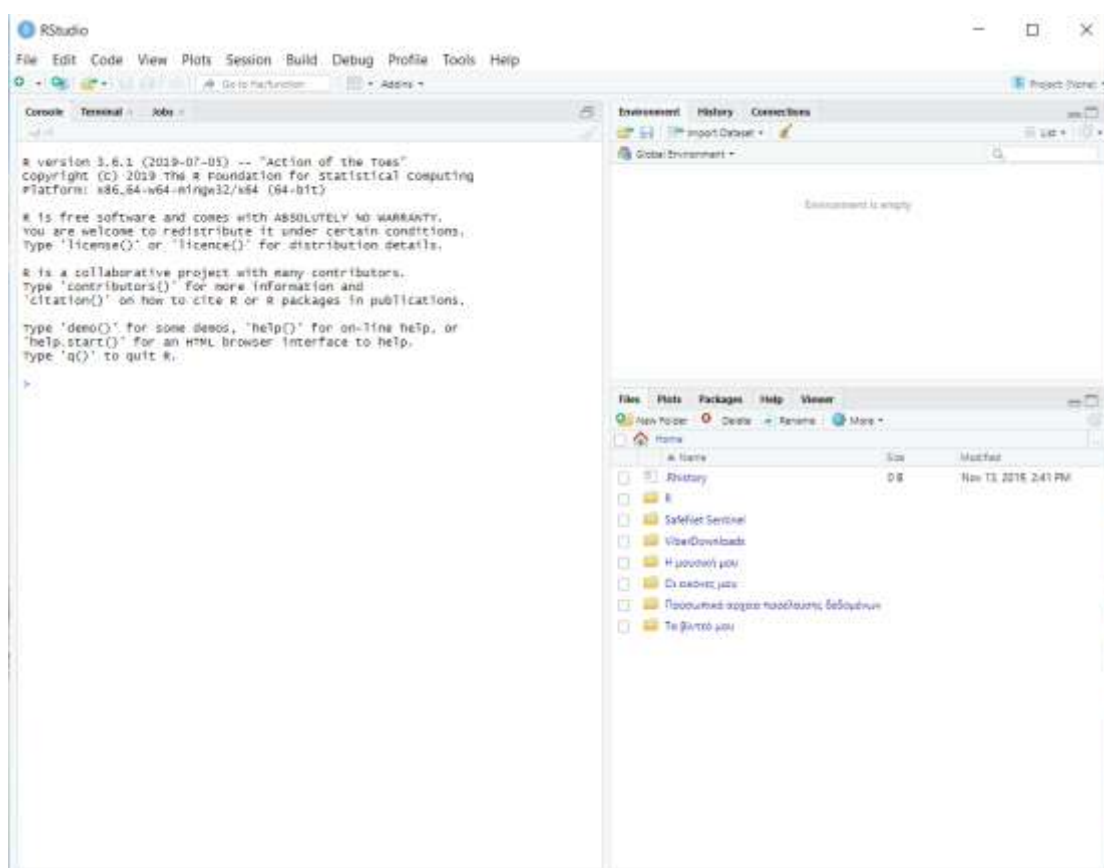
## **B' Μέρος: Μεθοδολογία**

Για την επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν δυο λογισμικά, το R Studio και το SPSS. Το R Studio συνέβαλε στην διεξαγωγή του μέσου εποχικού κύκλου από τα υπάρχοντα δεδομένα, καθώς στηρίζεται στις μέσες μηνιαίες τιμές των μεταβλητών, αλλά και στις χρονοσειρές των αποεποχοποιημένων μέσων μηνιαίων τιμών. Από την άλλη πλευρά το SPSS χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση των ετήσιων τάσεων και της γραμμικής και πολυωνυμικής προσέγγισης των μεταβολών των μεταβλητών με τα αντίστοιχα επίπεδα εμπιστοσύνης.

Αναλυτικότερα, το πρόγραμμα R Studio είναι ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) για την R, μια γλώσσα προγραμματισμού για στατιστική

πληροφορική και γραφικά [19], ενώ αποτελεί ένα φοβερό εργαλείο για την ευκολότερη και ταχύτερη εκπόνηση εργασιών [20][21]. Μερικοί λόγοι χρήσης του R Studio είναι οι εξής:

- Το λογισμικό του λειτουργεί το ίδιο καλά σε όλες τις πλατφόρμες.
- Παρέχει πλήρως εξοπλισμένο επεξεργαστή κειμένου.
- Δυνατότητα εργασίας με γραφική απεικόνιση.
- Ευκολία στη συμπλήρωση ονομάτων αρχείων, ονομάτων λειτουργιών και παραμέτρων.
- Περισσότερο οργανωμένο περιβάλλον εργασίας με την δυνατότητα παράκαμψης παραθύρων [22].



**Εικόνα 24: Παράδειγμα απεικόνισης του προγράμματος R Studio**

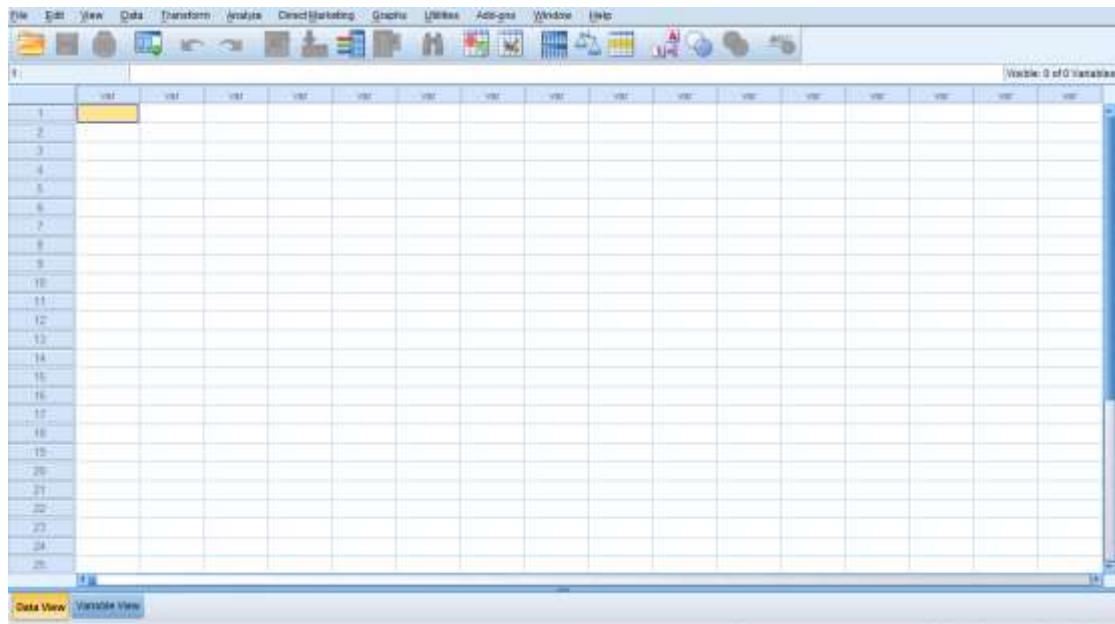
Πιο συγκεκριμένα, κάνοντας χρήση των αρχικών δεδομένων υπολογίστηκαν οι μέσες μηνιαίες τιμές για κάθε παράμετρο ξεχωριστά και στη συνέχεια προέκυψε ο μέσος εποχικός κύκλος. Ο μέσος εποχικός κύκλος αναπαριστά τη «μέση» περιοδική ετήσια συμπεριφορά της εκάστοτε μελετώμενης παραμέτρου. Αφού υπολογίστηκαν τα παραπάνω μεγέθη, επόμενο βήμα ήταν η εύρεση των αποεποχοποιημένων τιμών, ώστε

να παρατηρηθούν τυχόν διακυμάνσεις από το μέσο εποχικό κύκλο χωρίς την ύπαρξη περιοδικότητας. Σύμφωνα με τις αποεποχοποιημένες τιμές προέκυψαν οι ετήσιες τάσεις και ακολούθησε η συσχέτιση τους.

Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων της γραμμικής συσχέτισης μεταξύ των παραμέτρων, αλλά και της πολυωνυμικής προσέγγισης, χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS.

Το SPSS είναι ένα πακέτο από προγράμματα λογισμικού και βασική του εφαρμογή είναι η ανάλυση επιστημονικών δεδομένων. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για έρευνα αγοράς, δημοσκοπήσεις, εξόρυξη δεδομένων κλπ. [39][41]. Ουσιαστικά, το SPSS αποθηκεύει και οργανώνει πρώτα τα παρεχόμενα δεδομένα και κατόπιν συντάσσει το σύνολο δεδομένων για να παράγει την κατάλληλη έξοδο. Ο σχεδιασμός του είναι κατάλληλος, ώστε να μπορεί να χειρίζεται ένα μεγάλο σύνολο διαφορετικών μορφών δεδομένων [40][42]. Μερικά από τα οφέλη χρήσης που προσφέρει το SPSS είναι:

- Καλή διαχείριση και αποκρυπτογράφηση δεδομένων έρευνας.
- Αυτόματη ρύθμιση και εισαγωγή καθορισμένων ονομάτων μεταβλητών και τύπων μεταβλητών, πράγμα που σημαίνει ότι απαιτείται ελάχιστη εργασία από τους ερευνητές.
- Δυνατότητα απεικόνισης αποτελεσμάτων με πληθώρα γραφικών.
- Παροχή ποικιλίας στατιστικών ελέγχων για την καλύτερη επεξεργασία των δεδομένων [40][41].



Εικόνα 25: Παράδειγμα απεικόνισης του στατιστικού πακέτου SPSS

Το διαφορετικό που κάνουμε σε σχέση με τη στατιστική επεξεργασία των ημερήσιων, μηνιαίων και ετήσιων παρατηρήσεων στο Dear-Clima είναι η διερεύνηση του μέσου εποχικού κύκλου και κυρίως της συμπεριφοράς των αποεποχοποιημένων μηνιαίων τιμών ορισμένων μεταβλητών έτσι ώστε να ελαχιστοποιήσουμε την επίδραση των βραχυπρόθεσμων καιρικών μεταβολών, τόσο στις παρατηρήσεις όσο και στα μοντέλα.

### Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>: Αποτελέσματα

#### Α' Μέρος: Εποχικός Κύκλος

Στον μέσο εποχικό κύκλο εξετάζουμε τη μέγιστη τιμή που λαμβάνει η κάθε παράμετρος, καθώς και ποιον μήνα αυτή η τιμή εμφανίζεται. Ταυτόχρονα παρουσιάζεται και το εύρος του εποχικού κύκλου, δηλαδή η διαφορά της μικρότερης τιμής που λαμβάνει η παράμετρος από τη μεγαλύτερη τιμή της.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα του μέσου εποχικού κύκλου για κάθε παράμετρο ξεχωριστά, με βάση την ιστορική περίοδο που αναφέρεται στο 1950-2005.

**Πίνακας 1: Μέσος εποχικός κύκλος για την ιστορική περίοδο 1950-2005**

<b>Παράμετρος</b>	<b>Μέγιστη Τιμή</b>	<b>Μήνας Εμφάνισης</b>	<b>Εύρος Εποχικού Κύκλου - Amplitude</b>
Επιφανειακή Ηλιακή Ακτινοβολία	255,040791919643	Ιούλιος	182,82732
Υετός	2,339295719	Ιανουάριος	1,414919543
Θερμοκρασία	23,98562786	Ιούλιος	20,24676804
Ειδική Υγρασία	8,23670501	Ιούλιος	4,368536166

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα του μέσου εποχικού κύκλου για κάθε παράμετρο ξεχωριστά, με βάση την μελλοντική περίοδο που είναι το 2006-2100 και το μοντέλο Regional Climate Model CLMcom-CCLM4-8-17.

**Πίνακας 2: Μέσος εποχικός κύκλος για το μοντέλο CLMcom-CCLM4-8-17**

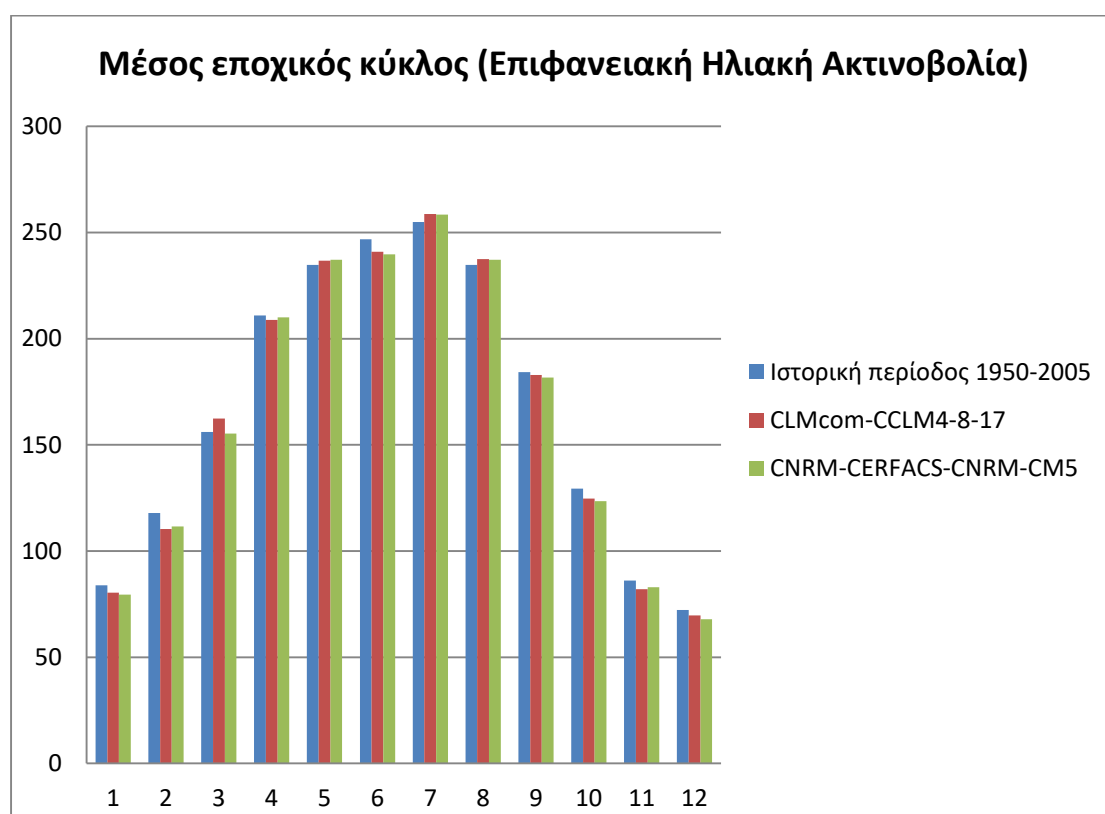
<b>Παράμετρος</b>	<b>Μέγιστη Τιμή</b>	<b>Μήνας Εμφάνισης</b>	<b>Εύρος Εποχικού Κύκλου - Amplitude</b>
Επιφανειακή Ηλιακή Ακτινοβολία	258,711981	Ιούλιος	188,9841016
Υετός	2,221266774	Φεβρουάριος	1,537219998
Θερμοκρασία	25,97850021	Αύγουστος	21,41884986
Ειδική Υγρασία	8,873246032	Ιούλιος	4,577802646

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα του μέσου εποχικού κύκλου για κάθε παράμετρο ξεχωριστά, με βάση την μελλοντική περίοδο που είναι το 2006-2100 και το μοντέλο Global Climate Model (Driver) CNRM-CERFACS-CNRM-CM5.



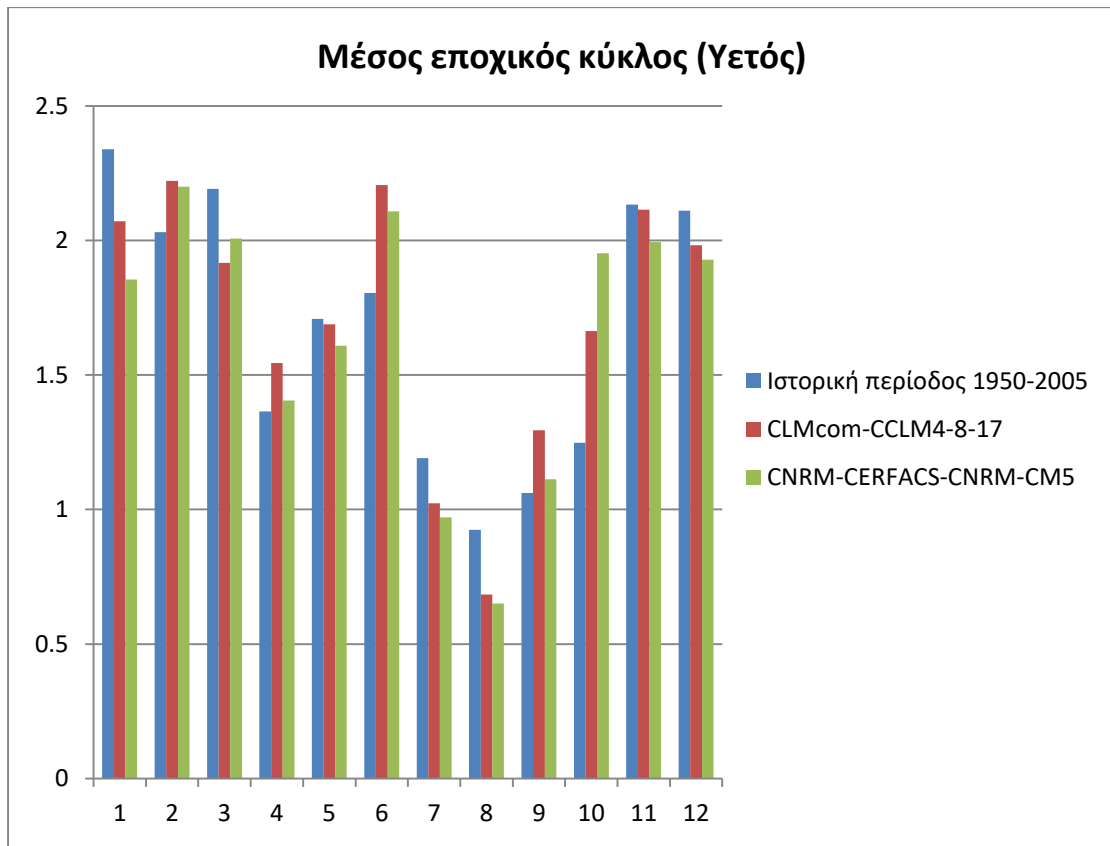
Πίνακας 3: Μέσος εποχικός κύκλος για το μοντέλο CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

Παράμετρος	Μέγιστη Τιμή	Μήνας Εμφάνισης	Εύρος Εποχικού Κύκλου - Amplitude
Επιφανειακή Ηλιακή Ακτινοβολία	258,4183159	Ιούλιος	190,5013337
Υετός	2,200463408	Φεβρουάριος	1,549559233
Θερμοκρασία	26,70765863	Αύγουστος	21,80293247
Ειδική Υγρασία	9,162178552	Ιούλιος	4,80665267



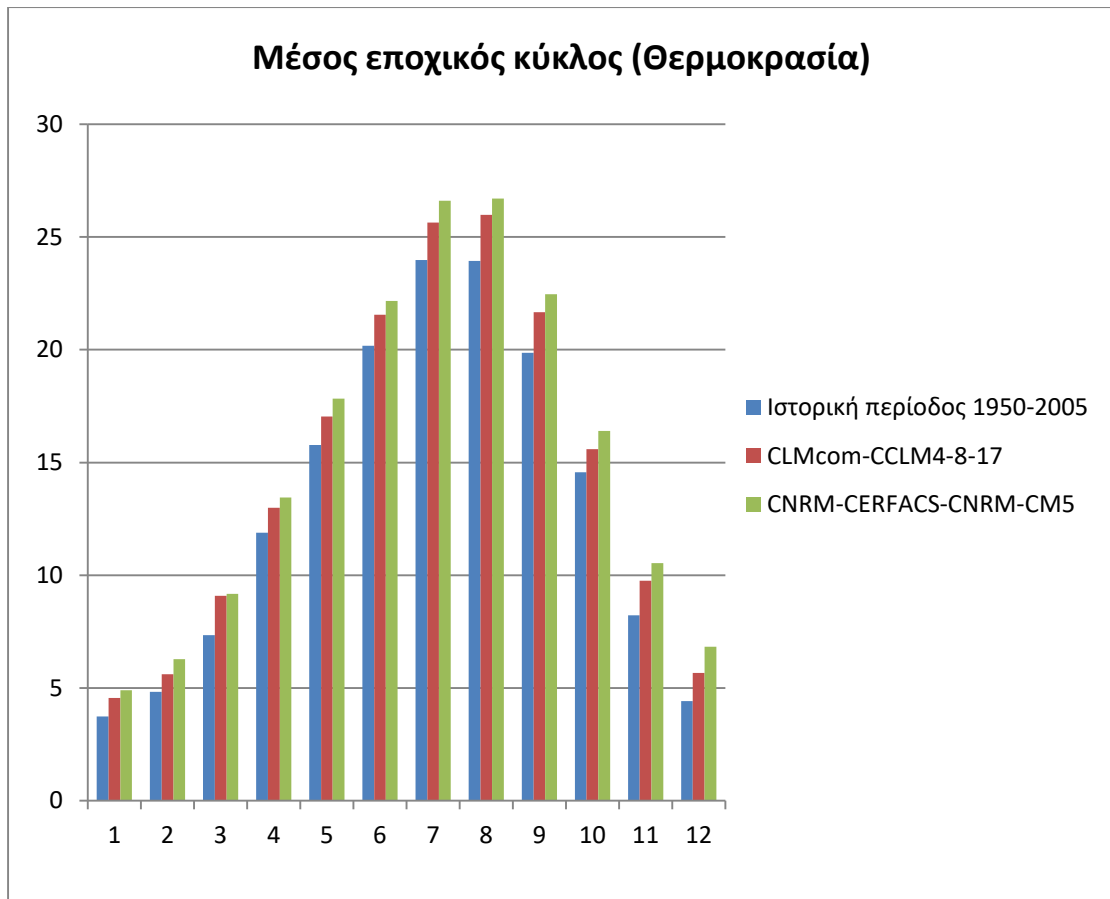
Διάγραμμα 1: Μέσος εποχικός κύκλος της έντασης της Επιφανειακής Ηλιακής Ακτινοβολίας

Στο Διάγραμμα 1 παρατηρούμε ότι τον Μάιο, τον Ιούλιο και τον Αύγουστο οι τιμές της επιφανειακής ηλιακής ακτινοβολίας που δίνουν τα μοντέλα CLMcom-CCLM4-8-17 και CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 είναι αυξημένες σε σχέση με τις τιμές της ιστορικής περιόδου.



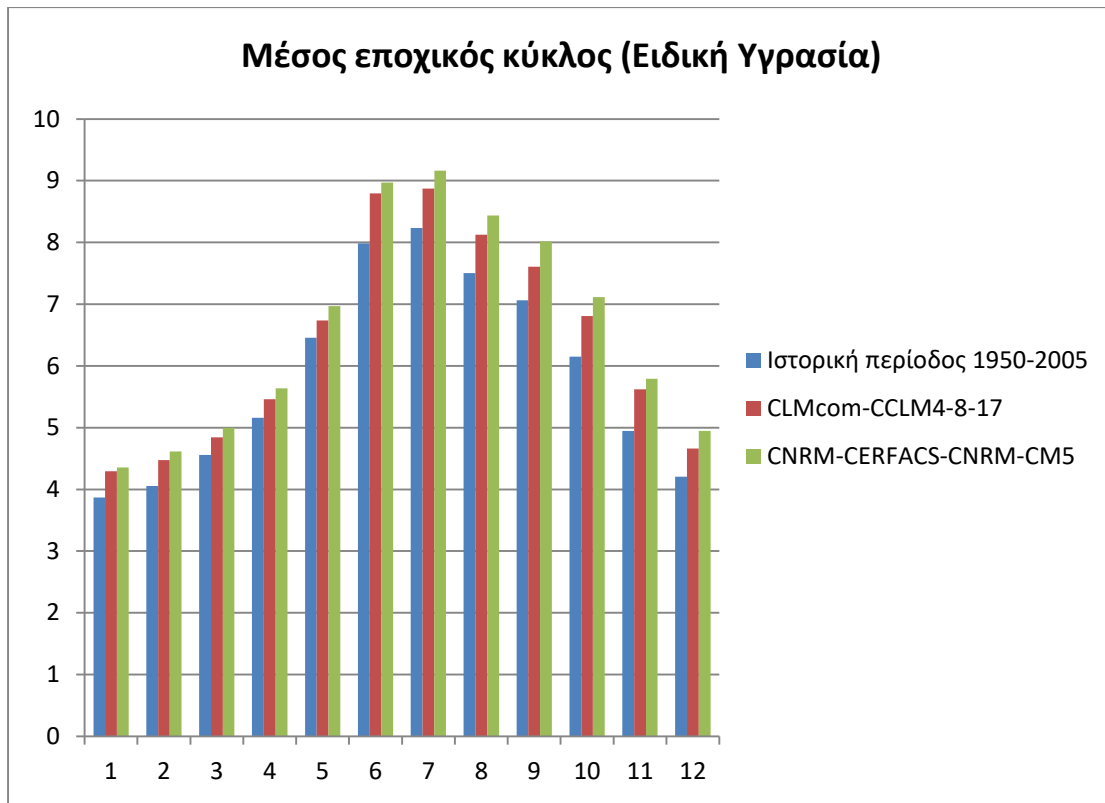
Διάγραμμα 2: Μέσος εποχικός κύκλος για το μέσο ημερήσιο ύψος σε mm του Υετού

Στο Διάγραμμα 2 παρατηρούμε ότι το Φεβρουάριο, τον Απρίλιο, τον Ιούνιο, το Σεπτέμβριο και τον Οκτώβριο οι τιμές της βροχόπτωσης που δίνουν τα μοντέλα CLMcom-CCLM4-8-17 και CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 είναι αυξημένες σε σχέση με τις τιμές της ιστορικής περιόδου.



Διάγραμμα 3: Μέσος εποχικός κύκλος για τη Θερμοκρασία σε βαθμούς °C

Στο Διάγραμμα 3 παρατηρούμε ότι σε όλους τους μήνες οι τιμές της θερμοκρασίας που δίνουν τα μοντέλα CLMcom-CCLM4-8-17 και CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 είναι αυξημένες σε σχέση με τις τιμές της ιστορικής περιόδου.



Διάγραμμα 4: Μέσος εποχικός κύκλος για την Ειδική Υγρασία σε mg υδρατμών ανά kg αέρα

Στο Διάγραμμα 4 παρατηρούμε ότι σε όλους τους μήνες οι τιμές της ειδικής υγρασίας που δίνουν τα μοντέλα CLMcom-CCLM4-8-17 και CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 είναι αυξημένες σε σχέση με τις τιμές της ιστορικής περιόδου.

### Β' Μέρος: Αποεποχοποιημένες Τιμές και Ετήσιες Γραμμικές Τάσεις

Στις αποεποχοποιημένες τιμές παρατηρήθηκε η ετήσια τάση και το p-value για την κάθε παράμετρο. Ως ετήσια τάση ορίζουμε την κλίση της ευθείας της γραμμικής παλινδρόμησης, η οποία μετριέται σε  $(W/m^2)/μ\acute{\eta}\nu\alpha$ , πολλαπλασιασμένη με το 12 ώστε να προκύψει η γραμμική ετήσια τάση που μετριέται σε  $(W/m^2)/\chi\rho\acute{o}\nu\omicron$ . Το p-value είναι καθαρός αριθμός και για να υπάρχει στατιστική σημαντικότητα θα πρέπει να ισχύει  $p\text{-value} < 0,05$ .

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της γραμμικής παλινδρόμησης των αποεποχοποιημένων τιμών για κάθε παράμετρο ξεχωριστά, με βάση την ιστορική περίοδο που αναφέρεται στο 1950-2005.

Πίνακας 4: Αποεποχοποιημένες τιμές για την ιστορική περίοδο 1950-2005

Παράμετρος	Ετήσια Τάση (W/m <sup>2</sup> )/χρόνο	p-value
Επιφανειακή Ηλιακή Ακτινοβολία	0	1
Υετός	0	1
Θερμοκρασία	0,252	0,290
Ειδική Υγρασία	0	1

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της γραμμικής παλινδρόμησης των αποεποχοποιημένων τιμών για κάθε παράμετρο ξεχωριστά, με βάση την μελλοντική περίοδο που είναι το 2006-2100 και το μοντέλο Regional Climate Model CLMcom-CCLM4-8-17.

Πίνακας 5: Αποεποχοποιημένες τιμές για το μοντέλο CLMcom-CCLM4-8-17

Παράμετρος	Ετήσια Τάση (W/m <sup>2</sup> )/χρόνο	p-value
Επιφανειακή Ηλιακή Ακτινοβολία	0	1
Υετός	0	0,990
Θερμοκρασία	-0,048	0,790
Ειδική Υγρασία	0	1

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της γραμμικής παλινδρόμησης των αποεποχοποιημένων τιμών για κάθε παράμετρο ξεχωριστά, με βάση την μελλοντική περίοδο που είναι το 2006-2100 και το μοντέλο Global Climate Model (Driver) CNRM-CERFACS-CNRM-CM5.

Πίνακας 6: Αποεποχοποιημένες τιμές για το μοντέλο CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

Παράμετρος	Ετήσια Τάση (W/m <sup>2</sup> )/χρόνο	p-value
Επιφανειακή Ηλιακή Ακτινοβολία	0	1
Υετός	0	1
Θερμοκρασία	-0,024	0,893
Ειδική Υγρασία	0	1

Σύμφωνα με τους Πίνακες 4, 5 και 6, οι ετήσιες τάσεις που προκύπτουν για την επιφανειακή ηλιακή ακτινοβολία και τις άλλες παραμέτρους, τόσο από τις παρατηρήσεις, όσο και από τα μοντέλα είναι μηδενικές ή σχεδόν μηδενικές εκτός από τη θερμοκρασία, η οποία παρουσιάζει μια πολύ μικρή αύξηση η οποία είναι ελάχιστα στατιστικά σημαντική στα παρατηρησιακά δεδομένα.

### Γ' Μέρος: Γραμμική Συσχέτιση Επιφανειακής Ηλιακής Ακτινοβολίας με λοιπές παραμέτρους

Εκτός από τη μελέτη της κάθε παραμέτρου ξεχωριστά, στη συνέχεια έγινε συσχέτιση μεταξύ των διαφορετικών παραμέτρων. Πιο συγκεκριμένα, εξετάστηκε η ύπαρξη συσχέτισης ως προς την επιφανειακή ηλιακή ακτινοβολία και τις υπόλοιπες παραμέτρους ξεχωριστά. Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης και παρατηρήθηκε το p-value και ο συντελεστής συσχέτισης R. Παράλληλα, εξετάστηκε και το  $R^2$ , το οποίο αποτελεί τον αριθμό των παρατηρήσεων – εκτιμήσεων των μοντέλων που καλύπτεται από την γραμμική παλινδρόμηση. Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω το p-value είναι καθαρός αριθμός και δίνει στατιστική σημαντικότητα όταν  $p\text{-value} < 0,05$ , ενώ το R είναι επίσης καθαρός αριθμός αλλά πρέπει το  $R > 0,7$  ή  $R^2 > 0,5$  (50%), ώστε να υπάρχει καλή συσχέτιση.

Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ της επιφανειακής ηλιακής ακτινοβολίας και των υπόλοιπων παραμέτρων ξεχωριστά, με βάση την ιστορική περίοδο που αναφέρεται στο 1950-2005.

**Πίνακας 7: Συσχέτιση παραμέτρων για την ιστορική περίοδο 1950-2005**

<b>Παράμετρος</b>	<b>p-value</b>	<b>R / R<sup>2</sup></b>
Επιφανειακή Ηλιακή Ακτινοβολία	-	- / -
Υετός	0	0,588 / 0,346
Θερμοκρασία	0	0,387 / 0,150
Ειδική Υγρασία	0	0,622 / 0,387

Στον Πίνακα 8 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ της επιφανειακής ηλιακής ακτινοβολίας και των υπόλοιπων παραμέτρων ξεχωριστά, με βάση την μελλοντική περίοδο που είναι το 2006-2100 και το μοντέλο Regional Climate Model CLMcom-CCLM4-8-17.

**Πίνακας 8: Συσχέτιση παραμέτρων για το μοντέλο CLMcom-CCLM4-8-17**

<b>Παράμετρος</b>	<b>p-value</b>	<b>R / R<sup>2</sup></b>
Επιφανειακή Ηλιακή Ακτινοβολία	-	- / -
Υετός	0	0,631 / 0,399
Θερμοκρασία	0	0,422 / 0,178
Ειδική Υγρασία	0	0,644 / 0,415

Στον Πίνακα 9 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ της επιφανειακής ηλιακής ακτινοβολίας και των υπόλοιπων παραμέτρων ξεχωριστά, με βάση την μελλοντική περίοδο που είναι το 2006-2100 και το μοντέλο Global Climate Model (Driver) CNRM-CERFACS-CNRM-CM5.

**Πίνακας 9: Συσχέτιση παραμέτρων για το μοντέλο CNRM-CERFACS-CNRM-CM5**

<b>Παράμετρος</b>	<b>p-value</b>	<b>R / R<sup>2</sup></b>
Επιφανειακή Ηλιακή Ακτινοβολία	-	- / -
Υετός	0	0,610 / 0,372
Θερμοκρασία	0	0,342 / 0,117
Ειδική Υγρασία	0	0,571 / 0,326

Από τη μελέτη της γραμμικής συσχέτισης της επιφανειακής ηλιακής ακτινοβολίας με τις άλλες παραμέτρους, τόσο στις παρατηρήσεις, όσο και στις εκτιμήσεις των μοντέλων, η συσχέτιση είναι σχετικά χαμηλή, ενώ εμφανίζεται μέτρια με την ειδική υγρασία στις παρατηρήσεις και στο μοντέλο CLMcom-CCLM4-8-17, καθώς επίσης και με τον υετό μια μέτρια συσχέτιση μόνο στα μοντέλα.

### **Δ' Μέρος: Πολυωνομική Προσέγγιση**

Επειδή στην πολυωνυμική προσέγγιση δεν υπάρχει μια ευθεία γραμμή, όπως στη γραμμική παλινδρόμηση, γι' αυτό το λόγο δεν υπολογίζεται η κλίση και κατ' επέκταση η ετήσια τάση για κάθε παράμετρο ξεχωριστά. Επομένως, αξίζει να εξεταστεί η συσχέτιση ανάμεσα στην διαφορετικές παραμέτρους και η σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών προσεγγίσεων.

### I. 2<sup>ο</sup> Βαθμού

Στον Πίνακα 10 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της πολυωνυμικής εξίσωσης 2<sup>ο</sup> βαθμού μεταξύ της επιφανειακής ηλιακής ακτινοβολίας και των υπόλοιπων παραμέτρων ξεχωριστά, με βάση την ιστορική περίοδο που αναφέρεται στο 1950-2005.

**Πίνακας 10: Συσχέτιση παραμέτρων για την ιστορική περίοδο 1950-2005**

<b>Παράμετρος</b>	<b>p-value</b>	<b>R / R<sup>2</sup></b>
Επιφανειακή Ηλιακή Ακτινοβολία	-	- / -
Υετός	0	0,594 / 0,352
Θερμοκρασία	0	0,388 / 0,151
Ειδική Υγρασία	0	0,626 / 0,392

Στον Πίνακα 11 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της πολυωνυμικής εξίσωσης 2<sup>ο</sup> βαθμού μεταξύ της επιφανειακής ηλιακής ακτινοβολίας και των υπόλοιπων παραμέτρων ξεχωριστά, με βάση την μελλοντική περίοδος που είναι το 2006-2100 και το μοντέλο Regional Climate Model CLMcom-CCLM4-8-17.

**Πίνακας 11: Συσχέτιση παραμέτρων για το μοντέλο CLMcom-CCLM4-8-17**

<b>Παράμετρος</b>	<b>p-value</b>	<b>R / R<sup>2</sup></b>
Επιφανειακή Ηλιακή Ακτινοβολία	-	- / -
Υετός	0	0,634 / 0,402
Θερμοκρασία	0	0,423 / 0,179
Ειδική Υγρασία	0	0,645 / 0,416

Στον Πίνακα 12 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της πολυωνυμικής εξίσωσης 2<sup>ο</sup> βαθμού μεταξύ της επιφανειακής ηλιακής ακτινοβολίας και των υπόλοιπων παραμέτρων ξεχωριστά, με βάση την μελλοντική περίοδος που



είναι το 2006-2100 και το μοντέλο Global Climate Model (Driver) CNRM-CERFACS-CNRM-CM5.

**Πίνακας 12: Συσχέτιση παραμέτρων για το μοντέλο CNRM-CERFACS-CNRM-CM5**

<b>Παράμετρος</b>	<b>p-value</b>	<b>R / R<sup>2</sup></b>
Επιφανειακή Ηλιακή Ακτινοβολία	-	- / -
Υετός	0	0,621 / 0,386
Θερμοκρασία	0	0,347 / 0,120
Ειδική Υγρασία	0	0,571 / 0,326

## **II. 3<sup>ο</sup> Βαθμού**

Στον Πίνακα 13 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της πολυωνυμικής εξίσωσης 3<sup>ο</sup> βαθμού μεταξύ της επιφανειακής ηλιακής ακτινοβολίας και των υπόλοιπων παραμέτρων ξεχωριστά, με βάση την ιστορική περίοδο που αναφέρεται στο 1950-2005.

**Πίνακας 13: Συσχέτιση παραμέτρων για την ιστορική περίοδο 1950-2005**

<b>Παράμετρος</b>	<b>p-value</b>	<b>R / R<sup>2</sup></b>
Επιφανειακή Ηλιακή Ακτινοβολία	-	- / -
Υετός	0	0,594 / 0,353
Θερμοκρασία	0	0,392 / 0,153
Ειδική Υγρασία	0	0,627 / 0,393

Στον Πίνακα 14 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της πολυωνυμικής εξίσωσης 3<sup>ο</sup> βαθμού μεταξύ της επιφανειακής ηλιακής ακτινοβολίας και των υπόλοιπων παραμέτρων ξεχωριστά, με βάση την μελλοντική περίοδο που είναι το 2006-2100 και το μοντέλο Regional Climate Model CLMcom-CCLM4-8-17.

**Πίνακας 14: Συσχέτιση παραμέτρων για το μοντέλο CLMcom-CCLM4-8-17**

<b>Παράμετρος</b>	<b>p-value</b>	<b>R / R<sup>2</sup></b>
Επιφανειακή Ηλιακή Ακτινοβολία	-	- / -
Υετός	0	0,636 / 0,404
Θερμοκρασία	0	0,423 / 0,179
Ειδική Υγρασία	0	0,645 / 0,416

Στον Πίνακα 15 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της πολυωνυμικής εξίσωσης 3<sup>ου</sup> βαθμού μεταξύ της επιφανειακής ηλιακής ακτινοβολίας και των υπόλοιπων παραμέτρων ξεχωριστά, με βάση την μελλοντική περίοδο που είναι το 2006-2100 και το μοντέλο Global Climate Model (Driver) CNRM-CERFACS-CNRM-CM5.

**Πίνακας 15: Συσχέτιση παραμέτρων για το μοντέλο CNRM-CERFACS-CNRM-CM5**

<b>Παράμετρος</b>	<b>p-value</b>	<b>R / R<sup>2</sup></b>
Επιφανειακή Ηλιακή Ακτινοβολία	-	- / -
Υετός	0	0,622 / 0,387
Θερμοκρασία	0	0,348 / 0,121
Ειδική Υγρασία	0	0,572 / 0,327

Προσεγγίζοντας τη συσχέτιση με πολυώνυμα 2<sup>ου</sup> και 3<sup>ου</sup> βαθμού, δεν βρίσκουμε κάποια αξιόλογη μεταβολή σε σχέση με τη γραμμική προσέγγιση, γεγονός που επιβεβαιώνει την ασθενή σχέση μεταξύ της επιφανειακής ηλιακής ακτινοβολίας και των άλλων μεταβλητών.

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>

### Σχολιασμός – Συμπεράσματα

#### Διάγραμμα 1

Οι σχετικά αυξημένες εκτιμήσεις των μοντέλων σε σχέση με τις παρατηρήσεις, που αφορούν τις τιμές της επιφανειακής ηλιακής ακτινοβολίας, πιθανόν οφείλονται στο ότι τα μοντέλα έχουν μια αυξημένη συνεισφορά από το φαινόμενο του θερμοκηπίου, λόγω της αρχικής συνθήκης της αύξησης κατά 2° C της επιφανειακής θερμοκρασίας.

#### Διάγραμμα 2

Το γεγονός ότι τα μοντέλα δείχνουν υπερεκτίμηση του νετού τους μήνες Φεβρουάριο, Απρίλιο, Ιανουάριο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο, χρειάζεται περισσότερη διερεύνηση, η οποία ξεφεύγει από τους σκοπούς αυτής της μελέτης πιθανόν θα πρέπει να αναζητηθεί μια σχέση με την ποσότητα του νερού που πέφτει στα έκτατα ακραία φαινόμενα και τα συστήματα ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας που περνούν από την περιοχή της Φθιώτιδας.

#### Διάγραμμα 3

Η εποχικότητα της επιφανειακής θερμοκρασίας παρουσιάζει ομαλή συμπεριφορά χωρίς αξιόλογες μεταβολές.

#### Διάγραμμα 4

Ομοίως, η εποχικότητα της ειδικής υγρασίας παρουσιάζει ομαλή συμπεριφορά χωρίς αξιόλογες μεταβολές, με τη διαφορά ότι οι υπερεκτιμήσεις των μοντέλων θα πρέπει να εξετασθούν σε σχέση και με τη μορφολογία της περιοχής και την εγγύτητα της στο Μαλιακό κόλπο.

Οι σχετικά υψηλότερες τιμές ειδικής υγρασίας από τον Ιούνιο έως και τον Σεπτέμβριο, εμφανίστηκαν στις παρατηρήσεις και στις εκτιμήσεις των μοντέλων, θα πρέπει να συνδυαστούν με στάσιμα αντικυκλωνικά συστήματα στην περιοχή και η σχετική άπνια ανέμων, η οποία ευνοεί τη συσσώρευση υδρατμών ιδιαίτερα κατά τον Ιούνιο, οπότε έχουμε και αυξημένες βροχοπτώσεις. Η περαιτέρω μελέτη αυτού του διαγράμματος είναι πέρα από τους σκοπούς της δικής μας μελέτης.

Πίνακας 16: Συντελεστές συσχέτισης Γραμμικής, 2<sup>ου</sup> και 3<sup>ου</sup> Βαθμού καμπύλης προσαρμογής στις μηνιαίες αποεποχοποιημένες τιμές επιφανειακής ηλιακής ακτινοβολίας, υετού, θερμοκρασίας και ειδικής υγρασίας για την ιστορική περίοδο 1950-2005

Παράμετρος	Γραμμική		2 <sup>ου</sup> Βαθμού		3 <sup>ου</sup> Βαθμού	
	p-value	R / R <sup>2</sup>	p-value	R / R <sup>2</sup>	p-value	R / R <sup>2</sup>
Επιφανειακή Ηλιακή Ακτινοβολία	-	- / -	-	- / -	-	- / -
Υετός	0	0,588 / 0,346	0	0,594 / 0,352	0	0,594 / 0,353
Θερμοκρασία	0	0,387 / 0,150	0	0,388 / 0,151	0	0,392 / 0,153
Ειδική Υγρασία	0	0,622 / 0,387	0	0,626 / 0,392	0	0,627 / 0,393

Στον Πίνακα 16 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι συντελεστές συσχέτισης Γραμμικής, 2ου και 3ου Βαθμού καμπύλης προσαρμογής στις μηνιαίες αποεποχοποιημένες τιμές επιφανειακής ηλιακής ακτινοβολίας, υετού, θερμοκρασίας και ειδικής υγρασίας, με βάση την ιστορική περίοδο που αναφέρεται στο 1950-2005.

Πίνακας 17: Συντελεστές συσχέτισης Γραμμικής, 2ου και 3ου Βαθμού καμπύλης προσαρμογής στις μηνιαίες αποεποχοποιημένες τιμές επιφανειακής ηλιακής ακτινοβολίας, υετού, θερμοκρασίας και ειδικής υγρασίας για το μοντέλο CLMcom-CCLM4-8-17

Παράμετρος	Γραμμική		2 <sup>ου</sup> Βαθμού		3 <sup>ου</sup> Βαθμού	
	p-value	R / R <sup>2</sup>	p-value	R / R <sup>2</sup>	p-value	R / R <sup>2</sup>
Επιφανειακή Ηλιακή Ακτινοβολία	-	- / -	-	- / -	-	- / -
Υετός	0	0,631 / 0,399	0	0,634 / 0,402	0	0,636 / 0,404
Θερμοκρασία	0	0,422 / 0,178	0	0,423 / 0,179	0	0,423 / 0,179
Ειδική Υγρασία	0	0,644 / 0,415	0	0,645 / 0,416	0	0,645 / 0,416

Στον Πίνακα 17 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι συντελεστές συσχέτισης Γραμμικής, 2ου και 3ου Βαθμού καμπύλης προσαρμογής στις μηνιαίες

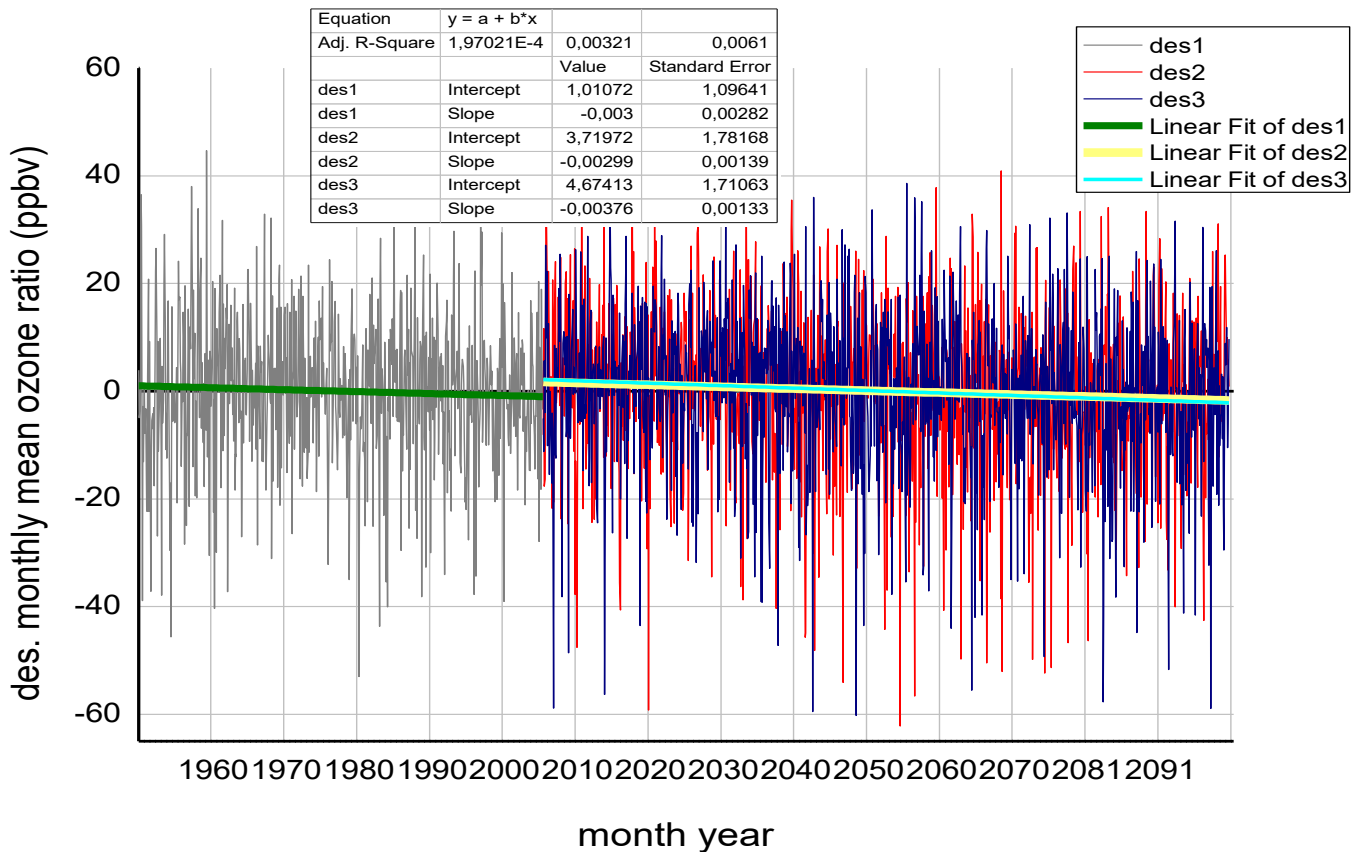
αποεποχοποιημένες τιμές επιφανειακής ηλιακής ακτινοβολίας, υετού, θερμοκρασίας και ειδικής υγρασίας, με βάση την μελλοντική περίοδο που είναι το 2006-2100 και το μοντέλο Regional Climate Model CLMcom-CCLM4-8-17.

**Πίνακας 18: Συντελεστές συσχέτισης Γραμμικής, 2ου και 3ου Βαθμού καμπύλης προσαρμογής στις μηνιαίες αποεποχοποιημένες τιμές επιφανειακής ηλιακής ακτινοβολίας, υετού, θερμοκρασίας και ειδικής υγρασίας για το μοντέλο CNRM-CERFACS-CNRM-CM5**

Παράμετρος	Γραμμική		2 <sup>ου</sup> Βαθμού		3 <sup>ου</sup> Βαθμού	
	p-value	R / R <sup>2</sup>	p-value	R / R <sup>2</sup>	p-value	R / R <sup>2</sup>
Επιφανειακή Ηλιακή Ακτινοβολία	-	- / -	-	- / -	-	- / -
Υετός	0	0,610 / 0,372	0	0,621 / 0,386	0	0,622 / 0,387
Θερμοκρασία	0	0,342 / 0,117	0	0,347 / 0,120	0	0,348 / 0,121
Ειδική Υγρασία	0	0,571 / 0,326	0	0,571 / 0,326	0	0,572 / 0,327

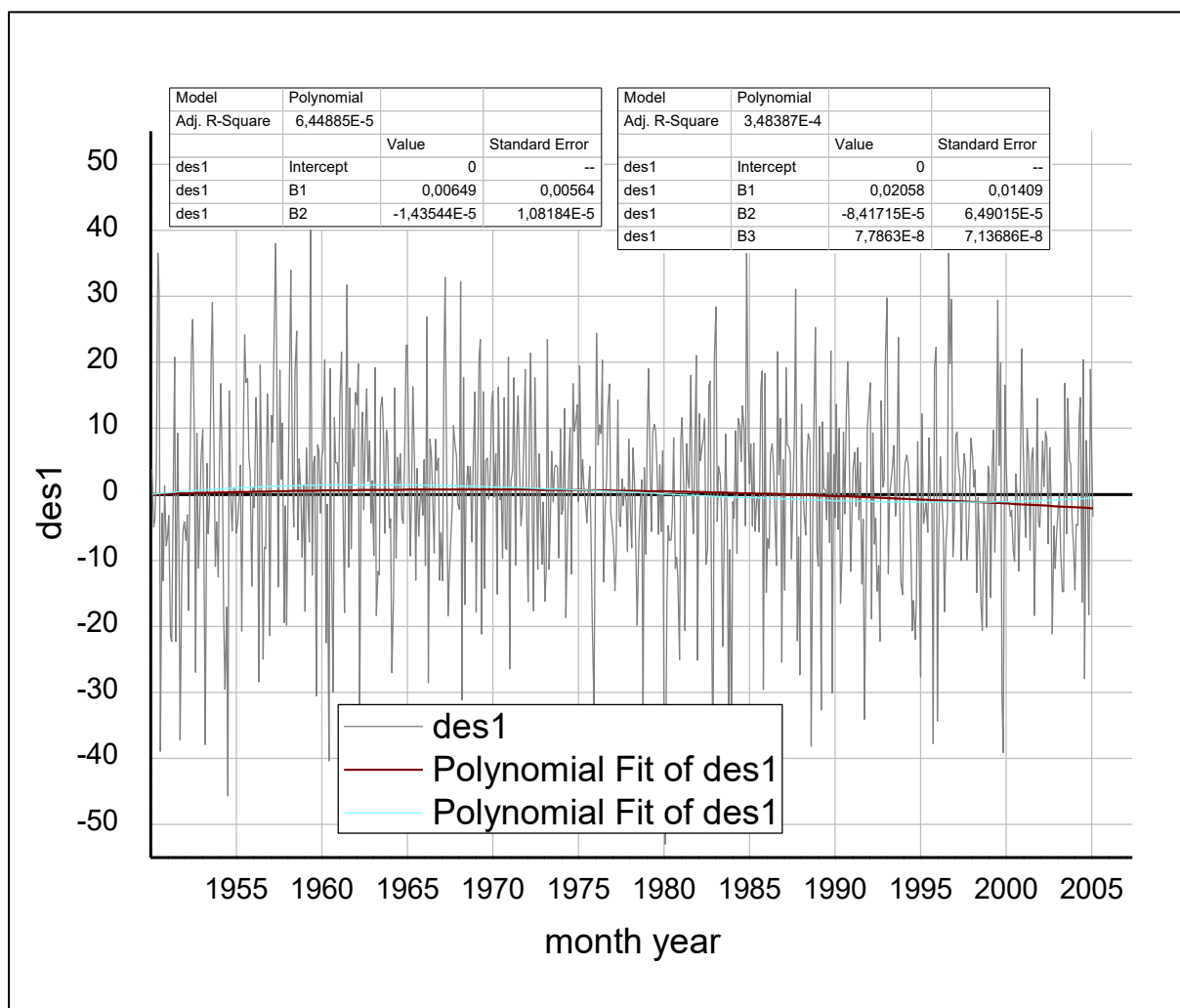
Στον Πίνακα 18 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι συντελεστές συσχέτισης Γραμμικής, 2ου και 3ου Βαθμού καμπύλης προσαρμογής στις μηνιαίες αποεποχοποιημένες τιμές επιφανειακής ηλιακής ακτινοβολίας, υετού, θερμοκρασίας και ειδικής υγρασίας, με βάση την μελλοντική περίοδο που είναι το 2006-2100 και το μοντέλο Global Climate Model (Driver) CNRM-CERFACS-CNRM-CM5.

Σύμφωνα με τους Πίνακες 16, 17, 18, η γραμμική και η πολυωνυμική προσέγγιση 2<sup>ου</sup> και 3<sup>ου</sup> βαθμού στις παραμέτρους είναι πολύ χαμηλή, μικρότερη του 30% και μάλιστα όχι στατιστικά σημαντική. Επομένως, η επιφανειακή ηλιακή ακτινοβολία δεν φαίνεται να έχει μεταβληθεί σημαντικά και την ίδια εκτίμηση δίνουν και τα μοντέλα. Η αναζήτηση γραμμικής ή πολυωνυμικής συσχέτισης του υετού, της επιφανειακής θερμοκρασίας και της ειδικής υγρασίας δείχνει ασθενή έως μέτρια συσχέτιση των μεγεθών αυτών με την επιφανειακή ηλιακή ακτινοβολία. Συνεπώς, η συμπεριφορά των τριών αυτών μεταβλητών θα πρέπει να αναζητηθεί σε άλλα πεδία.



**Διάγραμμα 5:** Χρονοσειρά αποεποχοποιημένων μηνιαίων τιμών της έντασης της επιφανειακής ηλιακής ακτινοβολίας στο έδαφος με την αντίστοιχη ευθεία παλινδρόμησης για τα παρατηρησιακά δεδομένα και τις εκτιμήσεις των μοντέλων CLMcom-CCLM4-8-17 και CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 στην περιοχή της Λαμίας

Στο Διάγραμμα 5 παρουσιάζεται ενδεικτικά η ανάλυση με γραμμική παλινδρόμηση των χρονοσειρών των αποεποχοποιημένων μέσω μηνιαίων τιμών της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας των παρατηρήσεων της ιστορικής περιόδου (des1) και των μοντέλων CLMcom-CCLM4-8-17 (des2) και CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 (des3).



**Διάγραμμα 6: Πολυωνυμική προσαρμογή 2<sup>ου</sup> και 3<sup>ου</sup> βαθμού της χρονοσειράς των αποεποχοποιημένων τιμών της έντασης της επιφανειακής ηλιακής ακτινοβολίας στην περιοχή της Λαμίας (1950-2005)**

Στο Διάγραμμα 6 απεικονίζεται η πολυωνυμική προσέγγιση 2ου και 3ου βαθμού στα παρατηρησιακά δεδομένα των αποεποχοποιημένων μέσω μηνιαίων τιμών της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας (1950-2005).

Επιπλέον, όπως φαίνεται και στο παράδειγμα, εφαρμόστηκε μια εξομάλυνση των χρονοσειρών των μέσω μηνιαίων αποεποχοποιημένων μεταβλητών με την τεχνική του κινούμενου μέσου όρου με χρονικά παράθυρα 3 και 12 μηνών αντίστοιχα για τα δεδομένα των παρατηρήσεων 1950-2005, τα οποία όμως δεν έδειξαν κάποια αξιόλογη συμπεριφορά.





## Βιβλιογραφία

- [1] Ιωάννης Ε. Φραγκιαδάκης, “Φωτοβολταϊκά Συστήματα”, Εκδόσεις Ζήτη, Δεύτερη έκδοση 2006.
- [2] Tomas Markvart “Solar Electricity” εκδόσεις John Wiley & Sons Ltd 1994.
- [3] Kaler, James B., Το μικρό βιβλίο των άστρων, Αθήνα: Εκδόσεις Αλεξάνδρεια, 2006.
- [4] Zirker, Jack B., Journey from the center of the sun, Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 2002.
- [5] <http://datahub.geocradle.eu/dataset/dear-clima>
- [6] <http://datahub.geocradle.eu/dataset/dear-clima/resource/f9b299f0-2ae1-49f4-8a0e-88bdd3aa6899>
- [7] <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10584-011-0152-3>
- [8] <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-011-0151-4>
- [9] <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-011-0149-y>
- [10] <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A5%CE%B5%CF%84%CF%8C%CF%82>
- [11] <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CF%81%CE%BF%CF%87%CE%AE>
- [12] [https://www.weather.gov/media/zhu/ZHU\\_Training\\_Page/clouds/cloud\\_precipitation/cloud\\_precipitation.pdf](https://www.weather.gov/media/zhu/ZHU_Training_Page/clouds/cloud_precipitation/cloud_precipitation.pdf)
- [13] <http://meteovyronas.gr/pdf/meteo.pdf>
- [14] <https://www.britannica.com/science/specific-humidity>
- [15] <https://en.wikipedia.org/wiki/Humidity>
- [16] <https://portal.enes.org/models/earthsystem-models/cnrm-cerfacs/cnrm-cm5>
- [17] <http://www.umr-cnrm.fr/spip.php?article126&lang=en>
- [18] [https://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/cersearch/q?query=%3A\\*&general\\_key\\_ss=CCLM4-8-17&page=0&rows=15](https://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/cersearch/q?query=%3A*&general_key_ss=CCLM4-8-17&page=0&rows=15)
- [19] "Why Rstudio?". Rstudio.com. Retrieved 2015-12-15.
- [20] "Statutes of "The R Foundation for Statistical Computing" (PDF). "The R Foundation". Retrieved 2019-08-12.
- [21] <https://en.m.wikipedia.org/wiki/RStudio>
- [22] <https://www.r-bloggers.com/top-6-reasons-you-need-to-be-using-rstudio/>
- [23] [http://glossary.ametsoc.org/wiki/Regional\\_climate\\_model](http://glossary.ametsoc.org/wiki/Regional_climate_model)
- [24] <https://www.climateprediction.net/climate-science/climate-modelling/regional-models/>

- [25] [https://www.ipcc-data.org/guidelines/pages/gcm\\_guide.html](https://www.ipcc-data.org/guidelines/pages/gcm_guide.html)
- [26] <https://www.climateprediction.net/climate-science/climate-modelling/gcm/>
- [27] <https://www.lamia.gr/el/content/klima-stin-periohi>
- [28] <https://ocw.aoc.ntua.gr/modules/document/file.php/CIVIL107/rad10.pdf>
- [29] <http://www.deyat.gr/nero-kai-fysi>
- [30] [http://www.teidasoponias.gr/site/news/xtra/morfologia/thermokrasia\\_aera\\_edafous.pdf](http://www.teidasoponias.gr/site/news/xtra/morfologia/thermokrasia_aera_edafous.pdf)
- [31] <https://www.meteo.gr/Gmap.cfm>
- [32] [http://49lyk-athin.att.sch.gr/HLIAKH\\_DRASTHRIOTHTA.htm](http://49lyk-athin.att.sch.gr/HLIAKH_DRASTHRIOTHTA.htm)
- [33] <https://astro.planitario.gr/stoixeia-astronomias-erotisi-33/>
- [34] <http://www.physics4u.gr/news/2006/scnews2367.html>
- [35] Mavromichalaki H., Belehaki A., Rafios X. and Tsagouri I.: Hale-Cycle effects in Cosmic-Ray intensity during the last four cycles, *Astrophysics and Space Science* 246: 7-14, 1997.
- [36] <https://ocw.aoc.ntua.gr/modules/document/file.php/CIVIL107/rad10.pdf>
- [37] [http://www.geo.auth.gr/courses/gmc/gmc318y/xf/pdf/Geo\\_Radiation.pdf](http://www.geo.auth.gr/courses/gmc/gmc318y/xf/pdf/Geo_Radiation.pdf)
- [38] <https://www.google.com/maps/place/%CE%A6%CE%B8%CE%B9%CF%8E%CF%84%CE%B9%CE%B4%CE%B1/@38.8540192,22.3021595,9.78z/data=!4m5!3m4!1s0x135f5624c90dc25b:0x901e619865a6e212!8m2!3d38.999785!4d22.3337769>
- [39] <https://medium.com/@johnnoels/what-is-spss-and-its-importance-in-research-data-analysis-5f109ab90da1>
- [40] <https://www.quora.com/What-are-the-advantages-of-SPSS>
- [41] <https://en.wikipedia.org/wiki/SPSS>
- [42] <https://www.surveygizmo.com/resources/blog/what-is-spss/>
- [43] <http://users.sch.gr/xtsamis/OkosmosMas/Yetos.htm>
- [44] [https://eclass.duth.gr/modules/document/file.php/ENG111/2/%CE%BF%20%CE%9A%CE%B5%CF%86%CE%AC%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CE%BF%20%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1\\_%CE%9A%CE%B1%CF%84%CE%B1%CE%BA%CF%81%CE%B7%CE%BC%CE%BD%CE%AF%CF%83%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1.pdf](https://eclass.duth.gr/modules/document/file.php/ENG111/2/%CE%BF%20%CE%9A%CE%B5%CF%86%CE%AC%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CE%BF%20%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1_%CE%9A%CE%B1%CF%84%CE%B1%CE%BA%CF%81%CE%B7%CE%BC%CE%BD%CE%AF%CF%83%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1.pdf)
- [45] <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%98%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%BA%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1>
- [46] <http://old.primedu.uoa.gr/sciedu/BIBLIO/files/thermotita.pdf>
- [47] <http://www.geo.auth.gr/courses/gmc/gmc318y/th/math3.html>

- [48] [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A5%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1\\_%CE%B1%CF%84%CE%BC%CF%8C%CF%83%CF%86%CE%B1%CE%B9%CF%81%CE%B1%CF%82](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A5%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1_%CE%B1%CF%84%CE%BC%CF%8C%CF%83%CF%86%CE%B1%CE%B9%CF%81%CE%B1%CF%82)
- [49] [http://www.geo.auth.gr/courses/gmc/gmc318y/xf/pdf/Geo\\_Humidity.pdf](http://www.geo.auth.gr/courses/gmc/gmc318y/xf/pdf/Geo_Humidity.pdf)
- [50] <http://www.teilam.gr/lamia/>
- [51] <https://spaceplace.nasa.gov/solar-cycles/en/>
- [52] <https://www.space.com/40094-sun-22-year-solar-cycle-in-one-image.html>
- [53] <https://eclass.teicrete.gr/modules/document.pdf>
- [54] [https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3713/1/05\\_chapter\\_05\\_r1.pdf](https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3713/1/05_chapter_05_r1.pdf)
- [55] <http://ph334.edu.physics.uoc.gr/%CE%A5%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%BF%20%CE%A0%CE%B1%CF%81%CE%AC%CE%B4%CE%BF%CF%83%CE%B7%CF%82%20%CE%9A%CE%B5%CF%86-7.pdf>
- [56] <https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/ENV127/%CE%91%CE%BD%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CF%84%CE%AC%20%CE%9C%CE%B1%CE%B8%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1/2%CE%B2.%20%CE%95%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%20-%20%CE%91%CE%BA%CF%84%CE%B9%CE%BD%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CE%AF%CE%B1%20-%20%CE%95%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C%20%CE%99%CF%83%CE%BF%CE%B6%CF%8D%CE%B3%CE%B9%CE%BF.pdf>
- [57] [https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/4659/1/04\\_chapter\\_3.pdf](https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/4659/1/04_chapter_3.pdf)
- [58] <https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CMNG2115/2015/%CE%91%CE%9D%CE%9F%CE%99%CE%9A%CE%A4%CE%91%20%CE%9C%CE%91%CE%98%CE%97%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%91-%CE%A0%CE%91%CE%A1%CE%91%CE%94%CE%9F%CE%A3%CE%95%CE%99%CE%A3/%CE%9C%CE%AC%CE%B8%CE%B7%CE%BC%CE%B1%20%20%CE%97%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE%20%CE%95%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1.pdf>
- [59] <https://sealandair.gr/el/-/619--227-tfa.html>
- [60] <http://5dim-pyrgou.ilei.sch.gr/climate/html/rain5.htm>
- [61] <http://neda.gr/%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CF%8C%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%B1-%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%81%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1%CF%82>

[CE%AC-  
%CE%B5%CF%83%CF%89%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE  
%BF%CF%8D%CE%B5%CE%BE%CF%89%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%B9  
%CE%BA%CE%BF%CF%8D-  
%CF%87%CF%8E%CF%81%CE%BF%CF%85/1215-  
%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CF%8C%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF  
%81%CE%BF-  
%CE%B5%CE%BE%CF%89%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE  
%BF%CF%8D-%CF%87%CF%8E%CF%81%CE%BF%CF%85-  
%CF%80%CE%BB%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C.html](#)

[62] <https://www.enasco.com/p/Sling-Psychrometer-Kit---Set-of-15%2BSB51740>

[63] <https://www.cigarsgalaxy.gr/analogiko-ygrometro-mpronze-7425>

[64] [https://www.astronomia.gr/wiki/index.php?title=%CE%97%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE\\_%CE%9A%CE%B7%CE%BB%CE%AF%CE%B4%CE%B1](https://www.astronomia.gr/wiki/index.php?title=%CE%97%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE_%CE%9A%CE%B7%CE%BB%CE%AF%CE%B4%CE%B1)

[65] <https://www.astronomia.gr/wiki/index.php?title=%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%BF:Butterfly.jpg>

[66] Brahic, Andre, Τα παιδιά του ήλιου: η προέλευση, η εξέλιξη και η εξερεύνηση του Ηλιακού Συστήματος – και της ζωής, Αθήνα: Κάτοπτρο, 2002

[67] Garlick, Mark A., The story of the solar system, Cambridge University Press, 2002.

[68] Golub, Leon, Pasachoff, Jay, Nearest Star: the surprising science of our sun, Cabridge, Mass.: Harvard University Press, 1999.

[69] Guillermier Pierre, Koutchmy Serge, Total eclipses: science, observation, myths and legends, Chichester, UK: Sringer, Praxis, 1999.

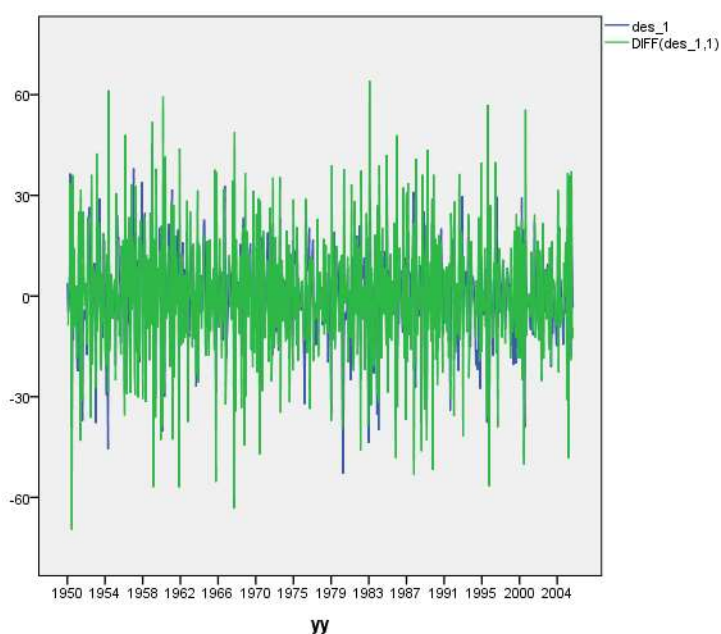
[70] Whitehouse, David, The sun: a biography, Chichester, England: Wiley, 2005.

## Παράρτημα: Εφαρμογή Κινούμενου Μέσου Όρου (Moving Average) για την ιστορική περίοδο 1950-2005 στις μέσες μηνιαίες αποεποχοποιημένες τιμές

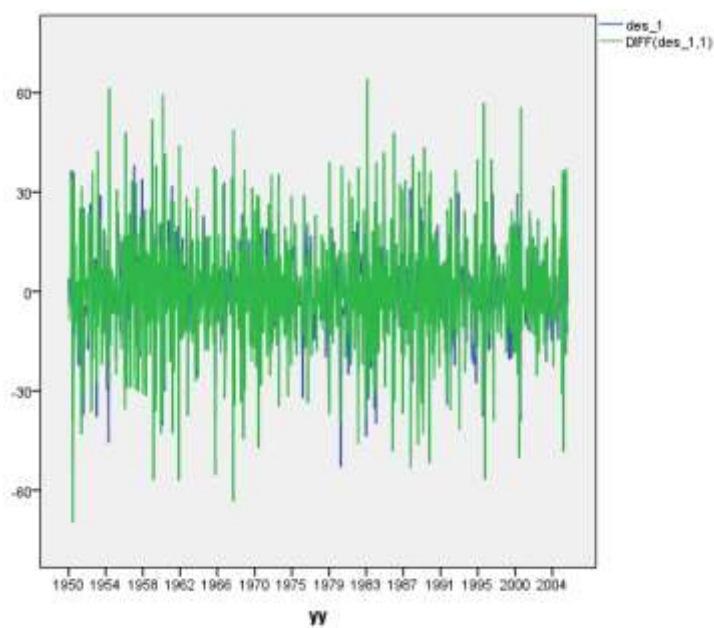
Όπως φαίνεται από τα παρακάτω διαγράμματα η μελέτη των αποεποχοποιημένων τιμών με κινούμενο μέσο όρο για 3 ή για 12 μήνες, δεν αποκάλυψε κάτι το ιδιαίτερο για τη συμπεριφορά όλων των μεταβλητών. Η επιλογή του παραθύρου των 3 ή 12 μηνών έγινε για να αναδείξει την ύπαρξη κάποιας διαφορετικής συμπεριφοράς σε κάθε εποχή του έτους ή από έτος σε έτος.

### Επιφανειακή Ηλιακή Ακτινοβολία

Για 3 μήνες

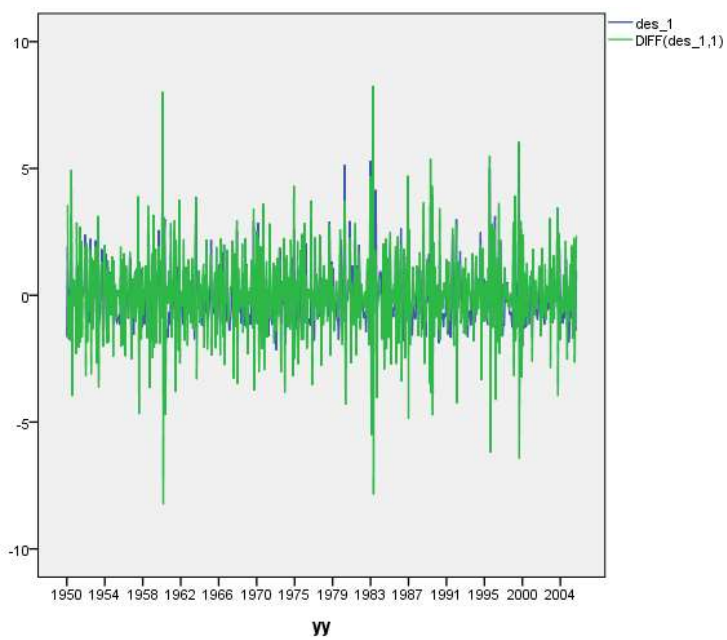


Για 12 μήνες

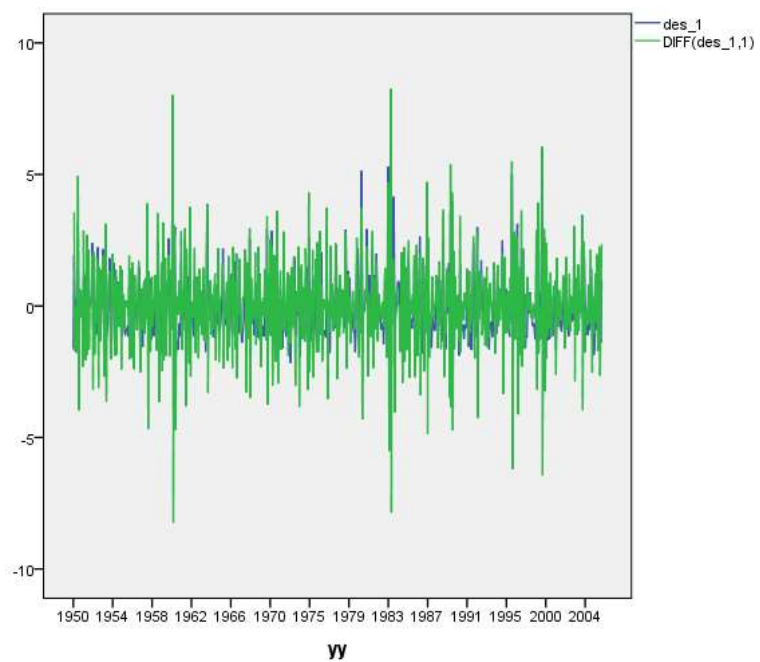


Υετός

Για 3 μήνες

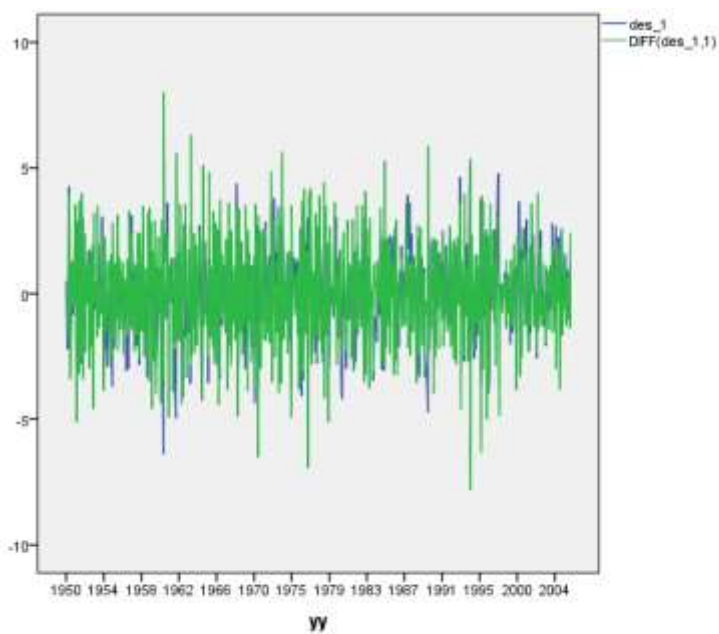


Για 12 μήνες

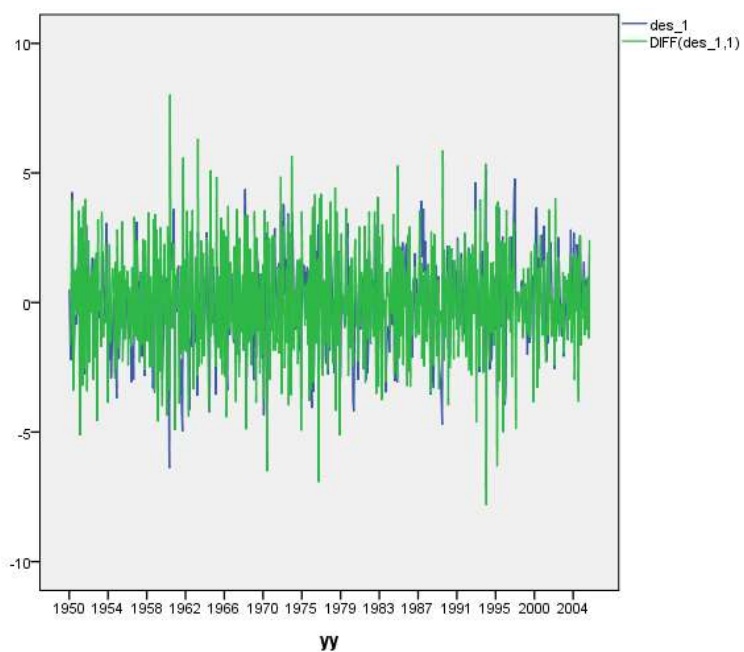


**Θερμοκρασία**

Για 3 μήνες

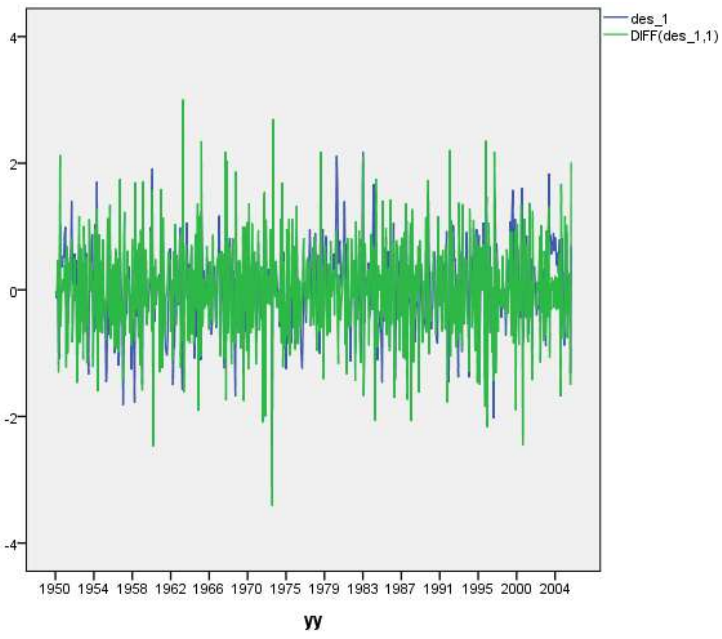


Για 12 μήνες



**Ειδική Υγρασία**

Για 3 μήνες



Για 12 μήνες

