

# ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΗΜΕΡΩΝ ΥΕΤΟΥ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ<sup>1</sup>

Κ. Α. ΠΑΓΩΝΗΣ<sup>2</sup>, Π.Θ. ΝΑΣΤΟΣ<sup>3</sup>

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα μελέτη εξετάζονται οι χρονοσειρές του μέσου μηνιαίου αριθμού ημερών υετού στον Ελληνικό χώρο κατά την 30ετή περίοδο 1963-1992. Μελετήθηκε η επίδραση του υψομέτρου και της γεωγραφικής θέσης στην επίδραση του αριθμού ημερών υετού με τη χρήση του γραμμικού μοντέλου παλινδρόμησης (Fisher, 1958) και εφαρμόστηκε ο έλεγχος Mann-Kendall (W.M.O., 1966) για την αναζήτηση των κλιματικών τάσεων. Οι ισοπληθείς καμπύλες (εποχικές και ετήσιες) χαραχτήκαν με την μέθοδο Kriging (Olea, 1987) ενώ η χωρική διακύμανση εξετάστηκε με την εφαρμογή της ανάλυσης σε κύριες συνιστώσες (Jolliffe, 1986). Εξετάστηκε επίσης η ύπαρξη περιοδικότητας με την εφαρμογή της φασματικής ανάλυσης.

## ABSTRACT

In this paper the number of precipitation days are investigated and analysed in Hellas area. The meteorological station's net, which was used, consists of 42 stations and the time series extend from 1963-1992. It was examined the influence of altitude and geographic position on the number of precipitation days, using linear models of regression analysis. The application of the Principal Components Analysis (PCA, S-mode), on the mentioned climatic file, results in the spatial variation of the precipitation days in Hellas, while the time series trends were examined by the Mann-Kendall criterion. Finally it was examined the existence of periodicity with the application of spectrum analysis in long terms time series.

**ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ:** Υετός-Αριθμός ημερών βροχής-Ανάλυση σε κύριες συνιστώσες

**KEY WORDS:** Precipitation-Number of rainy days-Factor analysis.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μία σημαντική παράμετρος ιδιαίτερα χρήσιμη στις κλιματικές αναλύσεις και στις στατιστικές επεξεργασίες (πιθανότητα βροχόπτωσης, ραγδαιότητα κ.ά.), και απαραίτητη για τον προγραμματισμό πολλών αγροτικών (καλλιέργεια, σπορά, συγκομιδή), καθώς και άλλων δραστηριοτήτων (τουρισμός, μετακινήσεις κτλ), είναι ο αριθμός ημερών υετού (W.M.O., 1972). Κατά το παρελθόν διάφοροι ερευνητές έχουν ασχοληθεί με την παράμετρο αυτή στο πλαίσιο μελέτης του βροχομετρικού συστήματος συγκεκριμένων περιοχών του Ελληνικού χώρου όπως: Νικολάκης (Θεσσαλία, 1985), Κανδύλης (Στερεά Ελλάδα, 1988), Μάρκου (Κρήτη, 1979), Κοτίνη-Ζαμπάκα, (1983) κ.ά. Με την παρούσα εργασία επιχειρείται να δοθεί μία συνολική εικόνα της χωρικής και χρονικής διακύμανσης του αριθμού ημερών υετού στον Ελληνικό χώρο.

## ΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Το συγκροτηθέν δίκτυο για την εξέταση αριθμού ημερών υετού στην Ελλάδα αποτελείται από 42 σταθμούς της Ε.Μ.Υ., των οποίων η γεωγραφική κατανομή φαίνεται στον χάρτη 1, ενώ η ακριβής θέση και το υψόμετρο κάθε σταθμού αναγράφεται στον πίνακα Ι. Οι χρονοσειρές που εξετάστηκαν καλύπτουν την κοινή χρονική περίοδο 1963-1992.

Ο έλεγχος της ομοιογένειας των παρατηρήσεων έγινε με την εφαρμογή της παραμετρικής στατιστικής δοκιμασίας "Runs-Test" (ΜΩΡΑΪΤΟΥ-ΠΡΕΖΕΡΑΚΟΥ, 1976, ΖΕΡΕΦΟΣ κ.ά., 1977) τα αποτελέσματα της οποίας κρίθηκαν ικανοποιητικά, εφ' όσον ο αριθμός των κυμάτων (runs) βρέθηκε εντός των ορίων που προβλέπονται θεωρητικά (LANGLEY et al., 1979).

1: "NUMBER OF RAINY DAYS OVER GREECE"

2: K.A. PAGONIS, Hellenic Pedagogical Institute, Mesogion str. 396, Athens 153 41

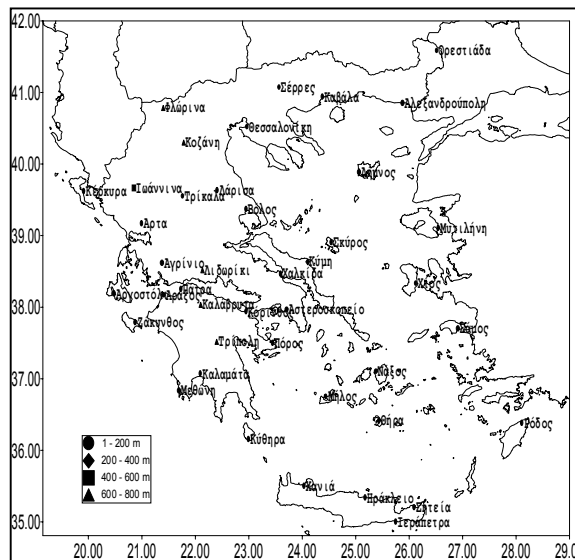
3: P.T. NASTOS, Lab of Climatology, Univ. of Athens, Univ.Campus-Ilisia 157 84

**Πίνακας Ι** Μητρώο των σταθμών του κλιματικού δικτύου

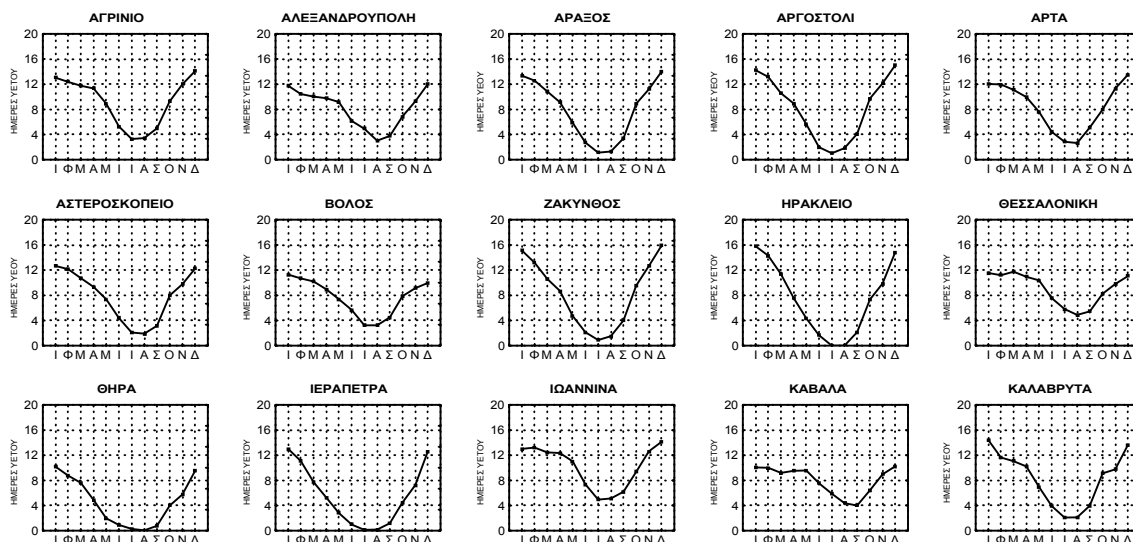
α/α	Σταθμός	φ (°)	λ (°)	h (m)	α/α	Σταθμός	φ (°)	λ (°)	h (m)
1	Αργίνιο	38° 37'	21° 23'	46	22	Λάρισα	39° 38'	22° 25'	73
2	Αλεξανδρούπολη	40° 51'	25° 53'	3	23	Λήμνος	39° 53'	25° 04'	13
3	Αραξός	38° 10'	21° 25'	14	24	Λιδωίκι	38° 31'	22° 08'	600
4	Αροστόλι	38° 11'	20° 29'	2	25	Μεθώνη	36° 50'	21° 42'	33
5	Άρτα	39° 10'	21° 00'	39	26	Μήλος	36° 45'	24° 27'	182
6	Αστεροσκοπείο	37° 58'	23° 43'	60	27	Μυτιλήνη	39° 06'	26° 33'	2
7	Βόλος	39° 22'	22° 57'	3	28	Νάξος	37° 06'	25° 23'	9
8	Ζάκυνθος	37° 47'	20° 53'	3	29	Ορεστιάδα	41° 35'	26° 31'	43
9	Ηράκλειο	35° 20'	25° 11'	38	30	Πάτρα	38° 15'	21° 44'	1
10	Θεσσαλονίκη	40° 31'	22° 58'	4	31	Πόρος	37° 3'	23° 27'	20
11	Θήρα	36° 25'	25° 26'	213	32	Ρόδος	36° 23'	28° 07'	35
12	Τροάπειρα	35° 00'	25° 45'	16	33	Σάμος	37° 42'	26° 55'	48
13	Ιωάννινα	39° 40'	20° 51'	483	34	Σέρρες	41° 04'	23° 34'	32
14	Καβάλα	40° 56'	24° 23'	60	35	Σητεία	35° 12'	26° 06'	25
15	Καλάβρυτα	38° 02'	22° 06'	731	36	Σκύρος	38° 54'	24° 33'	4
16	Καλαμάτα	37° 04'	22° 06'	6	37	Τρίκαλα	39° 33'	21° 46'	112
17	Κέρκυρα	39° 37'	19° 55'	2	38	Τρίπολη	37° 31'	22° 24'	661
18	Κοζάνη	40° 18'	21° 47'	625	39	Φλώρινα	40° 47'	21° 24'	650
19	Κόρινθος	37° 56'	22° 57'	4	40	Χαλκίδα	38° 28'	23° 36'	4
20	Κύθηρα	36° 09'	23° 00'	167	41	Χανιά	35° 30'	24° 02'	62
21	Κύμη	38° 38'	24° 06'	222	42	Χίος	38° 20'	26° 08'	3

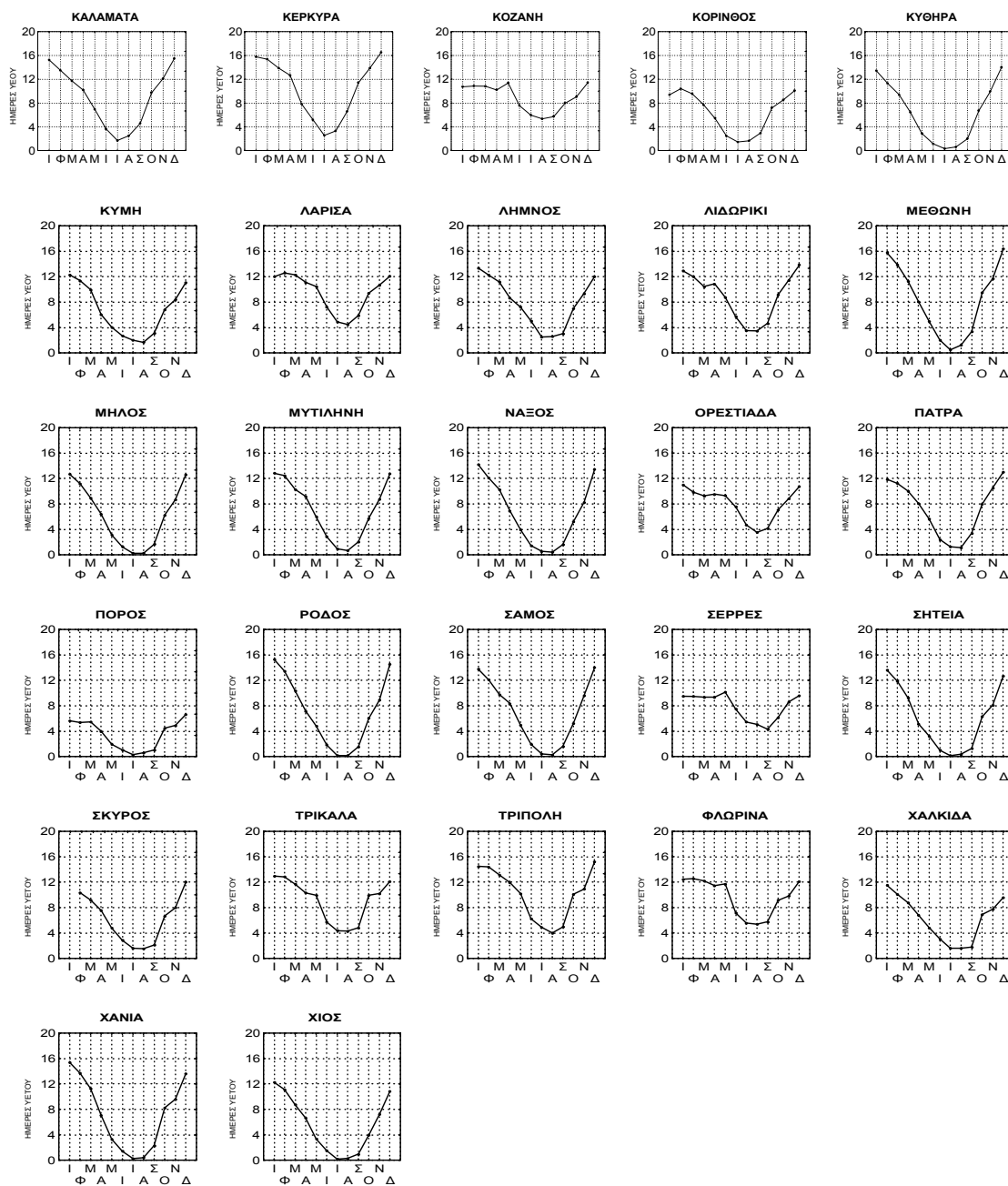
**ΕΤΗΣΙΑ - ΕΠΟΧΙΚΗ ΚΥΜΑΝΣΗ**

Η αξιοποίηση του κλιματικού υλικού οδήγησε στην διαμόρφωση των διαγραμμάτων του σχήματος 1 από την ανάλυση των οποίων διαπιστώνεται ότι η ετήσια πορεία του αριθμού ημερών υετού παρουσιάζει κατά κανόνα απλή κύμανση εμφανίζοντας μέγιστο τον Δεκέμβριο ή Ιανουάριο και ελάχιστο κατά τους μήνες Αύγουστο ή Ιούλιο, εκτός της Β. Ελλάδος όπου δρουν εαρινές καταιγίδες. Παρατηρήθηκε ότι η ηπειρωτική επίδραση εκδηλώνεται είτε με ασθενή δευτερεύοντα μέγιστα κατά την άνοιξη (Ιωάννινα, Καβάλα, Κοζάνη, Ορεστιάδα, Σέρρες, Φλώρινα) Άρτα) ή με καθυστέρηση της πτώσης της συχνότητας από τον χειμώνα προς το καλοκαίρι (Αλεξανδρούπολη, Λάρισα, Τρίκαλα). Υπολογίστηκε ακόμη ότι για την 30ετία 1963-1992 ο μέσος μηνιαίος αριθμός ημερών υετού, για όλους τους σταθμούς του κλιματικού δικτύου που χρησιμοποιήθηκε, είναι 7,7 με τυπική απόκλιση 1,5 ελάχιστο 3,4 (Πόρος) και μέγιστο 10,4 (Κέρκυρα).



**Χάρτης 1.** Γεωγραφική θέση των σταθμών του κλιματικού δικτύου



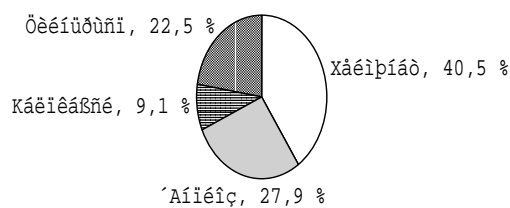


Σχήμα 1. Μέση ετήσια πορεία του αριθμού ημερών υετού στην Ελλάδα

Η εποχική κατανομή παρουσιάζει την συνήθη υετομετρική για τον Ελληνικό χώρο εικόνα δηλαδή: Χειμώνας>Άνοιξη>Φθινόπωρο>Καλοκαίρι. Σε πολύ μικρό αριθμό σταθμών των δυτικών - νοτιοδυτικών περιοχών της χώρας (Αργοστόλι, Ζάκυνθος, Κύθηρα, Μεθώνη), το Φθινόπωρο υπερέχει ελάχιστα της Άνοιξης δίχως ωστόσο η διαφορά μέσω συχνοτήτων να υπερβαίνει την 1 ημέρα.

**ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΑΝΟΜΗ**

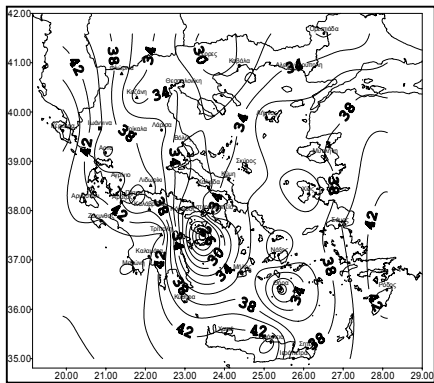
Ο αριθμός ημερών υετού γενικά ακολουθεί την πορεία των υψέσεων και το ανάγλυφο της περιοχής (ΜΑΡΙΟΛΟΠΟΥΛΟΣ-ΚΑΡΑΠΙΠΕΡΗΣ, 1955, ΜΑΡΚΟΥ-ΙΑΚΩΒΑΚΗ, 1979), με αποτέλεσμα, οι δυτικές περιοχές της χώρας να εμφανίζουν υψηλότερες συχνότητες αριθμού ημερών υετού από τις ανατολικές, λόγω της επίδρασης υγρών



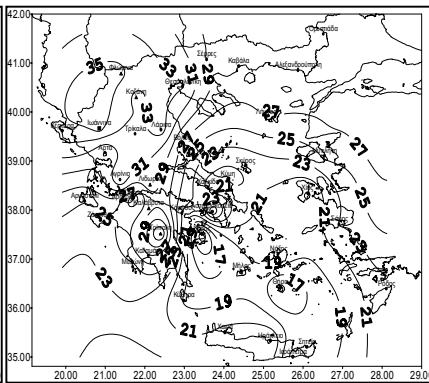
Σχήμα 2. Εποχική κατανομή του αριθμού ημερών υετού στην Ελλάδα

αερίων μαζών οι οποίες κινούνται ανατολικά και της παρεμβολής των κύριων ορεινών όγκων των Ελληνίδων οροσειρών σχεδόν κάθετα στην διεύθυνση της κίνησης αυτών. Το ανάγλυφο ασκεί ουσιαστική επίδραση και διαφοροποιεί έντονα τις περιοχές που ανήκουν σε υετοπλευρά-υετοσκιά. Οι δυτικές από τις ανατολικές παρυφές του Ταυγέτου, για παράδειγμα, παρουσιάζουν μέση διαφορά (30ετίας) περίπου 10 ημέρες και το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται στον Πάρνωνα. (ΠΑΓΩΝΗΣ, 1998).

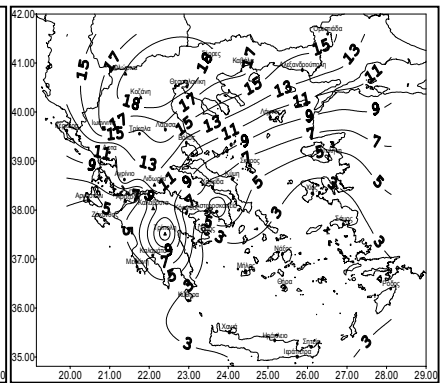
Στους χάρτες 2-5 απεικονίζεται η εποχική γεωγραφική διανομή του μέσου αριθμού ημερών υετού κατά την εξεταζόμενη 30ετία. Κατά τους μήνες της χειμερινής περιόδου (χάρτης 2), οι μέγιστες συχνότητες καταγράφονται στις βόρειες-βορειοανατολικές



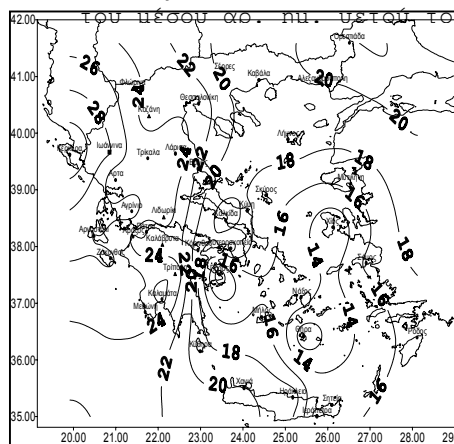
**Χάρτης 2.** Χωρική κατανομή



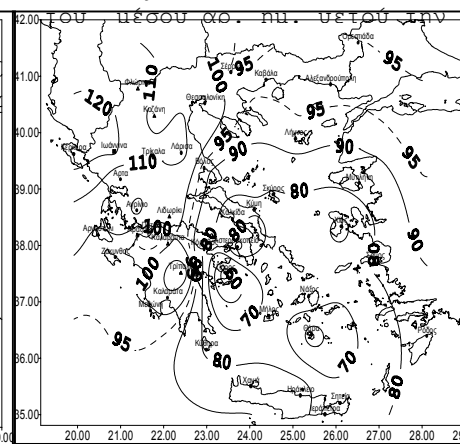
**Χάρτης 3.** Χωρική κατανομή



**Χάρτης 4.** Χωρική κατανομή του



**Χάρτης 5.** Χωρική κατανομή του



**Χάρτης 6.** Χωρική κατανομή του

μέσου α. η. υετού κατά το καλοκαίρι-

περιοχές της χώρας και οι ελάχιστες στα νησιά του Αργοσαρωνικού και τις Κυκλάδες, ενώ είναι εμφανής η βαθμιαία πτώση της συχνότητας εκ δυσμών προς ανατολάς. Την άνοιξη (χάρτης 3), οι περιοχές μεγίστων-ελαχίστων δεν διαφοροποιούνται ουσιαστικά από το χειμώνα, με εξαίρεση τη

να, με εξαίρεση τη σημαντική πτώση της συχνότητας σε όλες τις περιοχές της χώρας και τα μέγιστα εντοπίζονται στη βόρεια Ελλάδα και γενικά υπεράνω των ηπειρωτικών περιοχών λόγω των θερμικών καταιγίδων. Το φθινόπωρο (χάρτης 5), με την ενεργοποίηση του Μεσογειακού μετώπου καταγράφεται αύξηση της συχνότητας στις δυτικές περιοχές ενώ ταυτόχρονα αναδεικνύεται η έντονη επίδραση της ορογραφίας. Συνολικά για το έτος (χάρτης 6), η χωρική κατανομή του μέσου αριθμού ημερών υετού αναδεικνύει μια σαφής διαφοροποίηση μεταξύ δυτικής-ανατολικής και βόρειας-νότιας Ελλάδας. Οι μέγιστες συχνότητες (άνω των 100 ημερών υετού) καταγράφονται στις βορειοδυτικές περιοχές της χώρας και στην κεντρική ορεινή Πελοπόννησο. Οι ελάχιστες συχνότητες καταγράφονται στα νησιά του Αιγαίου, κυρίως δε στις Κυκλάδες.

**ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (FACTOR ANALYSIS)**

Με σκοπό την λεπτομερέστερη μελέτη της χωρικής κατανομής του αριθμού ημερών υετού στην Ελλάδα κατά την εξεταζόμενη χρονική περίοδο 1963-1992, χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση σε κύριες συνιστώσες (JOLLIFFE, 1986) στις χρονοσειρές των μέσων μηνιαίων συχνοτήτων. Ελέγχθηκε η συμβατότητα των στοιχείων για την εφαρμογή της μεθόδου με το test σφαιρικότητας (Bartlett's test of sphericity-SPSS-USER'S GUIDE, USA 1994), κατά το οποίο ελέγχεται η υπόθεση (null hypothesis) περί της μοναδιαίας φύσης του πίνακα συσχετίσεων ( $R=\delta_{ij}$ ) και τα αποτελέσματα κρίθηκαν ικανοποιητικά. Ο πίνακας συσχετίσεων (R-matrix), που προκύπτει υφίσταται ορθογώνια στροφή Varimax (RITCHMAN, 1986) με σκοπό την ανάδειξη των κυρίων συνιστωσών των οποίων η επιλογή γίνεται με το κριτήριο:  $eigenvalue > 1$ . Στον πίνακα II αναγράφονται οι δύο πρώτες κύριες συνιστώσες με ιδιοτιμές άνω του 1 και οι οποίες ερμηνεύουν το 83% της συνολικής μεταβλητότητας. Στον πίνακα III αναγράφονται οι τιμές των factor loadings που προκύπτουν μετά την Varimax περιστροφή των αξόνων.

**Πίνακας II.** Ιδιοτιμές και ερμηνευμένη μεταβλητότητα

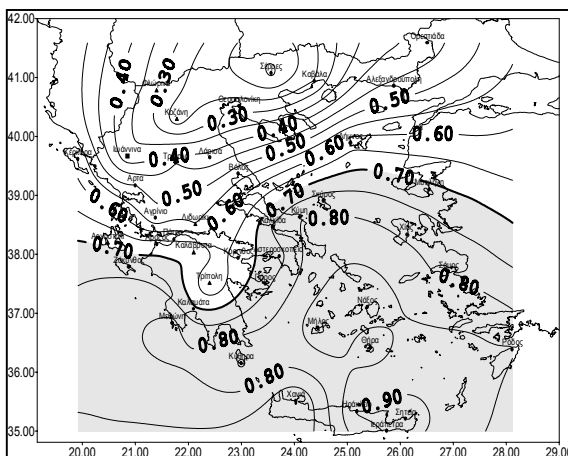
PC	Εσρνλ	% Var.	Tot.Cum.%
1	30.73	73.17	73.17
2	3.01	7.17	80.34

**Πίνακας III.** Factor Loadings (Varimax normalized)

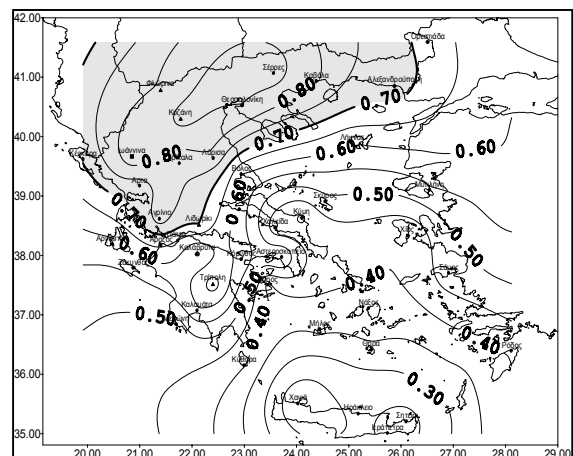
α/α	Σταθμός	Factor 1	Factor 2	α/α	Σταθμός	Factor 1	Factor 2
1	Ανοίνιο	0.51	0.77	22	Λάρισα	0.42	0.79
2	Αλεξανδρούπολη	0.46	0.73	23	Λήμνος	0.63	0.60
3	Αραξος	0.71	0.61	24	Λιδωίκι	0.55	0.70
4	Αονοστόλι	0.70	0.58	25	Μεθώνη	0.81	0.47
5	Άστα	0.50	0.72	26	Μήλος	0.88	0.36
6	Αστρροσκοπέιο	0.73	0.56	27	Μυτιλήνη	0.71	0.54
7	Βόλος	0.53	0.70	28	Νάξος	0.87	0.39
8	Ζάκυνθος	0.73	0.56	29	Ορεστιάδα	0.42	0.68
9	Ηοάκλειο	0.90	0.26	30	Πάτρα	0.64	0.65
10	Θρσσανονίκη	0.28	0.85	31	Πόρος	0.74	0.39
11	Θήοα	0.82	0.34	32	Ρόδος	0.85	0.40
12	Τρσάπειτρα	0.90	0.24	33	Σάμιο	0.78	0.48
13	Ιωάννινα	0.37	0.83	34	Σέροες	0.14	0.87
14	Καβάλα	0.25	0.81	35	Σπείρια	0.92	0.23
15	Καλάβουτα	0.70	0.54	36	Σκύροο	0.78	0.49
16	Καλαμιάτα	0.71	0.59	37	Τοίκκαλα	0.45	0.76
17	Κέοκυοα	0.59	0.70	38	Τοίπολη	0.60	0.68
18	Κοζάνη	0.22	0.86	39	Φλώρινα	0.33	0.81
19	Κόρινθος	0.67	0.59	40	Χαλκίδα	0.76	0.42
20	Κύθηνα	0.86	0.40	41	Χανιά	0.70	0.20
21	Κύμη	0.80	0.39	42	Χίος	0.79	0.40

Η χωρική κατανομή των factor loadings των δύο πρώτων κυρίων συνιστωσών απεικονίζονται στους χάρτες 7 και 8, στους οποίους έχουν γραμμοσκιασθεί οι τιμές άνω του 0,7 έτσι ώστε να διευκρινισθούν οι γεωγραφικές περιοχές των υψηλών φορτίσεων.

Η πρώτη κύρια συνιστώσα (PC1) ομαδοποιεί σταθμούς της νότιας και δυτικής Πελοποννήσου, της Κρήτης και των νησιών του Αιγαίου, ερμηνεύει δε το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής μεταβλητότητας (73,17%). Οι σταθμοί της PC1 χαρακτηρίζονται από ομαλή μεταβολή του αριθμού ημερών βροχής σε ετήσια βάση. Δηλαδή ο αριθ-



**Χάρτης 7.** Χωρική κατανομή της PC<sub>1</sub>



**Χάρτης 8.** Χωρική κατανομή της PC<sub>2</sub>

μός ημερών βροχής ελαττώνεται από το χειμώνα προς το καλοκαίρι και αυξάνει από το καλοκαίρι προς το χειμώνα με τον ίδιο περίπου ρυθμό. Η δεύτερη κύρια συνιστώσα (PC2) ομαδοποιεί ηπειρωτικούς, κατά κανόνα, σταθμούς της βόρειας, (μετά τις 38<sup>ο</sup> γ.π.) και δυτικής Ελλάδας, και ερμηνεύει το 7,17% της συνολικής μεταβλητότητας. Οι σταθμοί της PC2 χαρακτηρίζονται από σχεδόν σταθερότητα του αριθμού ημερών βροχής κατά τους χειμερινούς και εαρινούς μήνες. Τα παραπάνω αποτελέσματα της Παραγοντικής Ανάλυσης μπορούν να εξηγηθούν από την κατά κανόνα ΒΑ πορεία των βροχομετρικών συστημάτων υπεράνω του Ελληνικού χώρου.

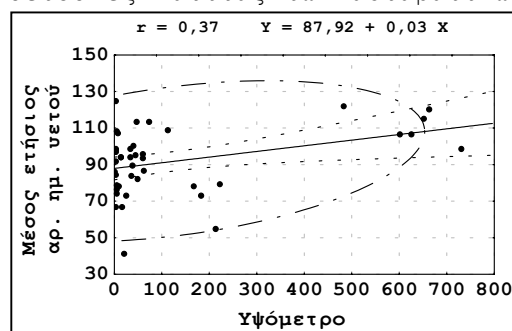
#### ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ

Εξετάστηκε η επίδραση των γεωγραφικών συντεταγμένων καθώς και του υψόμετρου στη συχνότητα του αριθμού ημερών υετού σε ετήσια και εποχική βάση, εφαρμόζοντας τα γραμμικά μοντέλα παλινδρόμησης. Στον πίνακα IV αναγράφονται τα αποτελέσματα της Regression Analysis (Spiegel, 1975). Οι συντελεστές συσχέτισης r που είναι στατιστικά σημαντικοί σε επ. εμπ. 95% έχουν γραμμοσκιασθεί.

Πίνακας IV. Αποτελέσματα της Regression Analysis						
Μέσος ετήσιος αριθμός ημερών υετού - Υψόμετρο						
r=0,37		R <sup>2</sup> =0,14	Adj.R <sup>2</sup> =0,11	F(1,40)=6,32	p<0,01604	Std.Er. of est.: 16,93
	r	S.E.of r	B	S.E. of B	t(40)	p-level
Intercpt			87.93	3.05	28.86	0.00
X(υψόμετρο)	<b>0.37</b>	0.15	0.03	0.01	2.51	0.02
Μέσος ετήσιος αριθμός ημερών υετού - Γεωγραφικό πλάτος						
r=0,50		R <sup>2</sup> =0,25	Adj.R <sup>2</sup> =0,22	F(1,40)=12,89	p<0,00089	Std.Er. of est.: 15,84
	r	S.E.of r	B	S.E. of B	t(40)	p-level
Intercpt			-108.64	55.91	-1.94	0.06
X(γ.πλάτος)	<b>0.49</b>	0.14	5.23	1.46	3.59	0.00
..... - .....						
r=0,60		R <sup>2</sup> =0,36	Adj. R <sup>2</sup> =0,34	F(1,40)=22,30	p<0,00003	Std.Er.of est.: 14,60
	r	S.E.of r	B	S.E. of B	t(40)	p-level
Intercpt			219.68	27.16	8.09	0.00
X(γ.μήκος)	<b>-0.60</b>	0.13	-5.46	1.16	-4.72	0.00

#### α) Επίδραση του υψόμετρου

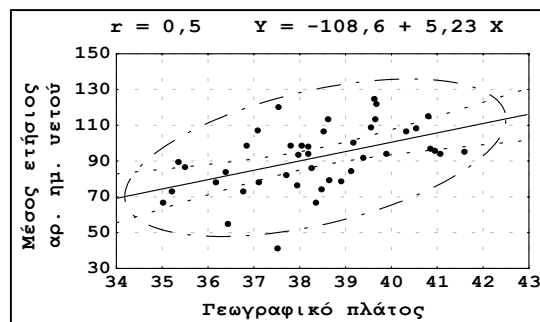
Το αποτέλεσμα της επίδρασης του ανάγλυφου στην κίνηση των υετοφόρων συστημάτων, είναι η αύξηση της χρονικής διάρκειας του υετού εξ' αιτίας των αδιαβατικών διεργασιών που υφίσταται η αέρια μάζα ανερχόμενη του ορεινού όγκου. Είναι επομένως αναμενόμενη η ύπαρξη θετικής συσχέτισης μεταξύ του υψόμετρου και του αριθμού ημερών υετού. Βρέθηκε, για υψόμετρο έως 800m, (σχ.3) ότι σε ετήσια βάση ο αριθμός ημερών υετού εξαρτάται από το υψόμετρο με συντ. συσχέτισης r=0,37 (στατιστικά σημαντικός σε επ. εμπ. 95%) και μέσο ρυθμό μεταβολής 3 ημ./100m. Οι αντίστοιχοι συντελεστές για την άνοιξη και το καλοκαίρι έχουν την αυτή περίπου τιμή και είναι επίσης στατιστικά σημαντικοί. Κατά την χειμερινή και φθινοπωρινή περίοδο, η έλλειψη θερμικών καταιγίδων και η ανάπτυξη υφειακής δράσης, επιφέρουν αύξηση της βαθμίδας του αριθμού ημερών υετού με ταυτόχρονη εξασθένιση του βαθμού συσχέτισης αυτών με το υψόμετρο, διότι κατά την ψυχρή περίοδο οι υετοφόρες διεργασίες προκαλούνται από δυναμικά αίτια μεγάλης κλίμακας, με αποτέλεσμα ο υψομετρικός παράγοντας να μην αναδεικνύεται. Οι αντίστοιχοι συντ. συσχέτισης, δεν είναι στατιστικά σημαντικοί.



Σχήμα 3. Μεταβολή του μέσου ετήσιου αριθμού ημερών υετού με το υψόμετρο

#### β) Επίδραση του γεωγραφικού πλάτους

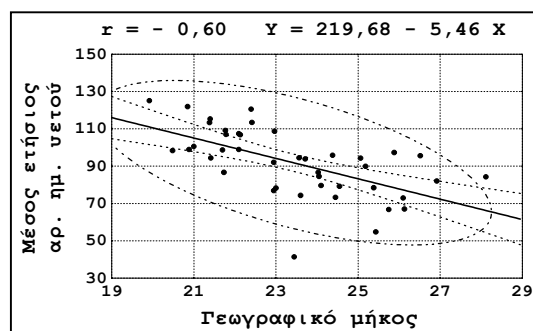
Η επίδραση του γ.πλάτους στον ετήσιο αριθμό ημερών υετού βρέθηκε να είναι στατιστικά σημαντική με  $r=0,50$  και μέση βαθμίδα μεταβολής  $5\text{ημέρες}/1^\circ$  γ.πλάτους. Στατιστικά σημαντικές είναι και οι εποχικές συσχετίσεις ενώ αξίζει να επισημανθεί η ισχυρή συσχέτιση που καταγράφεται το καλοκαίρι (προφανώς λόγω των θερμικών καταιγίδων και της πτώσης της θερμοκρασίας στη βόρεια ηπειρωτική χώρα) της οποίας ο συντελεστής συσχέτισης βρέθηκε  $r=0,83$  και μέση βαθμίδα μεταβολής  $3\text{ημ}/1^\circ\gamma.\text{π.}$



Σχήμα 4. Μεταβολή του μέσου ετήσιου αριθμού ημερών υετού με το γ. πλάτος

#### γ) Επίδραση του γεωγραφικού μήκους

Η επίδραση του γ.μήκους σε ετήσια και εποχική βάση είναι αρνητική. Η ετήσια συσχέτιση είναι μέτρια ισχυρή με συντελεστή συσχέτισης  $r=-0,6$  και βαθμίδα μεταβολής περίπου  $-5,5\text{ημ}/1^\circ\gamma.\mu.$  Η ισχυρότερη συσχέτιση καταγράφεται το φθινόπωρο με  $r=-0,8$  (ενεργοποίηση του Μεσογειακού μετώπου), ενώ η συσχέτιση με το δέν είναι στατιστικά σημαντική. Οι συσχετίσεις την άνοιξη και το καλοκαίρι είναι στατιστικά σημαντικές με συντελεστές συσχέτισης  $-0,53$  και  $-0,37$  αντίστοιχα.



Σχήμα 5. Μεταβολή του μέσου ετήσιου αριθμού ημερών υετού με το γ. μήκος

#### ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ - ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΤΗΤΕΣ

Με την εφαρμογή του κριτηρίου Mann-Kendall στις χρονοσειρές των μέσων μηνιαίων συχνοτήτων ημερών υετού, διαπιστώθηκε ότι στους 39 εκ των 42 σταθμών του δικτύου (92,8%) παρατηρείται στατιστικά σημαντική τάση μείωσης της συχνότητας. Οι τρεις σταθμοί στους οποίους δεν καταγράφεται στατιστικά σημαντική τάση μεταβολής είναι της Θεσσαλονίκης, Λάρισας και Τρικάλων. Στον πίνακα V αναγράφονται για κάποιους σταθμούς του δικτύου οι συντελεστές των ευθειών παλινδρόμησης ενώ οι κλίσεις που εκφράζουν στατιστικά σημαντικές τάσεις (σε επ.εμπ.95%) έχουν γραμμοσκιασθεί.

Πίνακας V. Αποτελέσματα της Trend Analysis						
Σταθμός	p	t-value	student	a	b	Τάση
Βόλος	23484	-0,27	6,9E+04	10,2	-1,4E+04	↘
Ζάκυνθος	27901	-0,14	6,9E+04	9,7	-8,2E+03	↘
Θεσ/νίκη	30802	0,00	6,9E+04	8,9	6,4E+01	—
Θήρα	28761	-0,11	6,9E+04	4,4	9,4E+02	↘
Κύπρ	25013	-0,23	6,9E+04	8,9	-0,0131	↘
Λάοισα	30774	0,00	6,9E+04	9,6	4,8E+02	—
Λήμνος	29068	-0,10	6,9E+04	8,6	-4,3E+03	↘
Σκύρος	28575	-0,12	6,9E+04	7,4	-4,2E+03	↘
Τοίκαλα	31166	0,00	6,9E+04	8,8	1,5E+03	—
Τοίπολη	28053	-0,13	6,9E+04	11,4	-0,0072	↘
Χίος	23354	-0,28	6,9E+04	8,4	-1,6E+04	↘

Έγινε κατόπιν έλεγχος των περιοδικοτήτων (W.M.O.,1966) που εμφανίζουν οι χρονοσειρές με τη μέθοδο της φασματικής ανάλυσης και δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές περιοδικότητες πέραν της ετήσιας.

#### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- ♦ Στην Ελλάδα η ετήσια πορεία του αριθμού ημερών υετού παρουσιάζει κατά κανόνα απλή κύμανση εμφανίζοντας μέγιστο τον Δεκέμβριο ή Ιανουάριο και ελάχιστο κατά τους μήνες Αύγουστο ή Ιούλιο. Υπολογίστηκε ότι για την 30ετία 1963-1992 ο μέσος μηνιαίος αριθμός ημερών υετού, για όλους τους σταθμούς του κλιματικού δικτύου που χρησιμοποιήθηκε, είναι 7,7 με τυπική απόκλιση 1,5, ελάχιστο 3,4 (Πόρος) και μέγιστο 10,4 (Κέρκυρα). Η εποχική κατανομή παρουσιάζει την συνήθη υετομετρική για τον Ελληνικό χώρο εικόνα δηλαδή: Χειμώνας>Άνοιξη>Φθινόπωρο> Καλοκαίρι
- ♦ Η χωρική κατανομή του αρ. ημερών υετού παρουσιάζει κατά τους μήνες της χειμερινής περιόδου μέγιστες συχνότητες στις Β-ΒΑ περιοχές της χώρας και οι ελάχι-

- στες στα νησιά του Αργοσαρωνικού και τις Κυκλάδες, ενώ είναι εμφανής η βαθμιαία πτώση της συχνότητας εκ δυσμών προς ανατολάς. Την άνοιξη οι περιοχές μεγίστων-ελαχίστων δεν διαφοροποιούνται ουσιαστικά από το χειμώνα, με εξαίρεση τη γενική πτώση της συχνότητας και την ανάδειξη της επίδρασης των ηπειρωτικών περιοχών λόγω των εαρινών καταιγίδων. Κατά τη θερινή περίοδο καταγράφεται πτώση της συχνότητας σε όλες τις περιοχές της χώρας και τα μέγιστα εντοπίζονται στη Β Ελλάδα. Το φθινόπωρο με την ενεργοποίηση του Μεσογειακού μετώπου καταγράφεται αύξηση της συχνότητας στις Δ περιοχές ενώ ταυτόχρονα αναδεικνύεται η έντονη επίδραση της ορειογραφίας. Συνολικά για το έτος η χωρική κατανομή του μέσου αρ.ημερών αναδεικνύει μια σαφή διαφοροποίηση μεταξύ Δ-Α και Β-Ν Ελλάδας. Οι μέγιστες συχνότητες καταγράφονται στις ΒΑ περιοχές και οι ελάχιστες στα νησιά του Αιγαίου.
- ♦ Η εφαρμογή της "Ανάλυσης σε Κύριες Συνιστώσες" (PCA), ανέδειξε 2 γεωγραφικές περιοχές με ομοιογενή κλιματικά χαρακτηριστικά. Η πρώτη συνιστώσα (PC<sub>1</sub>) ομαδοποιεί σταθμούς της Ν Πελοποννήσου της Κρήτης και των νησιών του Αιγαίου, ερμηνεύει δε το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής μεταβλητότητας (73,17%). Η δεύτερη συνιστώσα (PC<sub>2</sub>) ομαδοποιεί ηπειρωτικούς, κατά κανόνα, σταθμούς της Δ και Β Ελλάδας, (μετά τις 39<sup>ο</sup> γ.π.), και ερμηνεύει το 7,17% της συνολικής μεταβλητότητας.
  - ♦ Βρέθηκε ότι σε ετήσια βάση ο αριθμός ημ. υετού εξαρτάται από το υψόμετρο με συντ. συσχέτισης  $r = 0,37$  και μέσο ρυθμό μεταβολής 3ημ./100m. Οι αντίστοιχοι συντελεστές για την άνοιξη και το καλοκαίρι έχουν την αυτή τιμή και είναι επίσης στατιστικά σημαντικοί. Κατά την χειμερινή και φθινοπωρινή περίοδο, η έλλειψη θερμικών καταιγίδων και η ανάπτυξη υφισταστικής δράσης, επιφέρουν αύξηση της βαθμίδας του αριθμού ημερών υετού με ταυτόχρονη εξασθένηση του βαθμού συσχέτισης αυτών με το υψόμετρο. Η επίδραση του γεωγραφικού πλάτους στον ετήσιο αριθμό ημερών υετού βρέθηκε να είναι στατιστικά σημαντική με  $r=0,5$  και μέση βαθμίδα μεταβολής 5ημ/1<sup>ο</sup>γ.π. Στατιστικά σημαντικές είναι και οι εποχικές συσχετίσεις. Η επίδραση του γεωγραφικού μήκους σε ετήσια και εποχική βάση είναι αρνητική. Η ετήσια συσχέτιση είναι μέτρια ισχυρή με συντ. συσχέτισης  $r=-0,6$  και βαθμίδα μεταβολής περίπου -5,5ημ/1<sup>ο</sup>γ.μ. Η ισχυρότερη συσχέτιση καταγράφεται το φθινόπωρο με  $r=-0,8$  ενώ η συσχέτιση με το χειμώνα δεν είναι στατιστικά σημαντική.
  - ♦ Με την εφαρμογή του κριτηρίου Mann-Kendall στις χρονοσειρές των μέσων μηνιαίων συχνοτήτων ημερών υετού, διαπιστώθηκε ότι στους 39 εκ των 42 σταθμών του δικτύου (92,8%) παρατηρείται στατιστικά σημαντική τάση μείωσης της συχνότητας. Η εξέταση της περιοδικότητας με την μέθοδο της φασματικής ανάλυσης ανέδειξε επικρατέστερη περιοδικότητα την ετήσια.

#### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1]Fisher, R., (1958), "Statistical methods for research workers", USA.
- [2]Jolliffe, I. (1986), "Principal Component Analysis", Springer p.271, New York.
- [3]Langley, et all., (1979), "Test of Homogeneity for Climate Data". USA
- [4]Olea, R.A., (1974), "Optimal contour mapping using Universal Kriging", *Journal of Geophysical Research*, vol.79
- [5]Ritchman, M., (1986), "Rotation of PCA." *J.Climatol.*, 6, 293-335
- [6]Spiegel, M.R. (1975), "Statistics". New York
- [7]Statistical Package for Social Sciences, (1994), User-Guide. USA
- [8]W.M.O., (1966) "Climatic change". No 195, T.P.100, Geneva.
- [9]W.M.O., (1972) "Agricultural Meteorology", No 310, Geneva
- [10]Ζερεφός, Χ., κá. (1977), "Μελέτη επί των χρονοσειρών της βροχής εις τον σταθμόν του Ε.Α.Α. κατά την 100ετία 1871-1970." Δημοσιεύματα Εργ. Κλιματολογίας. Αθήνα.
- [11]Κανδύλης, Φ.Ι. (1988), "Ο υετός στη Στερεά Ελλάδα". Διδακτορική Διατριβή. Αθήνα
- [12]Κοτίνη-Ζαμπάκα, Σ.Ι. (1983), "Συμβολή στην κατά μήνα μελέτη του κλίματος της Ελλάδας." Διδακτορική Διατριβή. Θεσ/νίκη
- [13]Μαριολόπουλος, Η.Γ Καραπιπέρης, Λ.Ν. (1955), "Αι βροχοπτώσεις εν Ελλάδι". Αθήνα.
- [14]Μάρκου, Π. (1979), "Ο υετός εις την νήσον Κρήτην". Διατριβή επί Διδακτορία. Αθήνα
- [15]Μωραΐτου-Πρεζεράκου, Ε. (1976), "Περί της ομοιογένειας των ετήσιων υψών βροχής". Δημοσιεύματα Ε.Μ.Υ. Αθήνα
- [16]Νικολάκης, Δ.Ι. (1985), "Ο υετός στη Θεσσαλία". Διδακτορική Διατριβή. Αθήνα.
- [17]Παγώνης, Κ.Α. (1998), «Συμβολή στην μελέτη των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων της Πελοποννήσου». Διδακτορική Διατριβή. Αθήνα.