

## ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΟΖΑΝΗΣ - ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΗΣ ΜΕ ΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ

Α.Φ. ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΙΔΗΣ<sup>1</sup>, Α.Γ. ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΥ<sup>1</sup> ΚΑΙ Θ.Σ. ΚΑΡΑΚΩΣΤΑΣ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Εργαστήριο Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Περιβαλλοντικής Φυσικής, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας, 50100 Κοζάνη

<sup>2</sup>Τομέας Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ευρύτερη περιοχή του λεκανοπέδιου Κοζάνης – Πτολεμαΐδας παρουσιάζει έντονα φυσιογραφικά χαρακτηριστικά, ενώ σημαντική είναι η βιομηχανική δραστηριότητα, που συνίσταται στην εξόρυξη και στην καύση λιγνίτη για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η διαχρονική συμπεριφορά βασικών κλιματικών μεγεθών για την περίοδο 1981 – 2001. Ειδικότερα, ελέγχονται για την ύπαρξη τάσεων οι χρονοσειρές ετησίων τιμών της θερμοκρασίας αέρα, του ύψους βροχής, της ολικής νεφοκάλυψης και της σχετικής υγρασίας. Στη συνέχεια μελετάται η διαχρονική μεταβολή μεγεθών που σχετίζονται άμεσα με τη βιομηχανική δραστηριότητα στην περιοχή ενδιαφέροντος. Τέλος, εξετάζεται η δυνατότητα σύνδεσης της διαχρονικής αυτής μεταβολής με τις τάσεις που καταγράφονται στις εξεταζόμενες κλιματικές παραμέτρους.

### TIME VARIABILITY OF BASIC CLIMATIC PARAMETERS AT THE KOZANI – PTOLEMAIDA AREA AND ITS CONNECTION WITH THE INDUSTRIAL ACTIVITY

A.F. KARAGIANNIDIS<sup>1</sup>, A.G. TRIANTAFYLLOU<sup>1</sup> and T.S. KARACOSTAS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Atmospheric Pollution and Environmental Physics, School of Technological Applications, TEI of West Macedonia, 50100 Kozani, Greece

<sup>2</sup>Department of Meteorology and Climatology, School of Geology, A.U.Th.

### ABSTRACT

The greater area of Kozani – Plotemaida basin presents intense physiographic characteristics. Power plants production activity, which consists mainly of excursion and burning of lignite, is quite increased.

The time variability of some basic climatological parameters for the period 1981 – 2001 is studied. Specifically, annual time-series values of: air temperature, precipitation amount, total cloud-cover and relative humidity, are examined for the existence of trends. The study of time variation of the parameters that are directly related to the power plants activity in the area is also performed. Finally, the potentiality of a connection between this time variability and the examined climatic parameters trends, is considered.

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μεγάλο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας παράγεται στους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς (ΑΗΣ) της ευρύτερης περιοχής του λεκανοπέδιου Κοζάνης-Πτολεμαΐδας. Η λειτουργία τους στηρίζεται στη συνεχή τροφοδοσία με λιγνίτη, και κατ' επέκταση στη συνεχή εξόρυξή του, από τα ορυχεία της περιοχής. Αναπόφευκτο αποτέλεσμα της λειτουργίας των ΑΗΣ και των ορυχείων, είναι η επιβάρυνση της ατμόσφαιρας του λεκανοπέδιου με αέριους ρύπους και αιωρούμενα σωματίδια. Το μέγεθος της επιβάρυνσης, καθώς και η επίδραση αυτής στον άνθρωπο, τα λοιπά έμβια όντα και το περιβάλλον εν γένει, υπήρξε και εξακολουθεί να είναι αντικείμενο μελέτης πολλών ερευνητών (Ασχονίτης κ.α., 2006; Iordanidis et al., 2007; Stratis et al., 1995;

Triantafyllou et al., 2000 and 2002; Triantafyllou, 2003). Εξίσου σημαντικές μελέτες έχουν γίνει και για την ανάδειξη της πιθανής αλληλεπίδρασης, ανάμεσα στην δραστηριότητα των ορυχείων και των ΑΗΣ, και τα κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής (Ασχονίτης κ.α, 2006; Triantafyllou, 2003; Triantafyllou et al. 2002).

Στην παρούσα εργασία μελετάται η διαχρονική μεταβολή βασικών κλιματικών παραμέτρων του λεκανοπεδίου Κοζάνης-Πτολεμαΐδας. Η μεταβολή αυτή συγκρίνεται με τη μεταβολή που παρουσιάζουν τα μεγέθη αυτά σε ευρύτερες περιοχές, όπως η Ελλάδα, η Μεσόγειος, ή το Βόρειο Ημισφαίριο. Παράλληλα εξετάζεται η διαχρονική μεταβολή μεγεθών που σχετίζονται με τη βιομηχανική δραστηριότητα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή. Τέλος συζητάται η πιθανότητα επίδρασης της δραστηριότητας αυτής στη μεταβολή των μελετούμενων κλιματικών παραμέτρων.

## 2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Χρησιμοποιούνται μέσες ημερήσιες τιμές θερμοκρασίας (T), βροχόπτωσης (Pr), νεφοκάλυψης (CI) και σχετικής υγρασίας (RH), του μετεωρολογικού σταθμού της Κοζάνης, για την περίοδο 1981-2001. Από τις ημερήσιες τιμές των μελετούμενων κλιματικών μεγεθών, υπολογίζονται οι αντίστοιχες ετήσιες τιμές. Έτσι για τη θερμοκρασία, τη νεφοκάλυψη και τη σχετική υγρασία υπολογίζεται η μέση ετήσια τιμή, ενώ για τη βροχόπτωση υπολογίζεται το ετήσιο αθροιστικό ύψος.

Επίσης χρησιμοποιούνται ετήσιες τιμές εξορυσσόμενης μάζας λιγνίτη από το Λιγνιτικό Κέντρο Δυτικής Μακεδονίας (ΛΚΑΜ), καθώς και ετήσιες τιμές παραγόμενης ενέργειας από τους ΑΗΣ της περιοχής, για την ίδια χρονική περίοδο.

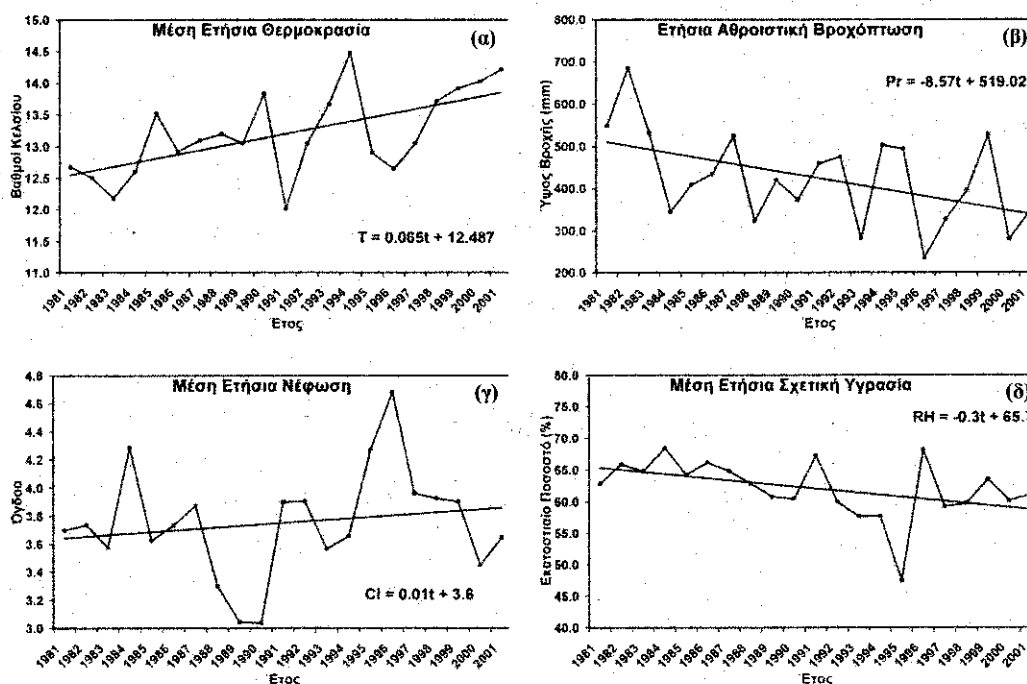
Για τον εντοπισμό πιθανών τάσεων στις μελετούμενες χρονοσειρές, υπολογίζονται αρχικά οι κλίσεις των ευθειών ελαχίστων τετραγώνων κάθε μιας από αυτές. Στη συνέχεια και με τη βοήθεια του Kendall – tau κριτηρίου (Press et al., 1996; Τολικά κ.α., 2004) εξετάζεται αν αυτές είναι στατιστικώς σημαντικές σε επίπεδο 95%, αλλά και 90%. Τέλος, γίνεται εφαρμογή του γραφικού, μη-παραμετρικού κριτηρίου Mann-Kendall (Goossens and Burger, 1986; Sneyers, 1990), ώστε να εντοπισθούν συγκεκριμένες υποπερίοδοι, κατά τις οποίες καταγράφεται στατιστικώς σημαντική θετική ή αρνητική τάση των μελετούμενων μεγεθών, σε επίπεδο σημαντικότητας 95%.

## 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο Σχήμα 1(α έως δ) παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή των ετήσιων τιμών των μελετούμενων μεγεθών, για το σύνολο της περιόδου 1981-2001. Στα ίδιο σχήμα χαράσσονται οι αντίστοιχες ευθείες ελαχίστων τετραγώνων, καθώς και η αναλυτική εξίσωσή τους. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι τιμές της παραμέτρου  $\tau$  του Kendall-tau κριτηρίου, καθώς και το αποτέλεσμα του ελέγχου σημαντικότητας της γραμμικής τάσης της κάθε σειράς. Ο έλεγχος γίνεται για δύο επίπεδα σημαντικότητας, 95% και 90%. Οι μελετούμενες χρονοσειρές έχουν από 21 παρατηρήσεις και επομένως το στατιστικό ( $\tau$ ), του Kendall-tau κριτηρίου παίρνει την τιμή  $\pm 0,309$  για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και  $\pm 0,256$  για επίπεδο εμπιστοσύνης 90%. Τέλος, στα Σχήματα 2 (α έως δ) φαίνονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής του γραφικού, μη-παραμετρικού Mann-Kendall κριτηρίου στις μελετούμενες χρονοσειρές.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1α, η διαχρονική τάση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας, για το σύνολο της περιόδου 1981-2001, αν αυτή θεωρηθεί γραμμική, είναι σαφώς αυξητική. Η κλίση της ευθείας ελαχίστων τετραγώνων ισούται με  $0,065^{\circ}\text{C}$  ανά έτος, τιμή που ισοδυναμεί με αύξηση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας κατά  $0,65^{\circ}\text{C}$  ανά δεκαετία. Η αυξητική αυτή τάση, όπως προκύπτει από την εφαρμογή του Kendall-tau κριτηρίου, χαρακτηρίζεται στατιστικώς σημαντική σε επίπεδο 95%, αφού είναι  $\tau = 0,467$ , με  $(\tau)_t = \pm 0,309$ , δηλαδή  $|\tau| > |(\tau)_t|$ .

Όπως προκύπτει από τη μελέτη του Σχήματος 2α, αλλά και την παράλληλη μελέτη του Σχήματος 1α, η μέση ετήσια θερμοκρασία παρουσιάζει αρκετές διακυμάνσεις, όμως από το 1988 ξεκινά μια αυξητική τάση, η οποία είναι στατιστικώς σημαντική, σε επίπεδο 95%, από το 1999 και έπειτα.



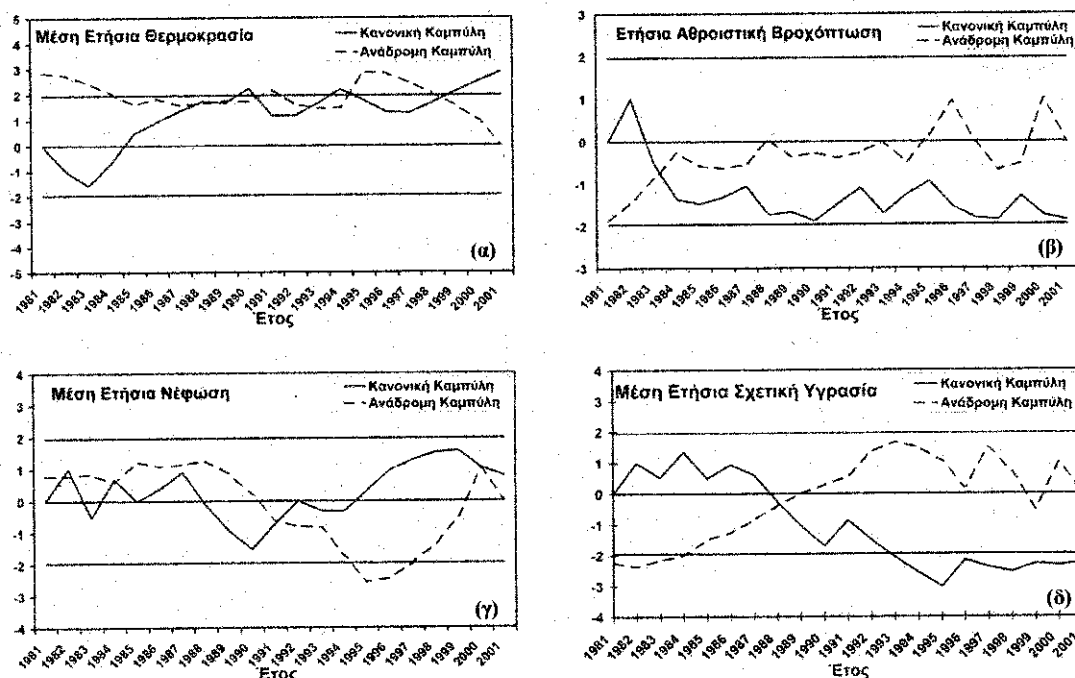
ΣΧΗΜΑ 1. Διαχρονική μεταβολή των ετήσιων τιμών της (α) θερμοκρασίας (T), (β) βροχόπτωσης (Pr), (γ) νεφοκάλυψης (CI), και (δ) σχετικής υγρασίας (RH).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Παράμετρος  $\tau$  του Kendall-tau κριτηρίου για τις μελετούμενες χρονοσειρές, καθώς και το αποτέλεσμα του ελέγχου σημαντικότητας σε επίπεδο 95% και 90%.

Μέγεθος	Παράμετρος $\tau$	Στατιστικώς σημαντική σε επίπεδο 95%	Στατιστικώς σημαντική σε επίπεδο 90%
Θερμοκρασία	0,467	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Βροχόπτωση	-0,295	ΟΧΙ	ΝΑΙ
Νεφοκάλυψη	0,114	ΟΧΙ	ΟΧΙ
Σχετική Υγρασία	-0,343	ΝΑΙ	ΝΑΙ

Σύμφωνα με τα συμπεράσματα της 4ης Έκθεσης της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) (<http://www.ipcc.ch/>), καταγράφεται αύξηση της μέσης θερμοκρασίας στο σύνολο του Βορείου Ημισφαιρίου. Για τις χερσαίες περιοχές του ημισφαιρίου, και κατά την περίοδο 1979-2005, η αύξηση της θερμοκρασίας, αν αυτή θεωρηθεί γραμμική με τον χρόνο,

κυμαίνεται από  $0,294 \pm 0,074^{\circ}\text{C}$  έως  $0,344 \pm 0,096^{\circ}\text{C}$  ανά δεκαετία. Για τον Ελληνικό χώρο ως σύνολο, σύμφωνα με τους Feidas et al. (2004), έχει καταγραφεί απουσία τάσης στην μέση θερμοκρασία, ενώ στην ίδια μελέτη εντοπίζεται ανοδική τάση για την περιοχή της Κοζάνης, η οποία όμως δεν είναι στατιστικώς σημαντική. Οι Νάστος και Φιλάνδρας (2006), στην προσπάθεια εντοπισμού τάσεων της ελάχιστης και μέγιστης θερμοκρασίας για την περίοδο 1955-2001 σε 26 σταθμούς του Ελληνικού χώρου, κατέγραψαν σαφή χωρική και εποχική διαφοροποίηση αυτών. Όσον αφορά την περιοχή της Κοζάνης, καταγράφηκε τάση αύξησης της θερμοκρασίας σε όλες τις περιπτώσεις, η οποία γίνεται στατιστικώς σημαντική, όσον αφορά τις ελάχιστες τιμές της, μόνο για το θέρος και για το έτος. Την τελευταία τάση εντόπισαν και οι Pappas et al. (2004). Οι Proedrou et al. (1997) αναφέρουν ότι ο ελληνικός χώρος παρουσιάζει στατιστικώς μη-σημαντική τάση ελάττωσης της θερμοκρασίας, ενώ η περιοχή της Κοζάνης παρουσιάζει ελαφρά αύξηση. Τα παραπάνω συμπεράσματα δεν αντίκεινται στα αποτελέσματα της παρούσης έρευνας.



ΣΧΗΜΑ 2. Κανονική και ανάδρομη καμπύλη του γραφικού Mann-Kendall κριτηρίου για τις χρονοσειρές της ετήσιας: (α) θερμοκρασίας, (β) βροχόπτωσης, (γ) νεφοκάλυψης, και (δ) σχετικής υγρασίας.

Η βροχόπτωση (Σχήμα 1β) παρουσιάζει τάση ελάττωσης, όταν θεωρείται γραμμική και εξετάζεται στο σύνολο της περιόδου 1981-2001. Συγκεκριμένα, η ετήσια αθροιστική βροχόπτωση ελαττώνεται κατά  $8,57\text{mm}$  ανά έτος, ή  $85,7\text{mm}$  ανά δεκαετία. Από την εφαρμογή του Kendall-tau τεστ προκύπτει ότι, η τάση αυτή είναι στατιστικώς σημαντική σε επίπεδο 90%, αφού  $\tau = -0,295$  και επομένως  $|\tau| > |(\tau)_t|$ .

Όπως προκύπτει από τη μελέτη των αποτελεσμάτων του γραφικού μη-παραμετρικού Mann-Kendal τεστ στην ετήσια αθροιστική βροχόπτωση (Σχήμα 2β), σε κανένα σημείο της μελετούμενης περιόδου δεν καταγράφεται τάση στατιστικώς

σημαντική σε επίπεδο 95%. Είναι όμως εμφανής μια σχεδόν μονότονη, αλλά μη σημαντική, τάση ελάττωσης της βροχόπτωσης, από το 1984 έως το 2001.

Όπως αναφέρεται στην 4<sup>η</sup> Έκθεση της IPCC, η βροχόπτωση παρουσιάζει αρκετά περίπλοκη συμπεριφορά (<http://www.ipcc.ch/>). Πράγματι, ενώ καταγράφεται αύξηση της στη Βόρεια Ευρώπη, στην περιοχή της Μεσογείου η ολική βροχόπτωση ελαττώνεται. Σύμφωνα με τους Norrant και Douguédroit (2006), η βροχόπτωση στην περιοχή της Μεσογείου παρουσιάζει τάση ελάττωσης, η οποία δεν είναι στατιστικώς σημαντική. Όμως, όπως τονίζεται στην ίδια μελέτη, η Ελλάδα εμφανίζει στατιστικώς σημαντική τάση ελάττωσης της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης για την περίοδο 1950-2000. Σε ανάλογα συμπεράσματα κατέληξαν και οι Feidas et al. (2007), οι οποίοι μελετώντας τη βροχόπτωση στον Ελληνικό χώρο, εντόπισαν ελάττωσή της για την περίοδο, από 1984 έως και το 2001. Την ίδια ακριβώς περίοδο καταγράφεται στατιστικώς σημαντική τάση ελάττωσης και για την περιοχή την Κοζάνης. Τάση ελάττωσης της βροχόπτωσης του Ελληνικού χώρου για την περίοδο 1958-2000, η οποία σε πολλές περιοχές είναι στατιστικώς σημαντική, καταγράφεται και από τους Maheras et al. (2004), κυρίως για το Χειμώνα και σε μικρότερο βαθμό την Άνοιξη και το Φθινόπωρο. Όπως γίνεται λοιπόν φανερό, τα αποτελέσματα της παρούσης εργασίας, συμφωνούν με αυτά των προαναφερθεισών μελετών.

Αυξητική τάση, για το σύνολο της μελετούμενης περιόδου, παρουσιάζει και η μέση ετήσια νεφοκάλυψη (Σχήμα 1γ). Η κλίση της ευθείας ελαχίστων τετραγώνων είναι ίση με 0,01 όγδοα ανά έτος. Όμως, η τάση αυτή δεν κρίνεται στατιστικώς σημαντική, αφού για την περίπτωση της νεφοκάλυψης, η εφαρμογή του Kendall-tau κριτηρίου δίνει ότι  $|t| < |(τ)_t|$ , σε επίπεδο 95%, αλλά και 90%. Από την παράλληλη μελέτη του σχήματος 2γ, προκύπτει ότι η μέση ετήσια νεφοκάλυψη εμφανίζει αυξητική τάση μετά το 1992, η οποία όμως δεν είναι στατιστικώς σημαντική σε επίπεδο 95%.

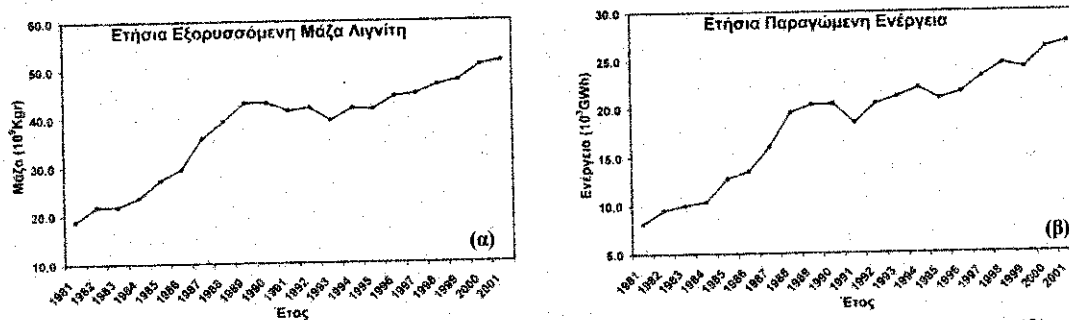
Αρκετές μελέτες έχουν εκπονηθεί στην προσπάθεια σπουδής της τάσης της νεφοκάλυψης σε όλο τον κόσμο, πολλές δε από αυτές περιλαμβάνουν και την Ευρώπη (Auer et al., 2007; Hahn and Warren, 2003; Maugeri et al., 2001; Minis et al., 2004). Όπως προκύπτει από τις μελέτες αυτές, αλλά και τα συμπεράσματα της 4<sup>ης</sup> Έκθεσης της IPCC, η νεφοκάλυψη παρουσιάζει τάσεις οι οποίες διαφέρουν σημαντικά, ανάλογα με την περιοχή μελέτης, το ύψος της νέφωσης και τη μελετούμενη περίοδο. Όσον αφορά στην Ελλάδα, η βιβλιογραφία στο θέμα της διαχρονικής μεταβολής της νεφοκάλυψης κατά την περίοδο 1981-2001, είναι αρκετά περιορισμένη.

Η σχετική υγρασία (Σχήμα 1δ) παρουσιάζει γραμμική τάση ελάττωσης για το σύνολο της περιόδου 1981-2001. Συγκεκριμένα, η μέση ετήσια σχετική υγρασία ελαττώνεται κατά 0,3% ανά έτος, τάση η οποία είναι στατιστικώς σημαντική σε επίπεδο 95%, όπως προκύπτει από την εφαρμογή του Kendall-tau κριτηρίου.

Όπως φαίνεται στα Σχήματα 2δ και 1δ, η μέση ετήσια σχετική υγρασία παρουσιάζει σχεδόν μονότονη ελάττωση από το 1989 έως και το τέλος της μελετούμενης περιόδου. Η τάση αυτή γίνεται στατιστικώς σημαντική, σε επίπεδο 95%, από το 1993 μέχρι και το 2001.

Στο Σχήμα 3α παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή της ετήσιας εξορυσσόμενης μάζας λιγνίτη από το ΑΚΑΜ, για την περίοδο 1981-2001, ενώ στο Σχήμα 3β παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή της ετήσιας παραγόμενης ενέργειας από τους ΑΗΣ της περιοχής, για την ίδια περίοδο. Όσον αφορά στην εξόρυξη λιγνίτη, καταγράφεται μια σημαντική, σχεδόν μονότονη, αύξηση κατά το διάστημα 1981-1989. Στη συνέχεια η εξόρυξη ελαττώνεται ελαφρά μέχρι και το 1993, ενώ κατόπιν αρχίζει και πάλι να αυξάνεται. Παρά τη μικρή ελάττωση της περιόδου 1989-1993, η εξόρυξη

λιγνίτη πολλαπλασιάζεται κατά περίπου 2,75 φορές, στο διάστημα 1981-2001. Ανάλογη διαχρονική μεταβολή παρουσιάζει και η ετήσια παραγωγή ενέργειας από τους ΑΗΣ της περιοχής. Αν και οι διακυμάνσεις στην περίπτωση αυτή είναι περισσότερες σε αριθμό, καταγράφεται σαφής αύξηση της παραγόμενης ενέργειας, που έχει ως αποτέλεσμα τον πολλαπλασιασμό της κατά 3,29 φορές, στο διάστημα 1981-2001.



ΣΧΗΜΑ 3. Διαχρονική μεταβολή (α) της εξορυσσόμενης μάζας λιγνίτη ανά έτος και (β) της παραγόμενης ενέργειας, από τους σταθμούς του Λεκανοπεδίου Κοζάνης – Πτολεμαΐδας.

#### 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την σύγκριση της διαχρονικής μεταβολής της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας στην περιοχή της Κοζάνης, με αυτή του Ελληνικού χώρου, προκύπτει σαφής διαφοροποίηση. Πράγματι, ενώ ο Ελληνικός χώρος -ως σύνολο- παρουσιάζει ανομοιομορφία ως προς την τάση της θερμοκρασίας, η περιοχή της Κοζάνης παρουσιάζει στατιστικώς σημαντική αύξησή της. Η αύξηση αυτή μάλιστα, είναι σχεδόν διπλάσια αυτής που καταγράφεται στο σύνολο της χέρσου του Βορείου Ημισφαιρίου κατά την ίδια περίπου χρονική περίοδο. Γίνεται εμφανές, ότι, η θερμοκρασία στην μελετούμενη περιοχή αυξάνεται με γρηγορότερο ρυθμό από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντα χώρου. Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί, εν μέρει, στην επίδραση της λειτουργίας των βιομηχανιών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο λεκανοπέδιο Πτολεμαΐδας-Κοζάνης. Η συνεχής εξόρυξη λιγνίτη από τα ορυχεία και η λειτουργία των ΑΗΣ της περιοχής, έχει ως αποτέλεσμα την επιβάρυνση της τροπόσφαιρας με αιωρούμενα σωματίδια, θερμοκηπικά αέρια, καθώς και με τεράστιες ποσότητες υδρατμών από τους πύργους ψύξης των ΑΗΣ. Συνέπεια του γεγονότος αυτού είναι η μείωση της εξερχόμενης ακτινοβολίας μικρού μήκους κύματος, και επομένως η αύξηση της θερμοκρασίας των παρεδάφινων κυρίως τροποσφαιρικών στρωμάτων. Η απόδειξη της παραπάνω υπόθεσης, απαιτεί τον ακριβή εντοπισμό των φυσικών μηχανισμών που ευθύνονται για αυτή την αλληλεπίδραση, και δεν επιχειρείται στα πλαίσια της παρούσης μελέτης.

Η περιοχή της Κοζάνης παρουσιάζει σαφή τάση ελάττωσης της ολικής βροχόπτωσης, από τα μέσα της δεκαετίας του '80 μέχρι το τέλος της μελετούμενης περιόδου, και δεν διαφέρει σημαντικά από αυτήν του ευρύτερου Ελληνικού χώρου. Δεν εντοπίζονται, μέσα από την παρούσα μελέτη, ενδείξεις επίδρασης της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης της περιοχής στη μέση βροχόπτωση.

Η αύξηση της μέσης ετήσιας νεφοκάλυψης, παρά το γεγονός ότι δεν είναι στατιστικώς σημαντική, μπορεί να συνδέεται με τη δραστηριότητα των ορυχείων λιγνίτη και των ΑΗΣ. Η αύξηση των αιωρούμενων σωματιδίων, αυξάνει τη διαθεσιμότητα των πυρήνων συμπύκνωσης στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα την

ενίσχυση της δυναμικότητας συμπύκνωσης των υδρατμών, και κατ' επέκταση την αύξηση της νεφοκάλυψης.

Η παρατηρηθείσα ελάττωση της σχετικής υγρασίας στην περιοχή αποτελεί ιδιαίτερα ενδιαφέρον αποτέλεσμα. Μπορεί σε πρώτη προσέγγιση να σχετίζεται με την αύξηση της θερμοκρασίας στην περιοχή, ωστόσο θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και το γεγονός ότι στην ατμόσφαιρα της περιοχής εκτιμούνται τεράστιες ποσότητες υδρατμών από τους πύργους ψύξης των ΑΗΣ που λειτουργούν στην περιοχή, αλλά και από την τεχνητή λίμνη του Πολυφύτου. Κατά συνέπεια το αποτέλεσμα χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Τα δεδομένα σχετικά με την ποσότητα του εξορυσσόμενου λιγνίτη και της παραγόμενης ενέργειας παραχωρήθηκαν αντίστοιχα από το Λιγνιτικό Κέντρο Δυτικής Μακεδονίας και τη Διεύθυνση Περιβάλλοντος Παραγωγής της ΔΕΗ Α.Ε. Οι συγγραφείς εκφράζουν τις ευχαριστίες τους.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ασχονίτης Β, Μπαλάς Ε, Αντωνόπουλος Β, 2006: Επίδραση των δραστηριοτήτων του Λιγνιτικού Κέντρου Δυτικής Μακεδονίας (ΛΚΔΜ) στις κλιματικές συνθήκες της περιοχής. *Πρακτικά 8ου Συνεδρίου Μετεωρολογίας, Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας*, Αθήνα, Α: 55-63
- Νάστος ΠΘ, Φιλάνδρας ΚΜ, 2006: Μεταβλητότητα και τάσεις της μέσης μέγιστης και μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας του αέρα στην Ελλάδα. *Πρακτικά 8ου Συνεδρίου Μετεωρολογίας, Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας*, Αθήνα, Β: 13-21
- Τολικά, Κ., Αναγνωστοπούλου, Χ., Μαχαίρας, Π., 2004: Μελέτη των τάσεων των ακραίων καιρικών συνθηκών στον ευρύτερο Ελλαδικό χώρο για το δεύτερο μισό του 20<sup>ου</sup> αιώνα (Μέρος Ι-Βροχόπτωση). *Πρακτικά 7ου Πανελληνίου (Διεθνούς) Συνεδρίου Μετεωρολογίας Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας*, Λευκωσία, 484-491
- Auer I., et al., 2007: HISTALP -- Historical Instrumental Climatological Surface Time Series of the Greater Alpine Region. *International Journal of Climatology*, 27: 17-46.
- Feidas H, Makrogiannis T, Bora-Senta E, 2004: Trend analysis of air temperature time series in Greece and their relationship with circulation using surface and satellite data: 1955–2001. *Theoretical and Applied Climatology*, 79: 185-208.
- Feidas H, Nouloupoulou Ch, Makrogiannis T, Bora-Senta E, 2007: Trend analysis of precipitation time series in Greece and their relationship with circulation using surface and satellite data: 1955–2001. *Theoretical and Applied Climatology*, 87: 155-177.
- Goosens, Ch., Berger, A., 1986: Annual and seasonal climatic variations over the Northern Hemisphere and Europe during the last century. *Ann. Geophys.*, B, 4, 385–400
- Hahn, C. J., and S. G. Warren (2003), *Cloud climatology for land stations worldwide, 1971– 1996*, Report NDP-026D, 35 pp., Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee. [Available at <http://cdiac.esd.ornl.gov/epubs/ndp/ndp026d/ndp026d.html>.]
- Iordanidis A, Buckman J, Triantafyllou AG and Asvesta A, 2007: Fly ash–airborne particles from Ptolemais–Kozani area, northern Greece, as determined by ESEM-EDX. *International Journal of Coal Geology*, 73: 63-73.
- Maheras P, Tolika K, Anagnostopoulou Chr, Vafiadis M, Patrikas I, Flocas H, 2004: On the relationships between circulation types and changes in rainfall variability in Greece. *International Journal of Climatology*, 24: 1695-1712.
- Maugeri M, Bagnati Z, Brunetti M, 2001: Trends in Italian cloud amount 1951-1996. *Geophysical Research Letters*, 28: 4551–4554.
- Norran C, Douguédroit A, 2006: Monthly and daily precipitation trends in the Mediterranean (1950-2000). *Theoretical and Applied Climatology*, 83: 89-106.

- Pappas C, Hatzianastassiou N, Katsoulis BD, 2004: Analysis of cold spells in the Greek region. *Climate Research*, 27: 211-223.
- Press, W.H., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T., Flannery, B.P., 1996: *Numerical Recipes in C. The art of Scientific Computing. Second Edition*. Cambridge University Press, Cambridge, 994pp
- Proedrou M, Theoharatos G, Cartalis C, 1997: Variations and Trends in Annual and Seasonal Air Temperatures in Greece Determined from Ground and Satellite Measurements. *Theoretical and Applied Climatology*, 57: 65-78.
- Sneyers, R., 1990: *On the Statistical analysis of series of observations*. Technical Note No 143. WMO - No 415, 192 pp
- Stratis JA, Tsitouridou RD, Simeonov VD, 1995: Chemometrical data treatment to study the environmental pollution around lignite power plants. *Toxicological and environmental Chemistry*, 47, no 1-2, 71-76.
- Triantafyllou AG, 2001: PM10 pollution episodes as a function of synoptic climatology in a mountainous industrial area. *Environmental Pollution*, 112: 491-500.
- Triantafyllou AG, 2003: Levels and trend of suspended particles around large lignite power stations. *Environmental Monitoring and Assessment*, 89, 15-34.
- Triantafyllou AG, Kiros ES, Evagelopoulos VG, 2002: Respirable particulate matter at an urban and nearby industrial location: Concentrations and variability and synoptic weather conditions during high pollution episodes. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 52:174-185.
- Triantafyllou AG, Vosniakos KF, Volis N, Maloutas L, Patra A, Vatalis C, Coucouliatas D, 2002: Air quality in urban area in west Macedonia Region, Greece. *Journal of Environmental Protection and Ecology* 3, 1, 46-52.
- Triantafyllou AG, Vosniakos F, Charalambidis G, Papadakis N, 2000: On the air pollution in west Macedonia Region, Greece. *Journal of Environmental Protection and Ecology* 1, 1, 17-21.