

# ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕ ΕΝΤΟΝΟ ΑΝΑΓΛΥΦΟ: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΜΕΣΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ

Κ. ΡΑΔΟΣ<sup>1</sup>, Γ. ΚΑΛΑΜΠΟΥΚΑΣ<sup>1</sup>, Σ. ΖΩΡΑΣ<sup>2</sup>, ΚΑΙ Α. ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΥ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Τμήμα Τεχνολογιών Αντιρρύπανσης, ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας*

<sup>2</sup>*Εργαστήριο Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Περιβαλλοντικής Φυσικής, ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας*

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία εφαρμόζεται και αξιολογείται σε πρώτη φάση το ατμοσφαιρικό πρότυπο COAMPS (Coupled Ocean/Atmosphere Mesoscale Prediction System) στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας. Το COAMPS είναι τρισδιάστατο μη-υδροστατικό πρότυπο μέσης κλίμακας που έχει αναπτυχθεί στο Naval Research Laboratory των ΗΠΑ. Η δομή του προτύπου περιλαμβάνει ενσωματωμένο δομικό στοιχείο (module) για την προσομοίωση των μηχανισμών εκπομπής, μεταφοράς, διάχυσης καθίζησης, εναπόθεσης και υγρής απομάκρυνσης λόγω βροχόπτωσης σωματιδίων και χημικών ουσιών στην ατμόσφαιρα. Η περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας παρουσιάζει έντονο ανάγλυφο και ποικιλία φυσιολογικών χαρακτηριστικών. Τα στοιχεία αυτά προσδιορίζουν, ως γνωστό, σε σημαντικό βαθμό το πεδίο ροής, το καθιστούν σύνθετο, και την προσομοίωση ενδιαφέρουσα. Επιπρόσθετα, στη Δυτική Μακεδονία υπάρχουν σημειακές και επιφανειακές πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ως αποτέλεσμα της εξόρυξης και καύσης λιγνίτη για την παραγωγή του μεγαλύτερου ποσοστού της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας. Η προσομοίωση της ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας και των συνθηκών διασποράς παρουσιάζει κατά συνέπεια ιδιαίτερο ενδιαφέρον, ως συμβολή στην ανάπτυξη και εφαρμογή ενός αξιόπιστου συστήματος περιβαλλοντικής διαχείρισης στην περιοχή. Στην εργασία το COAMPS εφαρμόζεται σε υψηλή ανάλυση πάνω από την ευρύτερη περιοχή για την πρόγνωση της ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας και ρύπανσης. Παρουσιάζονται αποτελέσματα πεδίου ταχύτητας και κατανομής ρύπανσης και δίνονται σε παρελθόντα χρόνο συγκρίσεις προγνώσεων με μετεωρολογικές παρατηρήσεις από επίγειο σταθμό. Τα αποτελέσματα κρίνονται ενθαρρυντικά σχετικά με την δυναμική εφαρμογή του προτύπου σε επιχειρησιακή βάση.

## SIMULATION OF ATMOSPHERIC FLOW IN A COMPLEX TERRAIN REGION: APPLICATION AND EVALUATION OF A MESOSCALE ATMOSPHERIC MODEL

K. RADOS<sup>1</sup>, G. KALAMPOUKAS<sup>1</sup>, S. ZORAS<sup>2</sup> AND A. TRIANTAFYLLOU<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Pollution Control Technologies Department, TEI of West Macedonia*

<sup>2</sup>*Atmospheric Pollution and Environmental Physics Laboratory, TEI of West Macedonia*

## ABSTRACT

The present paper demonstrates part of an effort towards the development of a forecasting system to provide short-term forecasts (up to 72 hours ahead) of air-quality distributions over the highly complex terrain of West Macedonia. As a first step towards this aim, the Coupled Ocean/Atmosphere Mesoscale Prediction System (COAMPS) is applied at high resolution over the wider area. COAMPS is a three-dimensional non-hydrostatic atmospheric model developed at the US Naval Research Laboratory. The model includes an embedded aerosol tracer module which calculates the dynamics and major physics of aerosols and tracers. In the present paper, COAMPS is applied at high resolution over the wider region of West Macedonia for a specific heavily polluted period August, 19-21 2006. The tracers emitted from the power stations are treated as passive substances (particulate matter-fly ash). Simulation results are processed and evaluated through comparisons with available observations. Moreover, plots of the tracer plumes from COAMPS are used to visualize the transport phenomena. Encouraging conclusions are drawn regarding the implementation of a NWP model with an embedded aerosol tracer module in an operational mode to forecast air-quality in complex terrain areas. However, further evaluation is certainly required against observations on the atmospheric boundary layer development which has not been well understood yet over complex terrain areas, in terms of stability and turbulence effects.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η επιβάρυνση του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος της ευρύτερης περιοχής Κοζάνης – Πτολεμαΐδας έχει απασχολήσει και απασχολεί την κοινωνία της περιοχής, ως πρόβλημα που οφείλεται κυρίως στις δραστηριότητες της ΔΕΗ στην περιοχή. Η ανάπτυξη ενός επιχειρησιακού συστήματος αξιόπιστης πρόλεξης της γεωγραφικής κατανομής της ποιότητας της ατμόσφαιρας (ρύπανσης) και κατά συνέπεια τυχόν «επεισοδίων ρύπανσης» στην περιοχή μέσα σε χρονικό παράθυρο προειδοποίησης 24-72 ωρών (short-term) θα μπορούσε δυνητικά να συμβάλει στην αειφόρο ανάπτυξη της τοπικής κοινωνίας. Ένα τέτοιο σύστημα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί από τη ΔΕΗ για τη διαχείριση της λειτουργίας των συμβατικών μονάδων της με σκοπό την μείωση των εκπομπών. Από την άλλη πλευρά, οι τοπικές αρχές θα μπορούν να απευθύνονται στα κατάλληλα κέντρα αποφάσεων για την εφαρμογή καθαρών τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, να επιβάλλουν πράσινη φορολογία ή/και να χρησιμοποιήσουν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Ωστόσο, το έντονο ανάγλυφο της περιοχής εισάγει σημαντικά προβλήματα στην κατανόηση, παρακολούθηση και άρα πρόγνωση της μεταφοράς και διάχυσης των εκπεμπόμενων ρύπων στην ατμόσφαιρα. Η σύνθετη τοπογραφία συνεπάγεται απότομες αλλαγές σε όλες τις επιφανειακές παραμέτρους όπως τραχύτητα, θερμοκρασία, υψόμετρο επηρεάζοντας συνολικά την εξέλιξη του ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος. Επιπλέον, η ύπαρξη πλήθους ευαίσθητων περιοχών (πόλεις, περιοχές Natura) χρήζει ιδιαίτερης προσοχής στις μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων των αερομεταφερόμενων ρύπων.

Κατά το παρελθόν έγιναν προσπάθειες για τη μελέτη του πεδίου ροής στην περιοχή με τη χρήση διαγνωστικών ή προγνωστικών προτύπων καθώς και για την εκτίμηση της επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας από τη λειτουργία των μονάδων της ΔΕΗ στην περιοχή (Τριανταφύλλου et al., 1994, Triantafyllou and Kassomenos, 2002).

Η παρούσα εργασία αποτελεί μέρος προσπάθειας για την ανάπτυξη ενός επιχειρησιακού συστήματος πρόγνωσης ατμοσφαιρικής ρύπανης στην ευρύτερη περιοχή. Συγκεκριμένα, σε αρχική φάση εφαρμόζεται το μετεωρολογικό πρότυπο μέσης κλίμακας COAMPS (Hodur, 1997) (Coupled Ocean/Atmosphere Mesoscale Prediction System). Το COAMPS είναι τρισδιάστατο μη-υδροστατικό πρότυπο που έχει αναπτυχθεί στο Naval Research Laboratory των ΗΠΑ και εφαρμόζεται επιχειρησιακά από το 1996 και επίσης για ερευνητικούς σκοπούς τόσο σε πραγματικές καταστάσεις όσο και για ιδεατές προσομοιώσεις ατμόσφαιρας. Οι κυρίως εφαρμογές του προτύπου αφορούν σε περιπτώσεις αλληλεπίδρασης θάλασσας – ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος για τις οποίες έχει εκτεταμένα ελεγχθεί και κατάλληλα παραμετροποιηθεί (ενδεικτικά: Rados et al., 2002, Khelif et al., 2005). Επιπλέον, το πρότυπο εφαρμόστηκε πρόσφατα με ενθαρρυντικά αποτελέσματα για πρόγνωση ανέμου σε σύνθετη τοπογραφία ως βάση για πρόγνωση απόδοσης αιολικών πάρκων στην Ελλάδα (Perivolaris et al., 2006, Rados et al., 2007).

Η δομή του προτύπου περιλαμβάνει ενσωματωμένο τρισδιάστατο δομικό στοιχείο (module) για την προσομοίωση των μηχανισμών εκπομπής, μεταφοράς, διάχυσης καθίζησης, εναπόθεσης και υγρής απομάκρυνσης λόγω βροχόπτωσης σωματιδίων και χημικών ουσιών στην ατμόσφαιρα. Το πρότυπο έχει εφαρμοστεί στο παρελθόν για την προσομοίωση της εξέλιξης του πλουμίου που διοχετεύχθηκε στην ατμόσφαιρα στις 22 και 24 Ιουλίου 2001 από την έκρηξη του ηφαιστείου της Αίτνας, καθώς επίσης και για την προσομοίωση μεγάλης κλίμακας αμμοθύελλας στην Κίνα και τη Μογγολία τον Απρίλιο του 1998 (COAMPS Model Description, 2003).

Στην παρούσα εργασία το COAMPS εφαρμόζεται σε υψηλή ανάλυση πάνω από την περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας με εξαιρετικά σύνθετο ανάγλυφο για την πρόγνωση της ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας και ρύπανσης στην ευρύτερη περιοχή. Παρουσιάζονται αποτελέσματα πεδίου ταχύτητας και κατανομής ρύπανσης και δίνονται σε παρελθόντα χρόνο συγκρίσεις προγνώσεων με μετεωρολογικές παρατηρήσεις από επίγειο σταθμό για διάφορες ατμοσφαιρικές παραμέτρους.

## 2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ COAMPS

Το COAMPS τυπικά καλύπτει περιορισμένη περιοχή του πλανήτη και η ανάλυση του υπολογιστικού πλέγματος που χρησιμοποιείται μπορεί να κυμαίνεται από μερικές εκατοντάδες χιλιόμετρα (συνοπτική κλίμακα) έως περίπου 100 m. Οι διαστάσεις του υπολογιστικού χωρίου μπορεί να καθοριστούν έτσι ώστε να αναπαραστήσουν οποιαδήποτε ορθογώνια περιοχή πάνω στη γη. Το πρότυπο χρησιμοποιεί και διαχειρίζεται τα εξής δεδομένα:

- Τοπογραφία (υψόμετρα) που λαμβάνεται από βάση δεδομένων για όλο το πλανήτη με επιφανειακή ανάλυση 1 km.
- Επιφανειακά πεδία: ακτογραμμή (ανάλυση 400 m), επιφανειακό συντελεστή καθαρής ακτινοβολίας, επιφανειακή υγρασία εδάφους, τραχύτητα εδάφους και επιφανειακή θερμοκρασία θάλασσας που επίσης λαμβάνονται από υψηλής ανάλυσης βάση κλιματολογικών δεδομένων για όλο τον πλανήτη.

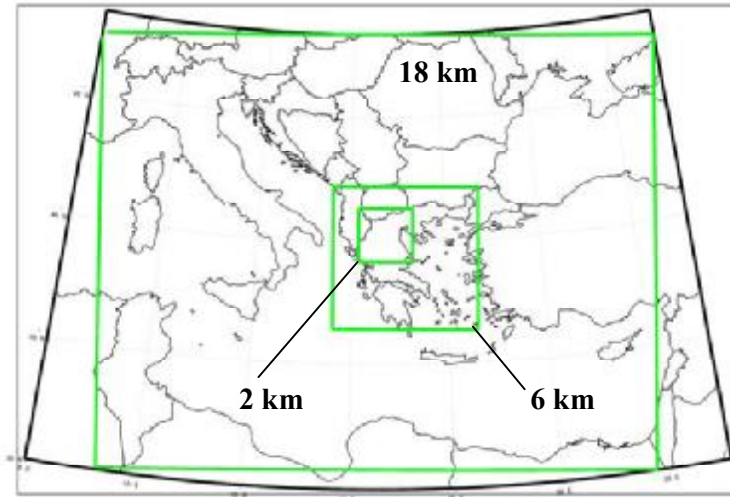
Οι αρχικές συνθήκες για την περιοχή ενδιαφέροντος (now-cast conditions) ως πρώτη εκτίμηση λαμβάνονται είτε από βάση δεδομένων που περιέχει τα αποτελέσματα ενός πλανητικού συστήματος πρόγνωσης (NOGAPS) που λειτουργεί επιχειρησιακά με ανάλυση  $1^{\circ} 125 \times 125 \text{ km}^2$ , είτε απευθείας από πεδία του προτύπου COAMPS που υπολογίστηκαν σε προηγούμενη πρόγνωση. Οι αρχικές συνθήκες στη συνέχεια βελτιώνονται, ώστε να ανταποκρίνονται κατά το δυνατό στην πραγματική τρέχουσα κατάσταση ατμόσφαιρας, με την εισαγωγή παρατηρήσεων σε πραγματικό χρόνο από μετεωρολογικούς σταθμούς επιφανείας, δορυφόρους, ραδιοβολήσεις κλπ χρησιμοποιώντας μέθοδο βέλτιστης παρεμβολής πολλαπλών μεταβλητών (Multivariate Optimum Interpolation). Στη συνέχεια το COAMPS ολοκληρώνει αριθμητικά στο χρόνο τις εξισώσεις που διέπουν τη φυσική της ατμόσφαιρας στην περιοχή ενδιαφέροντος. Οι πλευρικές οριακές συνθήκες στο υπολογιστικό χωρίο καθορίζονται από τα πεδία πρόγνωσης του πλανητικού συστήματος NOGAPS.

Η προσομοίωση για την περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας καλύπτει την περίοδο 19-21 Αυγούστου 2006 κατά την οποία παρατηρήθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις σωματιδίων PM10 για δύο συνεχόμενες ημέρες. Τις ημέρες εκείνες επικρατούσαν υψηλές πιέσεις σχεδόν σε ολόκληρη τη Μεσόγειο με συνοπτική κυκλοφορία από Β διευθύνσεις.

Υιοθετήθηκαν τρία τηλεσκοπικά πλέγματα με οριζόντια ανάλυση 18km, 6km και 2km αντίστοιχα (λόγος κλίμακας 3:1) και 30 σίγμα επίπεδα στην κατακόρυφη διεύθυνση (20 επίπεδα στο ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα) καλύπτοντας συνολικά 30km βάθος ατμόσφαιρας. Χρησιμοποιήθηκαν  $139 \times 109$ ,  $109 \times 106$  και  $121 \times 121$  υπολογιστικά σημεία κατά την οριζόντια κατεύθυνση στο εξωτερικό, μέσο και εσωτερικό πλέγμα αντίστοιχα (σύνολο 1,240,000 κελιά) καλύπτοντας την Νότια Ευρώπη και περιλαμβάνοντας μεγάλο μέρος της Μεσογείου. Το υπολογιστικό χωρίο παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.

Στο Σχήμα 2 δίνεται σε περιβάλλον Google-earth το εσωτερικό πλέγμα στο οποίο σημειώνονται οι θέσεις εκπομπών από τους σταθμούς της ΔΕΗ που θεωρήθηκαν για την προσομοίωση ως σημειακές πηγές ιπτάμενης τέφρας (αδρανής ρύπος) με σταθερό ρυθμό

εκπομπής. Ο Πίνακας 1 συνοψίζει τα δεδομένα των εκπομπών που χρησιμοποιήθηκαν για την παρούσα προσομοίωση (Μπεργελές, 1991, Ζερεφός et al., 1991).



ΣΧΗΜΑ 1. Το υπολογιστικό χωρίο με τρία τηλεσκοπικά πλέγματα του COAMPS.



Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας της ΔΕΗ

Μετεωρολογικός Σταθμός Ποντοκόμης

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Στοιχεία εκπομπών PM10 από τους ΑΗΣ.

ΑΗΣ	Ύψος Εκπομπής (m)	Ρυθμός Εκπομπής (kg/s)
Αγ. Δημητρίου	400	0.242
Καρδιάς	400	1.040
Αμύνταιου	400	0.040
Πτολεμαΐδας	315	0.600
Φλώρινας	400	0.030

ΣΧΗΜΑ 2. Το εσωτερικό υπολογιστικό χωρίο οριζόντιας ανάλυσης 2km με τις θέσεις των σταθμών παραγωγής της ΔΕΗ (σημειακές πηγές εκπομπής ρύπων).

Αν και σε παρελθόντα χρόνο, η διαδικασία των υπολογισμών ακολούθησε επακριβώς την επιχειρησιακή οδό εφαρμογής του προτύπου. Με αρχική λύση (now-cast conditions) που διαμορφώθηκε από τα προγνωστικά πεδία του πλανητικού συστήματος πρόγνωσης (NOGAPS) με ενσωματωμένες κατάλληλα τις μετεωρολογικές παρατηρήσεις, η προσομοίωση ξεκίνησε με «ψυχρή» εκκίνηση στις 17 Αυγούστου 2006, 00:00 UTC (03:00 τοπική ώρα) δίνοντας πρόγνωση 72 ωρών. Στη συνέχεια και κάθε 12 ώρες το πρότυπο εφαρμόστηκε με «θερμή» εκκίνηση έχοντας ως αρχική λύση τα αποτελέσματα



προηγούμενης πρόγνωσης και ενσωματώνοντας τις εκάστοτε νέες μετεωρολογικές παρατηρήσεις, παρέχοντας προγνώσεις για το επόμενο χρονικό παράθυρο των 72 ωρών. Η παραπάνω διαδικασία συνεχίστηκε για τρία συνεχόμενα 24ωρα παράγοντας συνολικά έξι 72ωρα χρονικά παράθυρα πρόγνωσης.

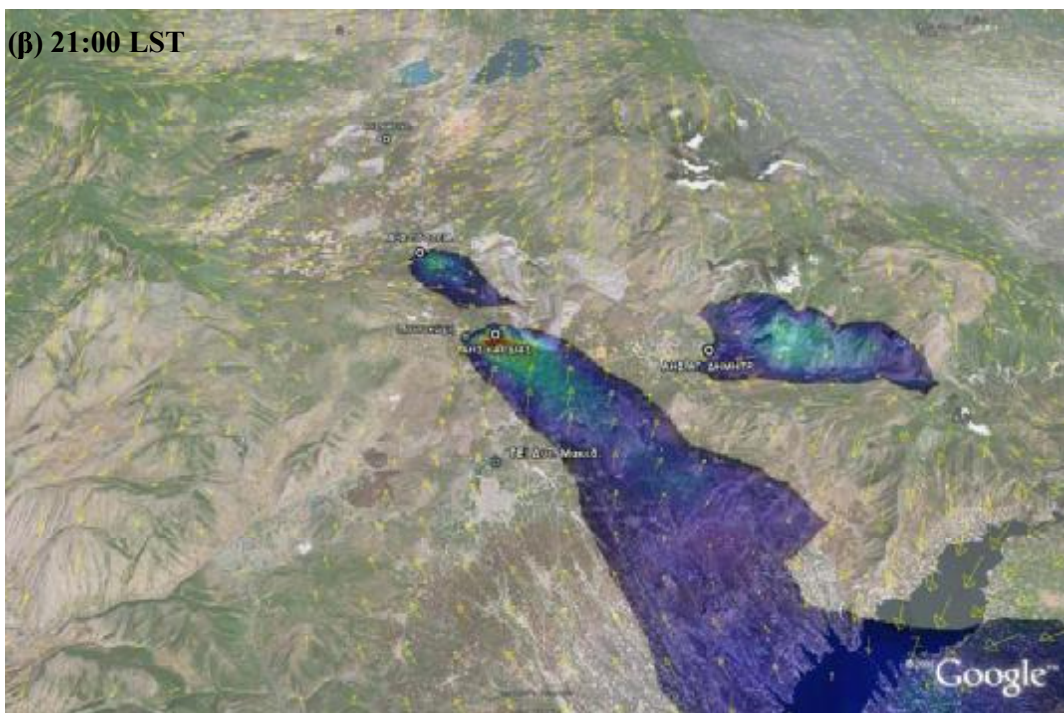
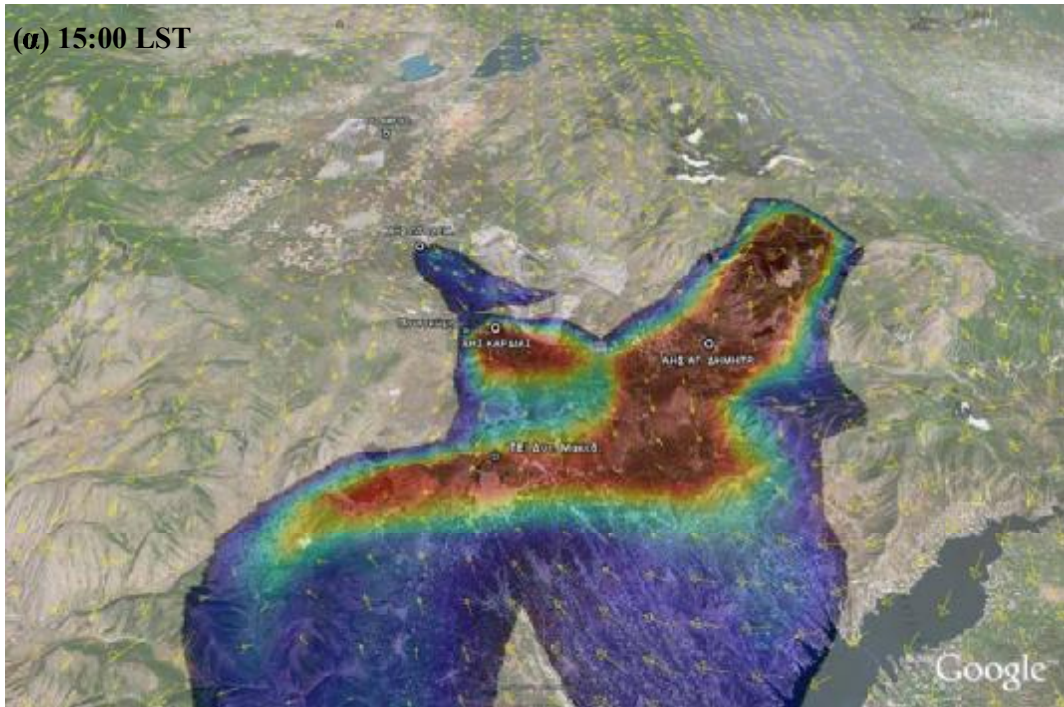
Το πρότυπο εκτελεί παράλληλους υπολογισμούς και είναι προγραμματισμένο με την τεχνική τεμαχισμού του υπολογιστικού χωρίου (domain decomposition) χρησιμοποιώντας την MPI (Message Passing Interface) για παράλληλη επεξεργασία. Οι υπολογισμοί διεξήχθησαν σε υπολογιστικό σύστημα 8 επεξεργαστών διπλού πυρήνα AMD Opteron. Για κάθε 72ωρο χρονικό παράθυρο πρόγνωσης για το παραπάνω πλέγμα (Σχήμα 1) και σε 9 (=3x3) επεξεργαστές απαιτούνται περίπου 9 ώρες υπολογιστικού χρόνου. Συνεπώς, η επίδοση των υπολογισμών εκτιμάται σε περίπου 8 ώρες πρόγνωσης ανά 1 ώρα υπολογιστικού χρόνου, γεγονός που καθιστά εφικτή την εφαρμογή του προτύπου σε επιχειρησιακή βάση.

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

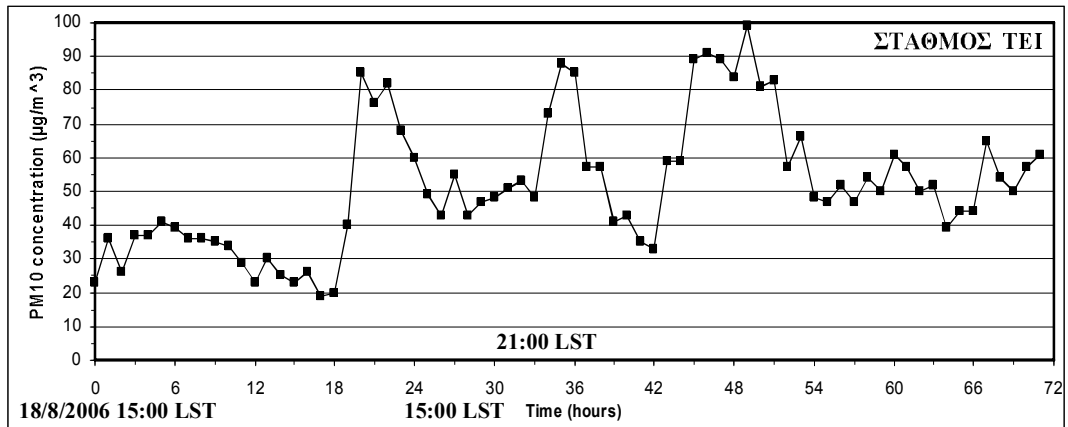
Στο Σχήμα 3 παρουσιάζονται ενδεικτικά σε περιβάλλον Google-earth στις 15:00 και 21:00 τοπική ώρα αποτυπώσεις του πεδίου ταχύτητας σε συνδυασμό με την εξέλιξη του εκπεμπόμενου πλουμίου από τους ΑΗΣ. Η γενική εικόνα των προγνώσεων του πεδίου ταχύτητας στο Λεκανοπέδιο κρίνεται ικανοποιητική και συμβιβαστή σε σχέση με τις παρατηρήσεις αλλά και με τα συμπεράσματα από προηγούμενες μελέτες για την περιοχή (Triantafyllou and Kassomenos, 2002). Παρατηρείται η έντονη επίδραση της σύνθετης τοπογραφίας στο πεδίο ροής κοντά στο έδαφος με τη δημιουργία καναλισμού της ροής στο Λεκανοπέδιο. Πιο συγκεκριμένα, τις απογευματινές ώρες (Σχήμα 3α), ενώ στο Λεκανοπέδιο επικρατούν άνεμοι κυρίως από βόρειες κατευθύνσεις, στο Νότιο μέρος διαμορφώνεται ένα πεδίο από Α και ΝΑ κατευθύνσεις με απόκλιση της ροής πιθανώς λόγω δημιουργίας αύρας από τη λίμνη του Πολύφυτου. Αργότερα το βράδυ (Σχήμα 3β) το πεδίο ταχύτητας κυριαρχείται από την ανάπτυξη τοπικής κυκλοφορίας με την εμφάνιση καταβατικών ανέμων από τους γύρω ορεινούς όγκους.

Υψηλά φορτία ρύπανσης προλέγονται τις απογευματινές ώρες στο νότιο τμήμα του Λεκανοπεδίου όπου παρατηρούνται συγκλίσεις της ροής με εγκλωβισμό των ρύπων στην περιοχή των ΑΗΣ Καρδιάς και Αγ. Δημητρίου αλλά και στην πλαγιά του Βερμίου και την πόλη της Κοζάνης (Σχήμα 3α). Στις 21:00 LST η διαμόρφωση τοπικής κυκλοφορίας έχει περιορίσει την έκταση του πλουμίου μόνο κοντά στους σταθμούς της ΔΕΗ και με μικρότερη ένταση στις γύρω περιοχές. Οι παραπάνω προγνώσεις συμφωνούν ποιοτικά και με τις παρατηρήσεις από τους σταθμούς μέτρησης ρύπανσης που λειτουργούσαν στο Λεκανοπέδιο την περίοδο εκείνη (Σχήμα 4).

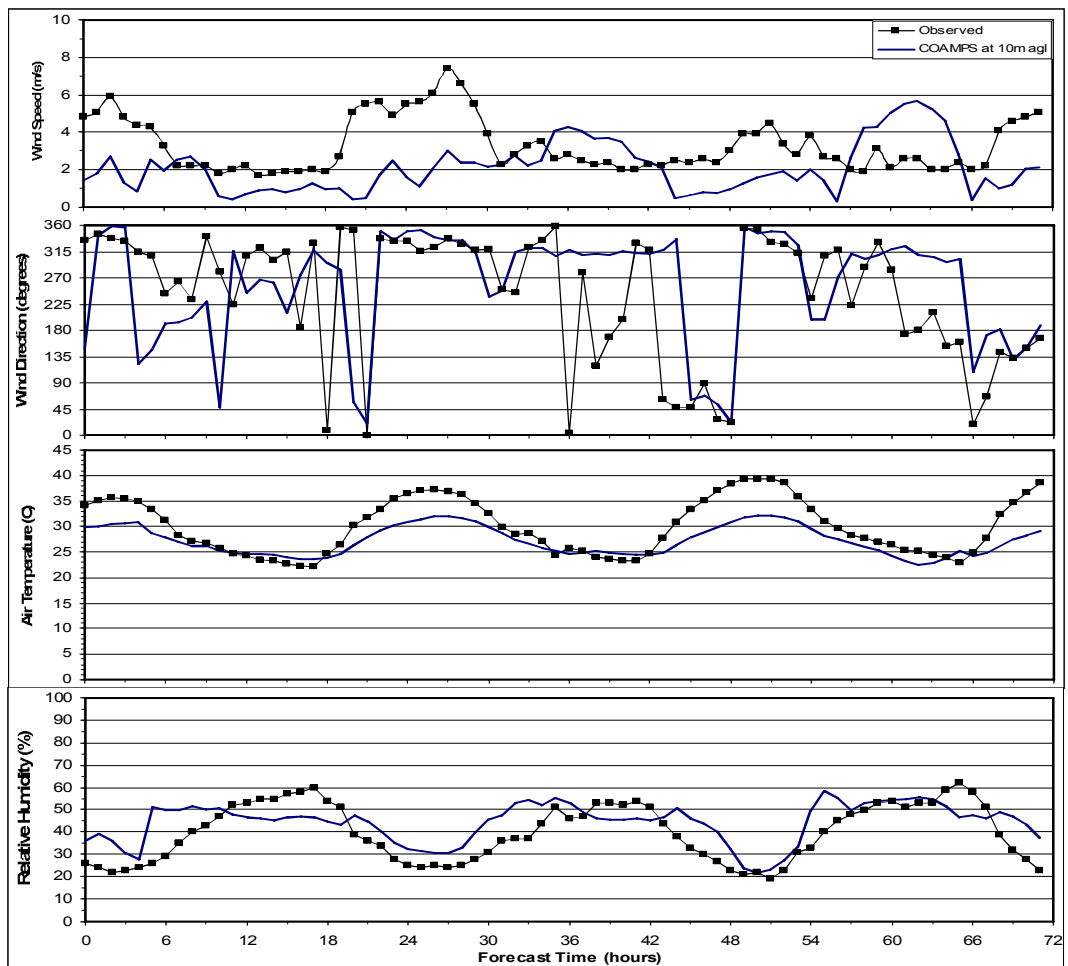
Στο Σχήμα 5 δίνονται συγκρίσεις σε πραγματικό χρόνο των προγνώσεων ταχύτητας και διεύθυνσης ανέμου, θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας με τις μετρήσεις από το σταθμό επιφανείας στην Ποντοκόμη. Χρησιμοποιήθηκε τρισδιάστατη γραμμική παρεμβολή των μεγεθών που υπολογίζονται στους κόμβους του πλέγματος στη θέση του σταθμού. Σημειώνεται ότι οι προγνώσεις του προτύπου είναι στιγμιαίες ενώ οι παρατηρήσεις μέσες ωριαίες τιμές γεγονός το οποίο υποεκτιμά την επίδοση του προτύπου. Παρατηρείται πολύ καλή απόδοση του προτύπου στην ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας. Η κατεύθυνση του ανέμου εν γένει προλέγεται ικανοποιητικά αλλά παρατηρούνται σημαντικές αποκλίσεις στην έντασή του που οφείλεται στον εγγενή χαρακτήρα του προτύπου (μέσης κλίμακας) να αδυνατεί να προσομοιώσει τη μικροκλιματική συμπεριφορά της ροής πάνω από έντονο ανάγλυφο.



**ΣΧΗΜΑ 3.** Αποτύπωση του πλουμίου και του πεδίου ταχύτητας στα 10m πάνω από το έδαφος (α) στις 15:00 και (β) στις 21:00 LST, 19 Αυγούστου 2006, 24 και 30 ώρες αντίστοιχα από τη «θερμή» εκκίνηση την 12:00 UTC (15:00 τοπική ώρα), 18 Αυγούστου 2006.



ΣΧΗΜΑ 4. Μέσες ωριαίες τιμές συγκέντρωσης σωματιδίων PM10 από το σταθμό του ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας την περίοδο 18-21 Αυγούστου 2006.



ΣΧΗΜΑ 5. Σύγκριση σε χρονικό παράθυρο 72 ωρών των στιγμιαίων ωριαίων προβλέψεων του COAMPS με τις παρατηρήσεις του μετεωρολογικού σταθμού στην Ποντοκώμη για «θερμή» εκκίνηση του προτύπου την 1200 UTC (15:00 τοπική ώρα), 18 Αυγούστου 2006.

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία εφαρμόστηκε το μετεωρολογικό πρότυπο μέσης κλίμακας COAMPS σε υψηλή ανάλυση στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας με εξαιρετικά σύνθετη τοπογραφία και παρουσιάστηκαν ενδεικτικά προκαταρκτικά αποτελέσματα πεδίου ταχύτητας και ρύπανσης στην ευρύτερη περιοχή του Λεκανοπεδίου Κοζάνης-Πτολεμαΐδας. Προκύπτουν ενθαρρυντικά αποτελέσματα για την εφαρμογή του προτύπου σε επιχειρησιακή βάση τόσο από πλευράς υπολογιστικού χρόνου και γραφικού περιβάλλοντος (παρουσίαση σε Google-earth) όσο και σε σχέση με την ποιότητα των προγνώσεων. Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω λεπτομερής αξιολόγηση μέσω συγκρίσεων προγνώσεων και μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο και σε διάφορες περιπτώσεις. Επιπλέον, ήδη βρίσκεται σε εξέλιξη η σύζευξη του προτύπου με μικροκλιματικό CFD αριθμητικό εργαλείο το οποίο λαμβάνει υπόψη την αποτύπωση της τοπογραφίας σε υψηλή ανάλυση και παρέχει τη δυνατότητα αναπαράστασης των δυναμικών φαινομένων που δημιουργούνται στη μικροκλίμακα του έντονου ανάγλυφου (Perivolaris et al., 2006).

#### ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία χρηματοδοτήθηκε μερικώς από το ΠΕΠ Δυτικής Μακεδονίας στο πλαίσιο του Μέτρου 4.3., Κατηγορία Πράξεων 4.3.2. με κωδικό MIS 105549 και τίτλο έργου «Ανάπτυξη και Εφαρμογή Επιχειρησιακού Προτύπου Πρόγνωσης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Δράσεις για την Αντιμετώπισή της στην Περιοχή Κοζάνης – Πτολεμαΐδας».

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- COAMPS™ Version 3 Model Description, 2003, Naval Research Laboratory Publication, NRL/PU/7500—03-448.
- Hodur, R.M., 1997: The Naval Research Laboratory's Coupled Ocean/Atmosphere Mesoscale Prediction System (COAMPS), *Mon. Wea. Rev.*, 125, 1414-1430.
- Khelif, D., Friehe, C.A., Jonsson, H., Wang, Q., Rados, K.G. 2005: Wintertime Boundary-Layer Structure an Air-Sea Interaction Over the Japan/East Sea, *Deep Sea Research II*, 52, 1525-1546.
- Perivolaris, Y., Vougiouka, A., Alafouzou, V., Mourikis, D., Zagorakis, V., Rados, K., Barkouta, D., Zervos, A. and Wang, Q., 2006: Coupling of a Mesoscale Atmospheric Prediction System with a CFD Microclimatic Model for Production Forecasting of Wind Farms in Complex Terrain: Test Case in the Island of Evia, *Proc. of the Europ. Wind Energy Conf. EWEC*, Athens.
- Rados, K., Wang, Q., Kalogiros, J. and Lange, B. 2002: Evaluation of boundary layer parameterizations in a mesoscale model for offshore wind energy applications, *Global WindPower Conference*, Paris.
- Rados, K.G., Perivolaris, Y., Vougiouka, A., Venezis, K., Karalis, G. and Zervos, A., 2007: Application of a mesoscale weather prediction model for short-term forecasting of power production of wind farms in complex terrain - test case: island of Crete, *Proc. CEST2007*, Cos island, Greece.
- Triantafyllou, A.G. and Kassomenos, P.A., 2002: Aspects of atmospheric flow and dispersion of air pollutants in a mountainous basin, *The Science of the Total Environment*, 297, 85-103.
- Ζερεφός, Χ., Ζιώμας, Ι., Μπάης, Α., Μελέτη, Χ., Μπαλής, Δ., Τουρπάλη Κ., 1991: Προκαταρκτική μελέτη της αέριας ρύπανσης από διοξείδιο του θείου και αιωρούμενα σωματίδια στην κοιλάδα της Πτολεμαΐδας, Θεσσαλονίκη.
- Μπεργελές, Γ., 1991: Διασπορά στερεών και αέριων ατμοσφαιρικών ρύπων από τη λειτουργία των μονάδων ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου Ι-ΙV και του νέου ΑΗΣ ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ V, Αθήνα.
- Τριανταφύλλου, Α., Κασσωμένος, Π., Κάλλος, Γ., Ασημακόπουλος Δ., 1994: Διασπορά αέριων ρύπων από σημειακές πηγές στο λεκανοπέδιο Πτολεμαΐδας κατά τη χειμερινή περίοδο όταν επικρατεί αντικυκλωνική κυκλοφορία, *Πρακτικά 2<sup>ο</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Μετεωρολογίας – Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας*, Θεσσαλονίκη 29-30/9/1994.