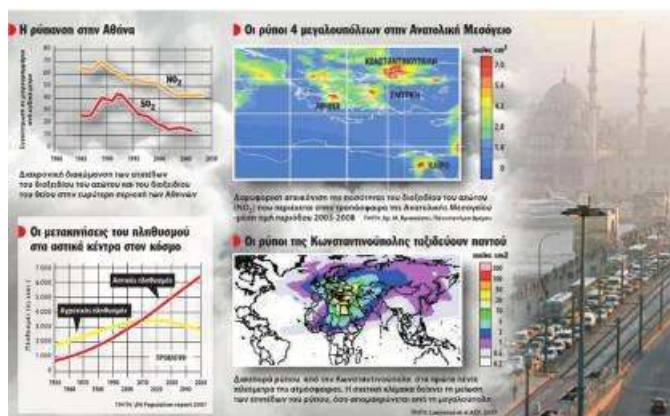


## Ρύποι - μετανάστες

Του ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ ΓΕΩΡΓΟΥΔΗ

Οι τέσσερις μεγαλουπόλεις της Ανατολικής Μεσογείου, Κάιρο, Κωνσταντινούπολη, Αθήνα και Σιμόνρη, με συνολικό πληθυσμό 50 εκατομμυρίων, είναι εστίες που παράγουν τεράστιες ποσότητες ρύπων που εκτείνονται σε όλο τον ελλαδικό χώρο και το Αιγαίο. Επιπρόσθετα στην Ανατολική Μεσόγειο μεταφέρονται αέριοι ρύποι από τα μεγάλα αστικά μητροπολιτικά κέντρα της Κεντρικής Ευρώπης επιβαρύνοντας ακόμα περισσότερο το κλίμα και την ποιότητα ζωής, συμπεριλαμβανομένων και όλων των οικοσυστημάτων.



Τα στοιχεία αυτά, που χτυπούν την καρδιά του περιβαλλοντικού εφιάλτη, είναι συμπεράσματα έρευνας που διεξάγεται από ένα μεγάλο ευρωπαϊκό πρόγραμμα, το CITYZEN, για τις ευρωπαϊκές μεγαλουπόλεις, ενώ για το κομμάτι της Ανατολικής Μεσογείου υπεύθυνοι είναι οι καθηγητές του Εργαστηρίου Χημικών Διεργασιών (ΕΠΕΧΗΔΙ) του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Κρήτης, Μαρία Κανακίδου και Νίκος Μιχαλόπουλος, συμμετέχουν 18 διεθνείς ερευνητικές ομάδες και άλλοι Έλληνες ερευνητές.

Το περιβαλλοντικό «πνίξιμο» της Ανατολικής Μεσογείου και της χώρας μας θέτει επιτακτικά το ζήτημα μιας στρατηγικής πολιτικής για το περιβάλλον τόσο από την Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και για κάθε μία χώρα χωριστά. Ιδιαίτερα, η ταχύτατη συγκέντρωση των πληθυσμών σε μεγαλουπόλεις μεταβάλλει τα περιβαλλοντικά δεδομένα αφού υπάρχουν πόλεις που είναι περισσότερο ρυπογόνες από μία χώρα! Το CITYZEN εξετάζει και προτάσεις επίλυσης ή άμβλυνσης του προβλήματος.

### \* Κυρία Κανακίδου και κ. Μιχαλόπουλε, ποιο ρόλο διαδραματίζει η ιλιγγιώδης αστικοποίηση στην περιβαλλοντική ρύπανση;

«Με βάση την αναφορά των Ηνωμένων Εθνών του 2007 (UN Population Report 2007), ο πληθυσμός της Γης υπερδιπλασιάστηκε από το 1950 μέχρι σήμερα.

Οι προβλέψεις για τα επόμενα χρόνια θέλουν τη συγκέντρωση πληθυσμού στα μεγάλα αστικά κέντρα να αυξάνει δραματικά με διπλασιασμό μέσα στα επόμενα 40 χρόνια ενώ ο αγροτικός πληθυσμός της Γης θα μειωθεί στα επίπεδα του 1980. Εκτιμάται ότι το 2050 πάνω από τα 2/3 του πληθυσμού θα είναι συγκεντρωμένα στα αστικά κέντρα.

Οι μεγαλουπόλεις (αστικά κέντρα με πληθυσμό μεγαλύτερο των 10 εκατομμυρίων) από δύο μόνο (Νέα Υόρκη και Τόκιο) το 1950, έχουν σήμερα ξεπεράσει τις 20. Εκτός από την αυξημένη πληθυσμιακή πυκνότητα, οι μεγαλουπόλεις διαφέρουν από τις υπόλοιπες αστικές και αγροτικές περιοχές στο μέγεθος της οικονομίας, των υποδομών και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Οι μεγαλουπόλεις έχουν σημαντικές εκπομπές ρύπων και κατανάλωση ενέργειας που πολλές φορές ξεπερνούν αυτές πυκνοκατοικημένων χωρών.

Π.χ. κατά το έτος 2000 οι εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα από το Λος Αντζελες (1960 Gg) ήταν περίπου διπλάσιες από αυτές ολόκληρου του Βελγίου (1026 Gg), το οποίο καλύπτει έκταση κατά 10% μεγαλύτερη της έκτασης του Λος Αντζελες ενώ έχει πληθυσμό περίπου 13% λιγότερο από την εν λόγω μεγαλούπολη. Οι εκπομπές αυτές επηρεάζουν την ποιότητα της ατμόσφαιρας, την ορατότητα, την υγεία των πολλών εκατομμυρίων κατοίκων των μεγαλουπόλεων αλλά και το κλίμα, λόγω επίδρασης των ρύπων στην ακτινοβολία αλλά και στον υδρολογικό κύκλο -την εξάτμιση, νεφοκάλυψη και βροχόπτωση- και την εναπόθεση ιχνοενώσεων στα οικοσυστήματα.

### Πρόγραμμα-στόχοι

Λόγω της μεγάλης σημασίας των μεγαλουπόλεων για το κλίμα και το περιβάλλον, η Ευρωπαϊκή Ένωση χρηματοδοτεί δύο μεγάλα ερευνητικά προγράμματα στη θεματική αυτή (2008-2011). Το CITYZEN (MegaCITY - Zoom for the Environment) και το MEGAPOLI (Megacities: Emissions, urban, regional and Global Atmospheric POLLution and climate effects, and Integrated tools for assessment and mitigation). Και στα δύο διεθνή αυτά προγράμματα είναι έντονη η ελληνική συμμετοχή.

Μελετώνται οι επιπτώσεις των μεγαλουπόλεων στο περιβάλλον, αλλά και πώς αυτές οξύνονται ή αμβλύνονται από τις κλιματικές αλλαγές. Επίσης εξετάζονται πιθανές στρατηγικές βελτίωσης της ποιότητας του αέρα με ταυτόχρονο περιορισμό των αναμενόμενων κλιματικών αλλαγών.

Στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού ερευνητικού ανταγωνιστικού προγράμματος CITYZEN, οι μελέτες πραγματοποιούνται σε δύο κλίμακες, τόσο στην παγκόσμια όσο και στη μέση κλίμακα και συγκεκριμένα σε 4 περιοχές αυξημένου ενδιαφέροντος, την περιοχή Βελγίου, Ολλανδίας και Λουξεμβούργου (BE.NE.LUX), την κοιλάδα του Πάδου, το δέλτα του ποταμού Ρεϊ στην Κίνα και την Ανατολική Μεσόγειο.

Στο πρόγραμμα CITYZEN συμμετέχουν 18 ερευνητικές διεθνείς ομάδες, μεταξύ των οποίων μεγάλα ερευνητικά κέντρα της Γαλλίας, Γερμανίας και Νορβηγίας καθώς και η Κίνα, η Αίγυπτος, η Τουρκία και 4 ελληνικές ομάδες. Το Εργαστήριο Περιβαλλοντικών Χημικών Διεργασιών (ΕΠΕΧΗΔΙ) του Τμήματος Χημείας από το Πανεπιστήμιο Κρήτης είναι υπεύθυνο για τις μελέτες των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στην Ανατολική Μεσόγειο. Στο ΕΠΕΧΗΔΙ τη μελέτη εκπονούν οι ερευνητικές μας ομάδες αριθμητικών προσομοιώσεων ατμοσφαιρικής χημείας και κλιματικών αλλαγών και περιβαλλοντικών μετρήσεων, με συνεργαζόμενες ομάδες αυτές των δρος Ε. Γερασόπουλου και καθ. Χ. Ζερεφού από το Εθνικό Αστεροσκοπείο, αναπ. καθ. Δ. Μελά από το εργαστήριο Ατμοσφαιρικής Φυσικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και επίκ. καθ. Ν. Χατζηναστασίου από το Τμήμα Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων».

### \*\*Ποιος ακριβώς είναι ο προσανατολισμός και η μέθοδος της έρευνάς σας;

«Κατά τη διάρκεια του προγράμματος CITYZEN αναλύονται οι παρατηρήσεις διαχρονικών μεταβολών του όζοντος και σωματιδίων και προδρόμων ατμοσφαιρικών ρύπων σε συνδυασμό με τα μέχρι τώρα μέτρα βελτίωσης της ποιότητας του αέρα και περιορισμού των κλιματικών αλλαγών».

### Λεκανοπέδιο Αττικής

#### \*\*Ποια είναι τα στοιχεία των ρύπων που αφορούν το Λεκανοπέδιο Αττικής;

«Συγκεκριμένα, η ευρύτερη περιοχή των Αθηνών, με βάση την απογραφή του 2001, φιλοξενούσε το 1/3 του πληθυσμού της Ελλάδας και λόγω της ραγδαίας αστικοποίησης τα τελευταία χρόνια, 0,6% τον χρόνο την τελευταία δεκαετία, έχει ξεπεράσει πλέον τα 4 εκατομμύρια κατοίκους που αντιστοιχεί σε περίπου 40% του πληθυσμού της χώρας μας (11,2 εκατομμύρια κάτοικοι, πηγή WMO, 2008) και αποτελεί πλέον μια "μικρή μεγαλούπολη" για την περιοχή μας.

Ανάλυση των ατμοσφαιρικών μετρήσεων στο Λεκανοπέδιο Αττικής από το 1985 μέχρι σήμερα δείχνουν μέχρι 50% μείωση στα επίπεδα του διοξειδίου του αζώτου και του διοξειδίου του θείου, το τελευταίο εμφανίζει μείωση από το 1994 και μετά. Οι μέσες ετήσιες τιμές των δύο αυτών ρύπων φαίνονται να ικανοποιούν τα επιθυμητά όρια της Ε.Ε. Η μείωση των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του αζώτου στην περιοχή του Λεκανοπεδίου έχει αρχίσει επίσης να παρατηρείται και από τους δορυφορικούς αισθητήρες.

Παρά τις σημαντικές μειώσεις στο διοξείδιο του αζώτου και το διοξείδιο του θείου, οι παρατηρήσεις από 11 σταθμούς ατμοσφαιρικών μετρήσεων στην ευρύτερη περιοχή των Αθηνών δεν δείχνουν ξεκάθαρη διαχρονική τάση για το όζον στην πρωτεύουσα. Αυτό εν μέρει είναι αναμενόμενο λόγω της μη γραμμικής εξάρτησης της φωτοχημικής παραγωγής του όζοντος από τις συγκεντρώσεις του διοξειδίου του αζώτου. Αποτέλεσμα αυτής της περίπλοκης τοπικής χημείας είναι ότι η μείωση των οξειδίων του αζώτου στο κέντρο της πόλης επέφερε αύξηση αντί για μείωση του όζοντος στο κέντρο και μείωσή του στην περιφέρεια, οδηγώντας έτσι σε μία όχι ξεκάθαρη τάση για το λεκανοπέδιο.

Παρατηρήσεις στο σταθμό του ΕΠΕΧΗΔΙ στη Φινοκαλιά Λασιθίου, που αποτελεί αποδέκτη μεταφερόμενης ρύπανσης από τις μεγαλουπόλεις της περιοχής μας, έδειξαν ότι οι συγκεντρώσεις του όζοντος και των αερολυμάτων στην ατμόσφαιρα, κύρια κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ξεπερνάνε τα όρια, των 120 µg/m<sup>3</sup> για μέση 8ωρη έκθεση σε όζον και των 40 µg/m<sup>3</sup> για ετήσια έκθεση σε αερολύματα, (επιθυμητά για το 2010 και θεσμοθετημένα όρια αντίστοιχα από την DIRECTIVE 2008/50/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe)».

## Κωνσταντινούπολη - Κάιρο

### \*\*Στις άλλες μεγαλουπόλεις της Ανατολικής Μεσογείου, τι συμβαίνει;

«Οι δορυφορικές παρατηρήσεις διοξειδίου του αζώτου (NO<sub>2</sub>) είναι πολύτιμες καθόσον αυτός ο ατμοσφαιρικός ρύπος είναι πολύ δραστήσιος και αποτελεί το κλειδί για τη φωτοχημική παραγωγή του όζοντος (ρυπαντή και αερίου του θερμοκηπίου) στην τροπόσφαιρα της περιοχής γύρω από τις πηγές εκπομπής του. Οι παρατηρήσεις στην περιοχή μας δείχνουν αυξητικές τάσεις του ρύπου αυτού πάνω από την ασιατική Κωνσταντινούπολη, που συμβαδίζει με μια αύξηση του πληθυσμού της τάξης του 4% ενώ μικρή μείωσή του καταγράφεται στο ευρωπαϊκό τμήμα της κοντά στη Μαύρη Θάλασσα (πηγή M. Βρεκούσης, Πανεπιστήμιο Βρέμης, 2009). Αυτές οι παρατηρήσεις αντανακλούν την πολυπλοκότητα του προβλήματος και τις ετερογένειες των μεγαλουπόλεων.

Η επίδραση των εκπομπών από τις μεγαλουπόλεις εξαρτάται τόσο από τη θέση των πόλεων στον παγκόσμιο χάρτη, καθόσον στα μέσα γεωγραφικά πλάτη που βρίσκεται και η Ελλάδα, οι ρύποι μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις κοντά στην επιφάνεια, μέσα ή πάνω από το επιφανειακό στρώμα ανάμιξης. Επηρεάζουν, λοιπόν, την ποιότητα του αέρα σε κατοικημένες περιοχές που δέχονται ανέμους από τις μεγαλουπόλεις. Μεγάλο ποσοστό από αυτούς τους ρύπους εναποτίθεται επηρεάζοντας τα θαλάσσια και ηπειρωτικά οικοσυστήματα. Τρισδιάστατες παγκόσμιες προσομοιώσεις μεταφοράς και χημείας μας επιτρέπουν να σκιαγραφήσουμε τη περιοχή επίδρασης των εκπομπών μεγαλουπόλεων. Η επίδρασή τους δεν περιορίζεται μόνο σε τοπικό επίπεδο αλλά εκτείνεται σε περιοχικό επίπεδο, όπως φαίνεται χαρακτηριστικά στο γράφημα που δείχνει το γεωγραφικό εύρος επιρροής των εκπομπών ρύπων από την Κωνσταντινούπολη. Παρόμοιες αλλά μικρότερης έντασης επιδράσεις δέχεται η περιοχή μας από τη Μόσχα, το Παρίσι, το Λονδίνο και την κοιλάδα του Πάδου.

Αξιοσημείωτη παρατήρηση αποτελεί και η μη γραμμική σχέση μεταξύ πληθυσμού των μεγαλουπόλεων και ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των άλλων επιπτώσεων. Αυτή διαφαίνεται όταν συγκρίνουμε τα μεγάλα αστικά κέντρα της περιοχής μας. Π.χ., ο πληθυσμός του Κάιρου εκτιμάται το 2009 στα περίπου 17 εκατ, ενώ της Κωνσταντινούπολης στα 11,5 εκατ. (πηγή: Demographia World Urban Areas & Population Projections: 5th Comprehensive Edition, Revised April 2009).

Αντίθετα τα επίπεδα του διοξειδίου του αζώτου NO<sub>2</sub> που καταγράφονται από τους δορυφόρους στο Κάιρο είναι περίπου 30% χαμηλότερα από αυτά πάνω από την Κωνσταντινούπολη. Δεν ισχύει όμως το ίδιο για τα αιωρούμενα σωματίδια (PM) στα οποία το Κάιρο "έχει το ρεκόρ" με τιμές 3 ή και περισσότερες φορές μεγαλύτερες από αυτές στην Κωνσταντινούπολη. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι η ευρύτερη περιοχή Αθηνών με μόνο το 1/3 του πληθυσμού εμφανίζει τα ίδια επίπεδα ρύπανσης σε PM με αυτή της Κωνσταντινούπολης.

Η συνεχής αύξηση της αστικοποίησης είναι αναπόφευκτη, άρα γίνεται επιτακτική η εκτίμηση των επιπτώσεών της. Σημαντική είναι και η κατανόηση της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής στη μείωση ή επιδείνωση των περιβαλλοντικών και κλιματικών επιπτώσεων των μεγαλουπόλεων. Οι μέχρι τώρα παρατηρήσεις μας δίνουν κίνητρα για περαιτέρω μελέτη, κατανόηση και αξιολόγηση των επιπτώσεων των μεγαλουπόλεων και των ιδιομορφιών τους, καθόσον η παρατηρούμενη μη γραμμικότητα ανάμεσα στη ρύπανση και τον πληθυσμό των μεγαλουπόλεων μπορεί να αποτελέσει τη βάση για ανάπτυξη προτάσεων βιώσιμης ανάπτυξης». \*