

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ &
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ

4^η ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

Μελέτη, στατιστική ανάλυση και επεξεργασία των συγκεντρώσεων αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀)

Σκοπός της άσκησης

Σκοπός αυτής της άσκησης είναι η μελέτη των συγκεντρώσεων αιωρούμενων σωματιδίων με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη ή ίση των 10μm, γνωστά και ως PM₁₀. Ειδικότερα, οι σπουδαστές καλούνται να μελετήσουν τις πηγές και τη χημική συμπεριφορά των PM₁₀ στην ατμόσφαιρα. Επίσης, εκπαιδεύονται στη στατιστική ανάλυση και επεξεργασία των συγκεντρώσεων PM₁₀ σε μια συγκεκριμένη αστική περιοχή, μελετώντας μια πραγματική χρονοσειρά καταγραφής συγκεντρώσεων PM₁₀. Τέλος, προχωρούν στην εξαγωγή συμπερασμάτων με βάση τη στατιστική επεξεργασία που έχει προηγηθεί.

1^ο Μέρος-Εισαγωγή

Ως αιωρούμενα σωματίδια (Suspended Particulate Matters-SPM) θεωρούνται όλα τα σώματα στερεά και υγρά, εκτός του νερού, που βρίσκονται σε διασπορά στην ατμόσφαιρα και έχουν αεροδυναμική διάμετρο μεγαλύτερη από 0.0002μm και μικρότερη από 500μm περίπου. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αιωρούμενων σωματιδίων είναι η σκόνη, η ιπτάμενη τέφρα και ο καπνός. Κάποια σωματίδια είναι αρκετά μεγάλα και ορατά με σκούρο χρώμα και γίνονται αντιληπτά ως καπνός. Άλλα είναι τόσο μικρά που δεν είναι ορατά παρά μόνο από ειδικά ηλεκτρονικά μικροσκόπια.

Πολλά σωματίδια φεύγουν προς τον αέρα απευθείας από τις πηγές τους, όπως οι καπνοδόχοι και οι εξατμίσεις των οχημάτων. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις όπου αέρια όπως CO, SO₂, NO_x και VOCs, αντιδρούν με διάφορες άλλες ενώσεις του ατμοσφαιρικού αέρα και παράγουν έτσι τα λεπτόκοκκα σωματίδια. Γενικά, η φύση και η χημική σύσταση των αιωρούμενων σωματιδίων ποικίλλει και εξαρτάται από την τοποθεσία, την εποχή του έτους και τις μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν. Δεν αποτελούν έναν ενιαίο ρύπο, αλλά μάλλον πρόκειται για μίγμα πολλών ρύπων.

Αρχικά, οι μετρήσεις αιωρούμενων σωματιδίων αναφέρονταν στα ολικά αιωρούμενα σωματίδια (Total Suspended Particulate-TSP), χωρίς να γίνεται καμία διαφοροποίηση αυτών ανάλογα με το μέγεθός τους. Το αρχικό μέτρο TSP, με την εξέλιξη της τεχνολογίας αντικαταστάθηκε με το PM₁₀, το οποίο αφορά μόνο αιωρούμενα σωματίδια αεροδυναμικής διαμέτρου μικρότερης ή ίσης των 10μm. Στη συνέχεια προτάθηκε ένας επιπλέον διαχωρισμός στα αιωρούμενα σωματίδια αεροδυναμικής διαμέτρου μεταξύ των 2.5μm με 10μm (χονδρόκοκκα σωματίδια) και στα αιωρούμενα σωματίδια αεροδυναμικής διαμέτρου μικρότερης των 2.5μm (λεπτόκοκκα σωματίδια). Τι είναι όμως η αεροδυναμική διάμετρος;

Τα αιωρούμενα σωματίδια περιλαμβάνουν σωματίδια με διαφορετική το καθένα μορφή

και σχήμα. Έτσι, η γεωμετρική τους διάμετρος δεν μπορεί να περιγράψει τις διαστάσεις τους και δεν επιτρέπει τη μελέτη των ιδιοτήτων των σωματιδίων. Με τον όρο αεροδυναμική διάμετρος ορίζεται η διάμετρος που πρέπει να έχει ένα σφαιρικό σώμα πυκνότητας 1g/cm^3 , ώστε κάτω από τις ίδιες συνθήκες να έχει την ίδια ταχύτητα καθίζησης με το υπό εξέταση σωματίδιο.

Τα χονδρόκοκκα σωματίδια (coarse particles) έχουν πολλές και διαφορετικές πηγές προέλευσης, όπως τη μεταφερόμενη από τον άνεμο σκόνη, την κίνηση οχημάτων σε δρόμους χωρίς ασφαλτόστρωση, τα μηχανήματα βιομηχανιών συμπίεσης, το λιώσιμο και τον τροχισμό διαφόρων υλικών, το άλεσμα κλπ. Ο σχηματισμός τους οφείλεται στην δράση κυρίως μηχανικών δυνάμεων, όπως η τριβή και η σύνθλιψη.

Τα λεπτόκοκκα σωματίδια (fine particles) με αεροδυναμική διάμετρο μεταξύ των $2.5\mu\text{m}$ και $10\mu\text{m}$, αποδίδονται στα σχηματιζόμενα από την αέρια φάση σωματίδια, με διαδοχικές συσσωρεύσεις, συμπύκνωση, μεταφορά ή καύση. Ως μέτρο σύγκρισης του μεγέθους τους μπορεί να αναφερθεί ότι μια ανθρώπινη τρίχα έχει διάμετρο της τάξης των $70\mu\text{m}$. Οι κυριότερες πηγές εκπομπής τους είναι τα καυσαέρια των αυτοκινήτων, διάφορες βιομηχανικές εγκαταστάσεις, εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, τζάκια, φούρνοι κλπ. Δημιουργούνται επίσης από αέρια πυρανόφλεξης, τα οποία με τη σειρά τους μετατρέπονται στην ατμόσφαιρα με έναν χημικό τρόπο σε αιωρούμενα σωματίδια.

Η διεθνής οργάνωση EPA (Environmental Protection Agency) δίνει τελευταία μια νέα διάσταση στα αιωρούμενα σωματίδια, επικεντρώνοντας το ενδιαφέρον σε ακόμη μικρότερα σωματίδια, τα οποία λόγω του πολύ μικρού μεγέθους τους μπορούν να εισχωρούν πιο εύκολα και βαθύτερα στους πνεύμονες. Οι μέχρι τώρα έρευνες δείχνουν ότι αυτά τα σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη των $2.5\mu\text{m}$, αποτελούνται από ποσότητες θεικών (SO_4^{2-}) και νιτρικών ιόντων (NO_3^-), ιόντων Αμμωνίου (NH_4^+), άνθρακα, οργανικών ενώσεων του άνθρακα, νερού, καθώς επίσης και μικρότερων ποσοτήτων χρώματος, σκόνης και ενώσεων του μολύβδου (Pb).

Μια άλλη σπουδαία ιδιότητα των αιωρούμενων σωματιδίων είναι η οπτική τους συμπεριφορά. Με το όρο οπτική συμπεριφορά εννοείται η ελάττωση της ορατότητας καθώς και της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στη γη εξαιτίας της παρουσίας των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα. Τα αιωρούμενα σωματίδια ανάλογα με το μέγεθός τους και τη συγκέντρωσή τους στην ατμόσφαιρα, διαθλούν, περιθλούν, διαχέουν ή ακόμα και αποκόπτουν το φως.

Γενικά οι επιπτώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων είναι πολύ σημαντικές σε όλους τους τομείς του περιβάλλοντος και ειδικότερα στην υγεία των ανθρώπων. Καθοριστικοί παράγοντες για τις επιπτώσεις τους αυτές είναι το μέγεθός τους, η χημική τους σύσταση και η συνύπαρξή τους με άλλους ρύπους με τους οποίους μπορούν αν δρουν συνεργητικά. Τα μικροσκοπικά αυτά σωματίδια επηρεάζουν κυρίως την αναπνοή, προκαλώντας ασθένειες στο αναπνευστικό και στους πνεύμονες προκαλώντας ακόμα και το θάνατο. Ομάδα υψηλού κινδύνου αποτελούν ηλικιωμένοι, παιδιά και γενικότερα άτομα που πάσχουν από άσθμα. Προκαλούν επίσης φθορές στις βαφές, τα εδάφη, τα υφάσματα και μειώνουν την ορατότητα.

Σύμφωνα με τις Οδηγίες Πλαίσιο 96/62/EC και 2008/50/EC της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), έχουν θεσπιστεί οριακές τιμές για τις συγκεντρώσεις των PM_{10} , όπως φαίνονται και στους Πίνακες 1 και 2.

ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ (PM₁₀)			
<u>1^ο ΣΤΑΔΙΟ</u>			
Περίοδος αναφοράς	Οριακή τιμή	Περιθώριο ανοχής	Προθεσμία συμμόρφωσης ως προς την οριακή τιμή
24ωρη οριακή τιμή	50 µg/m ³ των οποίων δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 35 φορές ανά ημερολογιακό έτος	25 µg/m ³ (50%) κατά την έναρξη ισχύος της οδηγίας, μειούμενο από 1/1/2001 και κατόπιν ανά 12 μήνες κατά ίσο ετήσιο ποσοστό, ώστε τελικά να φτάσει το 0% την 1/1/2005	1/1/2005
Ετήσια οριακή τιμή	40 µg/m ³ PM ₁₀	8 µg/m ³ (20%) κατά την έναρξη ισχύος της οδηγίας, μειούμενο από 1/1/2001 και κατόπιν ανά 12 μήνες κατά ίσο ετήσιο ποσοστό, ώστε τελικά να φτάσει το 0% την 1/1/2005	1/1/2005

Πίνακας 1. Οριακές τιμές και προθεσμίες συμμόρφωσης ως προς τις οριακές τιμές για τα PM₁₀. 1^ο Στάδιο

ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ (PM₁₀)			
<u>2^ο ΣΤΑΔΙΟ</u>			
Περίοδος αναφοράς	Οριακή τιμή	Περιθώριο ανοχής	Προθεσμία συμμόρφωσης ως προς την οριακή τιμή
24ωρη οριακή τιμή	50 µg/m ³ των οποίων δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 7 φορές ανά ημερολογιακό έτος	Θα υπολογιστεί βάσει δεδομένων και θα είναι ισοδύναμο με την οριακή τιμή του Σταδίου 1	1/1/2010
Ετήσια οριακή τιμή	20 µg/m ³ PM ₁₀	10 µg/m ³ (50%) την 1/1/2005 και κατόπιν ανά 12 μήνες κατά ίσο ετήσιο ποσοστό, ώστε τελικά να φτάσει το 0% την 1/1/2010	1/1/2010

Πίνακας 2. Οριακές τιμές και προθεσμίες συμμόρφωσης ως προς τις οριακές τιμές για τα PM₁₀. 2^ο Στάδιο

2^ο Μέρος-Δεδομένα

Δίνεται στους σπουδαστές σε ηλεκτρονική μορφή αρχείο (excel) με ωριαίες τιμές συγκέντρωσης των PM₁₀. Τα δεδομένα αφορούν τη χρονική περίοδο 2001-2005, και έχουν καταγραφεί στο σταθμό παρακολούθησης της ποιότητας του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος «Λυκόβρυση». Ο σταθμός «Λυκόβρυση» βρίσκεται βόρεια του κέντρου της πόλης των Αθηνών (Πατησίων) και σε ευθεία απόσταση από το κέντρο 8.6km. Χαρακτηρίζεται ως περιστατικός σταθμός και από μελέτες φαίνεται ότι είναι ο σταθμός εντός της ευρύτερης περιοχής των Αθηνών με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις των PM₁₀.

Τα δεδομένα αυτά έχουν αντληθεί από την επίσημη ιστοσελίδα του Υπουργείου Περιβάλλοντος & Ενέργειας (<http://www.ypeka.gr>).

3^ο Μέρος-Ζητούμενα εργαστηριακής άσκησης

Με βάση τα δεδομένα που έχουν οι σπουδαστές, ζητούνται τα παρακάτω:

1. Να παρατεθούν σύντομες πληροφορίες σχετικά με τα αιωρούμενα σωματίδια (PM₁₀), πηγές εκπομπής, επιπτώσεις και λίγα λόγια για το φαινόμενο Sahara dust event και πως αυτό επηρεάζει την χώρα μας.
2. Με βάση το αρχείο των ωριαίων τιμών, για κάθε μέρα του έτους να γίνει το διάγραμμα της μέγιστης ωριαίας τιμής του 24-ώρου. Στο διάγραμμα αυτό να απεικονίζεται η αντίστοιχη οριακή τιμή συγκέντρωσης, όπως αυτή έχει καθοριστεί με βάση την Οδηγία 2008/50/ΕΚ.
3. Με βάση το αρχείο των ωριαίων τιμών, να γίνει το διάγραμμα των μέσων ετήσιων τιμών των συγκεντρώσεων των PM₁₀ για τη χρονική περίοδο 2001-2005. Να υπολογιστεί η ετήσια τάση μεταβολής των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων και να σχολιαστεί το αποτέλεσμα (να γίνει εφαρμογή της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων).
4. Με βάση το αρχείο των ωριαίων τιμών, με τη μορφή ιστογράμματος (bar-chart), να γίνει το διάγραμμα της διαχρονικής εξέλιξης των μέσων μηνιαίων τιμών των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων για τη χρονική περίοδο 2001-2005. Στο διάγραμμα αυτό ενδεχομένως να εμφανιστεί η πιθανή εποχικότητα που μπορεί να εμφανίζει ο ρύπος στο συγκεκριμένο σταθμό.
5. Με βάση το αρχείο των ωριαίων τιμών, με τη μορφή ιστογράμματος (bar-chart), να γίνει το διάγραμμα των μέσων τιμών των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων για τη χρονική περίοδο 2001-2005, για κάθε ημέρα της εβδομάδας (Δευτέρα-Κυριακή) ώστε να διαπιστωθεί πιθανή μεταβολή των συγκεντρώσεων στη διάρκεια της εβδομάδας και να αναζητηθούν πιθανές αιτίες που την προκαλούν.
6. Με βάση το αρχείο των ωριαίων τιμών, να γίνει το διάγραμμα του τυπικού 24ώρου (24ωρη διακύμανση ή ενδοημερήσια διακύμανση) για το σταθμό Λυκόβρυση τη χρονική περίοδο 2001-2005. Για το σκοπό αυτό, να υπολογιστούν οι μέσες τιμές κάθε ώρας του 24ώρου για όλη τη χρονικά εξεταζόμενη περίοδο. Να αιτιολογηθεί η μορφή της 24ωρης διακύμανσης των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων.
7. Να υπολογιστούν για κάθε ένα έτος της περιόδου 2001-2005 οι ημέρες υπέρβασης της οριακής τιμής συγκέντρωσης των PM₁₀, όπως αυτή έχει καθοριστεί με βάση την Οδηγία 2008/50/ΕΚ. Τα αποτελέσματα να παρουσιαστούν σε διάγραμμα, με τη μορφή ιστογράμματος. Στο διάγραμμα αυτό να εμφανίζεται και η ετήσια οριακή τιμή ημερών υπέρβασης, όπως αυτή έχει καθοριστεί με βάση τη συγκεκριμένη Οδηγία.

Σε κάθε ένα από τα παραπάνω διαγράμματα θα πρέπει να γίνεται, από τους σπουδαστές, ένας σύντομος σχολιασμός και να παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από το κάθε διάγραμμα.

Βιβλιογραφία

- [1] Οδηγία 2008/50/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, της 21^{ης} Μαΐου 2008, για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, L152/1-44/11-06-2008.
- [2] Οδηγία 96/62/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, της 27ης Σεπτεμβρίου 1996, για την εκτίμηση και τη διαχείριση της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, L296 της 21/11/1996 σελ. 0055 - 0063
- [3] Μουστρής Κ., 2009. Πρόγνωση ποιότητας της ατμόσφαιρας στην ευρύτερη περιοχή Αθηνών με τη χρήση νευρωνικών δικτύων. Διδακτορική Διατριβή. Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ.
- [4] Γενική Διεύθυνση Περιβάλλοντος. Διεύθυνση Ελέγχου Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Θορύβου. Τμήμα Ποιότητας της Ατμόσφαιρας. Υπουργείο Παραγωγικής Ανασυγκρότησης, Περιβάλλοντος & Ενέργειας (ΥΠΑΠΕ). Διαθέσιμο στο (2015): <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=495&language=el-GR>
- [5] Samet J. and Krewski D., 2007. Health Effects Associated with Exposure to Ambient Air Pollution. *Journal of Toxicology and Environment Health*, V (70), No (3-4), pp 227-242
- [6] Dockery D.W., Pope C.A., Xiping Xu X., Spengler J.D, Ware J.H., Fay M.E., Ferris B.G., Speizer F.E., 1993. An Association between Air Pollution and Mortality in Six U.S. Cities. *The New England Journal of Medicine*, V(329), No(24), pp. 1753-1759
- [7] Environmental Protection Agency (EPA) : Office of Environmental Information, Title 40 – Protection of Environment, Chapter I, Subchapter R – Toxic Substances Control Act Part 798 – Health Effects Testing Guidelines *Term Detail*

Καλή Επιτυχία