

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΕΡΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

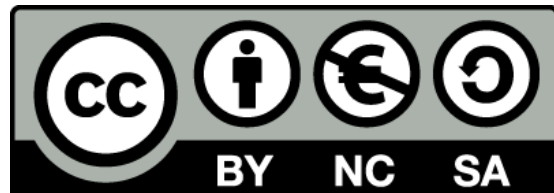
Βλυσίδης Απόστολος
Καθηγητής ΕΜΠ



Άδεια Χρήσης

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό
υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative
Commons.

Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως
εικόνες, που υπόκειται σε άδεια
χρήσης άλλου τύπου, αυτή πρέπει
να αναφέρεται ρητώς.



Ατμοσφαιρικοί ρύποι σωματιδιακής φύσης

Οι **σκόνες** (dusts) είναι μικρά στερεά σωματίδια, μεγέθους 1.0 έως 1000 μm , που δημιουργούνται από μεγαλύτερα με διεργασίες σύγκρουσης, κοσκινίσματος ή θραύσης.

Οι **αναθυμιάσεις** (fumes) αποτελούνται από στερεά σωματίδια που δημιουργήθηκαν κατά την συμπύκνωση εξατμιζομένων στερεών· το δε μέγεθός τους ποικίλει από 0.03 έως 0.3 μm .

Ο **καπνός** (smoke) αποτελείται από στερεά σωματίδια άνθρακα που προέρχεται από την ατελή καύση οργανικών ενώσεων· το δε μέγεθος τους ποικίλει από 0.5 έως 1.0 μm .

Η **ιπτάμενη τέφρα** (fly ash) αποτελείται από μη καύσιμα σωματίδια που δημιουργήθηκαν κατά την καύση ορυκτού άνθρακα· το δε μέγεθος τους ποικίλει από 1.0 έως 1000 μm .

Η **καταχνιά** (mist) αποτελείται από πολύ μικρή διασπορά σταγονιδίων υγρού (0.07 έως 10 μm) στον αέρα που προέρχεται από συμπύκνωση ατμών του υγρού. Η συμπύκνωση της καταχνιάς δημιουργεί **ομίχλη** (fog).

ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΩΝ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα αιωρούμενα σωματίδια αποτελούν έναν από τους χαρακτηριστικούς ρύπους της εποχής μας. Προέρχονται από μία μεγάλη ποικιλία πηγών και έχουν ένα σημαντικό εύρος διαφορετικών μορφολογικών, χημικών, φυσικών και θερμοδυναμικών χαρακτηριστικών. Η διάμετρός τους ποικίλει από μερικά νανόμετρα έως και 100 μm και σχετίζεται άμεσα με τον τρόπο σχηματισμού και εκπομπής τους. Υπάρχουν διάφορα κριτήρια για την ομαδοποίηση των αιωρούμενων σωματιδίων σε επιμέρους κλάσματα, όπως το μέγεθος, η σύσταση, ο τρόπος σχηματισμού και οι φυσικές και χημικές τους ιδιότητες. Το συνηθέστερο και ευρύτερα χρησιμοποιούμενο κριτήριο ομαδοποίησης, ωστόσο, είναι το μέγεθός τους.

ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ

Καθορισμός κριτηρίου κατάταξης

Τα σωματίδια έχουν διάφορα σχήματα και συνεπώς είναι αδύνατη η έκφραση κοινής παραμέτρου μεγέθους, αφού πολλές ιδιότητες των σωματιδίων εξαρτώνται από το μέγεθός τους (όγκος, μάζα, ταχύτητα εναπόθεσης). Στις κατανομές κατά μέγεθος ως κριτήριο κατάταξης χρησιμοποιείται το μέγεθος της “ισοδύναμης διαμέτρου” του σωματιδίου. Καθώς το μέγεθος αυτό είναι μία έννοια συμβατική, υπάρχουν διαφορετικοί ορισμοί. Η ισοδύναμη διάμετρος ενός σωματιδίου μπορεί να προσδιορισθεί γεωμετρικά (με οπτική ή ηλεκτρονική μικροσκοπία), από την σκέδαση που προκαλεί στο φως και από τα φυσικά χαρακτηριστικά του όπως είναι η ηλεκτρική ευκινησία, η ταχύτητα εναπόθεσης και η αεροδυναμική του συμπεριφορά.

ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ

Από τα παραπάνω, συνηθέστερο είναι να χρησιμοποιείται η φυσική συμπεριφορά του σωματιδίου ως κριτήριο καθορισμού της ισοδύναμης διαμέτρου. Συγκεκριμένα, συνήθως χρησιμοποιείται η **διάμετρος Stokes (D_p)** ή η **αεροδυναμική διάμετρος (D_a)**. Ο ορισμός της πρώτης βασίζεται στο προσδιορισμό της αντίστασης που εμφανίζεται πάνω στο σωματίδιο όταν αυτό κινείται μέσα σ' ένα ρευστό, με διαφορετική ταχύτητα. Σωματίδια με ίδια διάμετρο Stokes και ίδια πυκνότητα έχουν την ίδια ταχύτητα εναπόθεσης. Η αεροδυναμική διάμετρος εξαρτάται από τη πυκνότητα του σωματιδίου και ορίζεται ως “η διάμετρος σφαίρας μοναδιαίας πυκνότητας ($\rho_p = 1 \text{ gr/cm}^3$), η οποία έχει την ίδια οριακή ταχύτητα πτώσης στον ακίνητο αέρα με το υπό εξέταση σωματίδιο”.

Η αεροδυναμική διάμετρος ενός σωματιδίου συσχετίζεται με την διάμετρο Stokes, προσεγγιστικά, με τον παρακάτω απλοποιημένο τύπο:

$$D_a = D_p \cdot \rho_p^{1/2}$$

Σωματίδια με το ίδιο πρακτικό μέγεθος και σχήμα αλλά με διαφορετικές πυκνότητες θα έχουν ίδιες διαμέτρους Stokes αλλά όχι τις ίδιες αεροδυναμικές διαμέτρους. Για σωματίδια μεγαλύτερα από 0.5μm χρησιμοποιείται η αεροδυναμική διάμετρος διότι από αυτή εξαρτάται η μεταφορά του σωματιδίου από αέρια ρεύματα, η συλλογή στους δειγματολήπτες και η εναπόθεση μέσα στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου.

Κατάταξη των σωματιδίων

Η αιωρούμενη σωματιδιακή ύλη συντίθεται από σωματίδια έντονα διαφοροποιημένα ως προς το μέγεθος. Τα μικρότερα σε μέγεθος σωματίδια έχουν μέγεθος κάτω από 5nm σε διάμετρο και αποτελούνται μόνο από κάποιες δεκάδες μορίων. Αντιθέτως τα πιο μεγάλα σωματίδια έχουν μέγεθος έως και 100 μ m. (Σχήμα 2.1)

Ολικά αιωρούμενα στερεά (TSP)

Είναι ο όρος που δόθηκε στο σύνολο των αιωρούμενων στερεών σωματιδίων και σταγονιδίων. Τα **TSP** ποικίλουν γενικά σε μέγεθος από 0.01 μ m έως και μερικές εκατοντάδες μ m. Ωστόσο τα σωματίδια εκείνα με μέγεθος άνω των 50 μ m έχουν την τάση να καθιζάνουν πολύ εύκολα.

Τα ολικά αιωρούμενα σωματίδια διακρίνονται σε δύο τύπους σωματιδίων, τα οποία με τη σειρά τους ομαδοποιούνται σε επιμέρους κλάσματα.

Τα λεπτόκοκκα (fine mode)

Λεπτόκοκκα καλούνται τα σωματίδια με μέγεθος αεροδυναμικής διαμέτρου μέχρι $2.5\mu\text{m}$. Χωρίζονται με τη σειρά τους σε δύο κατηγορίες.

A. Υποκατηγορία πυρήνα (nucleation mode)

Μέγεθος 0.01 έως $0.1\mu\text{m}$. Τα σωματίδια αυτά προέρχονται άμεσα από πηγές καύσης ή είναι συμπυκνώματα προϊόντων καύσης, έχουν μικρό χρόνο ζωής στην ατμόσφαιρα γιατί συσσωματώνονται μεταξύ τους και σχηματίζουν σωματίδια μεγαλύτερης διαμέτρου. Το μέγεθος των δευτερογενών σωματιδίων αυξάνεται επίσης καθώς λειτουργούν ως εστίες συμπύκνωσης άλλων αερίων συστατικών.

Καθώς τα σωματίδια φθάνουν σε μια διάμετρο της τάξης των 60nm η συμπύκνωση γίνεται ελεγχόμενη από τη διάχυση και επιβραδύνεται, ενώ η συσσωμάτωση η οποία είναι μια διεργασία δεύτερης τάξης τελικά σταματά, καθώς ο αριθμός των σωματιδίων μειώνεται. Εκτιμάται ότι η ανάπτυξη του μεγέθους των σωματιδίων σε 0.1nm, σε συνήθεις συνθήκες αστικής ρύπανσης, απαιτεί λιγότερο από μια μέρα.

Η υποκατηγορία πυρήνα χωρίζεται στις επόμενες δύο ομάδες :

Μεταβατικά σωματίδια πυρήνα (Aitken mode particles)

Αντιπροσωπεύουν εκείνη την ομάδα των σωματιδίων πυρήνα που παρουσιάζει τοπικό μέγιστο στην κατανομή κατά πλήθος πάνω από τα 15nm.

Υπερλεπτόκοκκα σωματίδια πυρήνα (Ultra-fine Nuclei)

Πρόκειται για τα υπόλοιπα σωματίδια πυρήνα. Τα σωματίδια αυτά παρουσιάζουν τοπικό μέγιστο στην κατανομή κατά πλήθος κάτω από τα 15nm.

Τα πλέον λεπτόκοκκα σωματίδια που έχουν κατασκευαστεί για ερευνητικούς σκοπούς έχουν μέγεθος περίπου 10nm. Η διαδικασία παραγωγής τους περιλαμβάνει την θέρμανση ενός μετάλλου ή ενός άλατος ως το σημείο εξάχνωσής του και εν συνεχεία την συμπύκνωση του ατμού, με γρήγορη ψύξη, ώστε να επιτευχθεί η δημιουργία πολλών μικρών, αντί λίγων μεγαλύτερων σωματιδίων.

B. Υποκατηγορία συσσώρευσης (accumulation range)

Μέγεθος 0.1 έως 2.5 μm . Τα σωματίδια αυτά δημιουργούνται από συσσωματώσεις μικρότερων σωματιδίων (υποκατηγορίας πυρήνα) και από συμπυκνώσεις επιπρόσθετου υλικού στις συσσωματώσεις αυτές. Μια άλλη διαδικασία σχηματισμού των σωματιδίων υποκατηγορίας συσσώρευσης, είναι οι χημικές αντιδράσεις που γίνονται στα σύννεφα. Αυτές, συνήθως αφορούν την οξείδωση αερίων ουσιών, όπως το SO_2 , η οποία γίνεται στο υδατικό περιβάλλον των σταγόνων που σχηματίζονται γύρω από τα μικρότερα σωματίδια. Μετά την εξάτμιση της σταγόνας η μάζα του σωματιδίου είναι αυξημένη κατά το προϊόν της οξείδωσης.

Με βάση τα παραπάνω, τα σωματίδια της κατηγορίας συσσώρευσης χωρίζονται σε δυο ομάδες:

Συμπυκνώματα (condensation mode)

Πρόκειται για τα μικρότερα σωματίδια της υποκατηγορίας. Σχηματίζονται από τη συσσωμάτωση μη υγροσκοπικών σωματιδίων πυρήνα και παρουσιάζουν μέγιστο στην κατανομή κατά μάζα περίπου στα 0.2 μm .

Σταγονίδια (droplet mode)

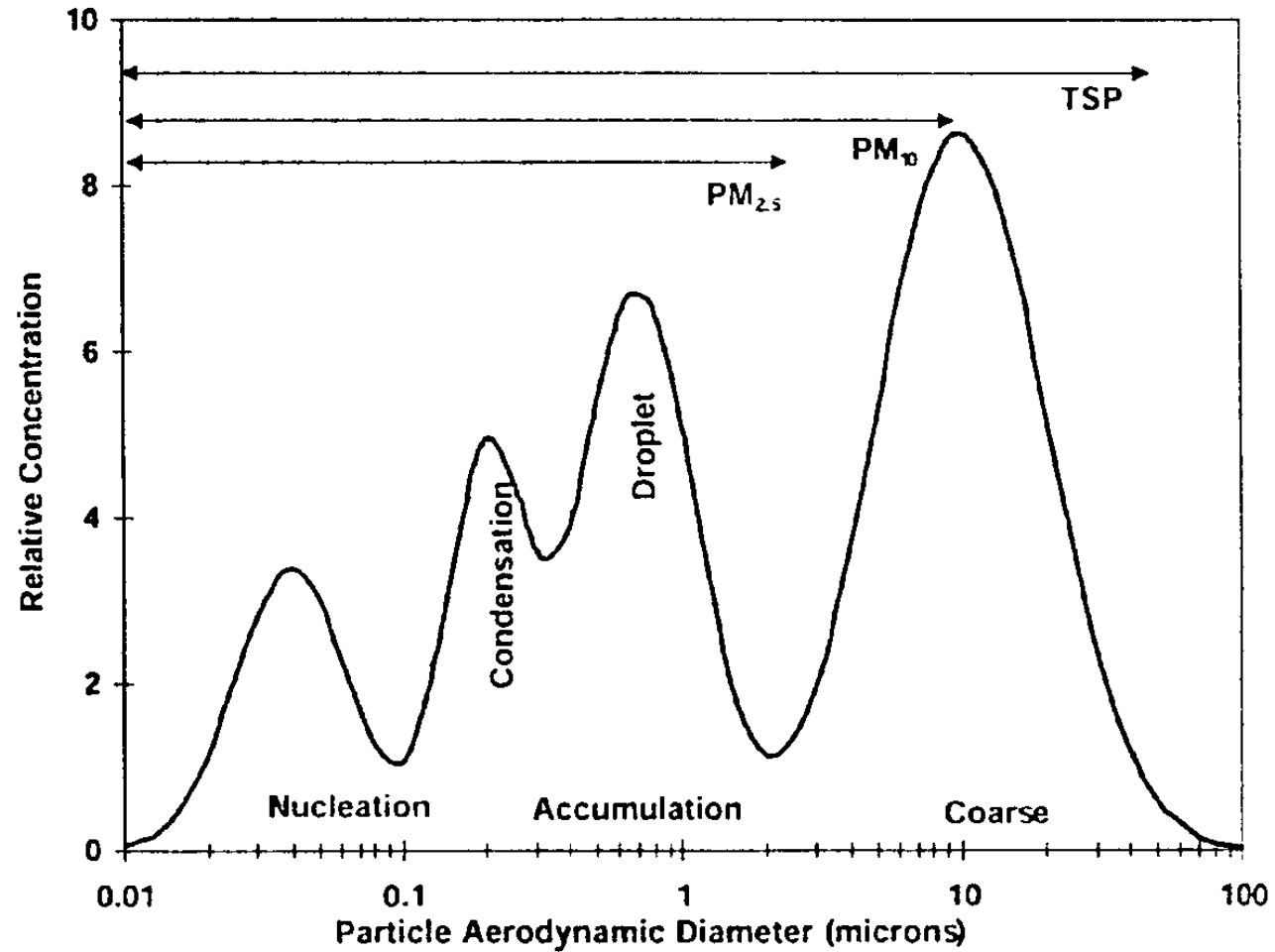
Είναι δυνατόν να λάβουν χώρα αντιδράσεις υγρής φάσης μεταξύ σταγονιδίων μέσα σε νέφη ή ομίχλη ή παρουσία πολύ υψηλής σχετικής υγρασίας, επάνω στην επιφάνεια αιωρούμενων σωματιδίων. Η συσσωμάτωση που επέρχεται ως αποτέλεσμα δημιουργεί την ομάδα των σταγονιδίων, τα οποία παρουσιάζουν μέγιστο στην κατά μάζα κατανομή στα 0.7 μm .

Η απομάκρυνση των σωματιδίων από την ατμόσφαιρα γίνεται με ξηρή και υγρή απόθεση. Τα σωματίδια υποκατηγορίας συσσώρευσης διαχέονται στην επιφάνεια της γης, μια διαδικασία που επιβραδύνεται καθώς το μέγεθος των σωματιδίων αυξάνει. Όσον αφορά την υγρή απόθεση, μόνο αν τα σωματίδια έχουν τις κατάλληλες υγροσκοπικές ιδιότητες μπορούν να απομακρυνθούν ως βροχή. Συνεπώς η απομάκρυνσή τους από την ατμόσφαιρα είναι ιδιαίτερα δύσκολη, γι' αυτό και τα σωματίδια συσσωρεύονται σε αυτή την κατηγορία μεγέθους. Τα σωματίδια υποκατηγορίας συσσώρευσης έχουν χρόνο ζωής στην ατμόσφαιρα από 7 έως 30 ημέρες.

Τα χονδρόκοκκα (coarse mode)

Χονδρόκοκκα καλούνται τα αιωρούμενα σωματίδια που έχουν αεροδυναμική διάμετρο, μεγαλύτερη των $2.5\mu\text{m}$. Παράγονται συνήθως με μηχανικούς τρόπους.

Στο περιβάλλον τα μεγαλύτερα σωματίδια, για παράδειγμα εκείνα με διάμετρο $10\mu\text{m}$, είναι δυνατόν να μείνουν σε αιώρηση 10 με 20 ώρες πριν την καθίζησή τους στο κάτω τμήμα της τροπόσφαιρας. Η μέση ταχύτητα του ανέμου είναι περίπου 7m/s , συνεπώς, τα σωματίδια αυτά μπορούν να ταξιδέψουν έως 20 με 30 χιλιόμετρα, ενώ τα μικρότερα σωματίδια (διαμέτρου 0.1 έως $1\mu\text{m}$) μπορούν να απομακρυνθούν έως και αρκετές εκατοντάδες χιλιόμετρα από το σημείο εκπομπής τους. Ένα μικρό ποσοστό των αιωρούμενων σωματιδίων μπορεί να φτάσει έως το άνω τμήμα της τροπόσφαιρας (περίπου 8 με 15 χιλιόμετρα ύψος). Τα σωματίδια αυτά μπορούν να μείνουν αιωρούμενα για μεγάλους χρόνους (έως και 1 έτος).



Ιδανική κατανομή αιωρούμενων σωματιδίων εξωτερικής ατμόσφαιρας, κατά μέγεθος

ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

Η συμπεριφορά των σωματιδίων μέσα στον ανθρώπινο οργανισμό είναι θέμα που έχει απασχολήσει έντονα την επιστημονική κοινότητα και που ακόμη μελετάται. Ωστόσο τα μέχρι σήμερα συμπεράσματα φαίνονται να εντοπίζονται στις εξής υποομάδες των ολικών αιωρούμενων σωματιδίων (TSP):

Στα εισπνεύσιμα σωματίδια (inhalable particles)

Εισπνεύσιμα σωματίδια είναι τα αιωρούμενα σωματίδια που εισέρχονται στο ανώτερο σύστημα της αναπνευστικής οδού (ρινοφάρυγγας). Αυτό το κλάσμα των ολικών σωματιδίων περιλαμβάνει σωματίδια με διαμέτρους μικρότερες από 10 μ m (PM10), καθώς η μεγάλη πλειοψηφία των σωματιδίων με διαμέτρους μεγαλύτερες από 10 μ m κατακρατούνται στην στοματική και τη ρινική κοιλότητα.

Στα θωρακικά σωματίδια (thoracic particles)

Θωρακικά σωματίδια καλείται το κλάσμα των PM10 που καταφέρνουν να διαπερνούν το ανώτερο τμήμα της αναπνευστικής οδού (ρινοφάρυγγας). Θεωρείται ότι έχουν μέγεθος μικρότερο των 7 μm .

Στα αναπνεύσιμα σωματίδια (respirable particles)

Το κλάσμα με μέγεθος αεροδυναμικής διαμέτρου έως περίπου 2.5 μm είναι το πιο σημαντικό από άποψη επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία. Τα σωματίδια αυτά καταφέρνουν γενικά να διεισδύσουν έως τα βάθη των πνευμόνων και γι' αυτό καλούνται αναπνεύσιμα.

ΟΡΙΣΜΟΙ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

Με βάση ορισμού την ταξινόμηση των ολικών αιωρούμενων σωματιδίων κατά μέγεθος (σε χονδρόκοκκα και λεπτόκοκκα) και σε συσχέτιση με την διεισδυτικότητα τους στον ανθρώπινο οργανισμό (εισπνεύσιμα και αναπνεύσιμα), γίνεται η εισαγωγή δύο νέων ρυπαντικών παραμέτρων, των σωματιδίων **PM10** και των σωματιδίων **PM2.5**.

Θεωρείται γενικά ότι τα **PM10** ταυτίζονται με την κατηγορία των εισπνεύσιμων σωματιδίων και έχουν διάμετρο έως 10μm. Ωστόσο ο ορισμός αυτός δεν λαμβάνει υπ' όψη του το γεγονός ότι είναι αδύνατον να κατασκευασθεί δειγματολήπτης ικανός να λειτουργεί υπό μορφή βηματικής συνάρτησης, οπότε να αποκλείει τη συλλογή των σωματιδίων με αεροδυναμική διάμετρο παραπλήσια της επιθυμητής, ώστε να μπορούμε να προσδιορίσουμε σωματίδια μέχρι ή από μία διάμετρο και πέρα. Στην πράξη δηλαδή τα PM10 περιλαμβάνουν και ένα περιορισμένο αριθμό σωματιδίων με μέγεθος μεγαλύτερο από 10μm.

Για τον παραπάνω λόγο ο αυστηρός ορισμός των PM10 όπως τον αναφέρει η ΕΕ στις σχετικές οδηγίες της είναι :

“ PM10 νοούνται τα σωματίδια που διέρχονται δια στομίου επιλεγέντος μεγέθους το οποίο συγκρατεί το 50% των σωματιδίων αεροδυναμικής διαμέτρου 10 μ m”.

Τα PM2.5 ταυτίζονται με την κατηγορία των αναπνεύσιμων σωματιδίων και θεωρείται ότι έχουν διάμετρο έως και 2.5 μ m. Ο αντίστοιχος ορισμός της ΕΕ για τα PM2.5 είναι:

“PM2.5 νοούνται τα σωματίδια που διέρχονται δια στομίου επιλεγέντος μεγέθους το οποίο συγκρατεί το 50% των σωματιδίων αεροδυναμικής διαμέτρου 2.5 μ m”.

Επίσης τα PM_{2.5} ευθύνονται για την μείωση της ορατότητας στην ατμόσφαιρα των ρυπασμένων περιοχών, ενώ συμβάλλουν σημαντικά και σε άλλες επιπτώσεις στο περιβάλλον (π.χ. μεταβολή του παγκόσμιου κλίματος).

Μέχρι το 2050 η ρύπανση του αέρα θα πλήξει τα αστικά κέντρα αναπτυσσόμενων και αναπτυσσόμενων χωρών, προκαλώντας 3,6 εκατομμύρια πρόιμους θανάτους, κυρίως στην Κίνα και την Ινδία. Ωστόσο, οι επιπτώσεις της έκθεσης στο τροποσφαιρικό όζον θα είναι χειρότερες στις πλούσιες χώρες, που παρουσιάζουν υψηλούς δείκτες γήρανσης του πληθυσμού, καθώς οι μεγαλύτεροι ηλικιακά άνθρωποι είναι πιο ευάλωτοι. Όπως επισημαίνεται στη νέα έκθεση του ΟΟΣΑ, οι κυριότερες περιβαλλοντικές προκλήσεις για τον πλανήτη μέχρι το 2050 είναι η κλιματική αλλαγή, η απώλεια της βιοποικιλότητας, η έλλειψη νερού και η ρύπανση.
<http://www.econews.gr/2012/03/16/>



Το ΥΠΑΠΕΝ ανακοίνωσε ότι 14 Ιουνίου 2015, σύμφωνα με τις μετρήσεις του Δικτύου Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης της Αθήνας, υπήρξε υπέρβαση του ορίου ενημέρωσης ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) για το όζον. Συγκεκριμένα στις 17:00 σημειώθηκε Ωριαία Τιμή όζοντος $202 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στο Σταθμό Μέτρησης Θρακομακεδόνων, ενώ η μέγιστη Ωριαία Τιμή όζοντος κατά τις τρεις τελευταίες ωριαίες μετρήσεις ήταν $216 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

<http://www.econews.gr/2015/06/15/>



ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΩΝ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ

Η ρύπανση από τα αιωρούμενα σωματίδια δημιουργεί σοβαρά προβλήματα στο περιβάλλον και στην ανθρώπινη υγεία, ενώ έχει και το πρόσθετο χαρακτηριστικό ότι είναι ορατή με γυμνό μάτι. Τις τελευταίες δύο δεκαετίες οι έρευνες ξεχώρισαν το κλάσμα σωματιδίων PM10 ως το πιο επικίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία. Αποτελούν εκείνο το κλάσμα των σωματιδίων που απεδείχθη ότι κατά κύριο λόγο εισέρχεται στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου· για το λόγο αυτό καλούνται και «εισπνεύσιμα». Τα τελευταία χρόνια όμως δίνεται ιδιαίτερη προσοχή και σε ένα ακόμα πιο μικρό, και πιο επικίνδυνο (για τον άνθρωπο), κλάσμα σωματιδίων, τα PM2.5. Τα PM2.5 καλούνται και «αναπνεύσιμα» και έχουν τη δυνατότητα να διεισδύσουν σε μεγάλο βάθος του αναπνευστικού συστήματος, έως τις κυψελίδες των πνευμόνων.



Οι ερευνητές του δικτύου Arhekom μελέτησαν τα επίπεδα και τις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε 25 πόλεις, ανάμεσα τους και η Αθήνα, με συνολικά 39 εκατ. κατοίκους. Μόνο στη Στοκχόλμη τα μικροσωματίδια δεν υπερέβαιναν τα 10 μικρογραμμάρια ανά κυβικό μέτρο αέρα, που συνιστά η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας. Τα υψηλότερα επίπεδα καταγράφηκαν στο Βουκουρέστι (38,2 μικρογραμμάρια), στη Βουδαπέστη (33,7 μικρογραμμάρια) και στη Βαρκελώνη (27 μικρογραμμάρια ανά κυβικό μέτρο).

<http://www.econews.gr/2011/03/03/>

Τα 100.000 μεγαλύτερα εργοστάσια και μονάδες ηλεκτροπαραγωγής στην Ευρώπη προκάλεσαν βλάβες στην υγεία και περιβαλλοντικά προβλήματα της τάξης των 102 με 169 δισεκατομμυρίων ευρώ. Το κόστος ανά κάτοικο ανέρχεται στα 200 με 300 ευρώ. Στις κυριότερες επιπτώσεις στην υγεία λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης συγκαταλέγονται τα αναπνευστικά προβλήματα και τα καρδιακά νοσήματα. Αξίζει να αναφερθεί ότι η ηλεκτροπαραγωγή ήταν ο μεγαλύτερος παράγοντας για τα προβλήματα που προαναφέρθηκαν, προκαλώντας οικονομικές ζημιές που φτάνουν τα 112 δισεκατομμύρια ευρώ. Επισημαίνεται μάλιστα ότι το 75% των συνολικών οικονομικών ζημιών, που οφείλονται στην απελευθέρωση αέριων ρυπαντών όπως τα βαρέα μέταλλα και τα αέρια του θερμοκηπίου, προκλήθηκε από τη λειτουργία μόνο 622 μονάδων. <http://www.econews.gr/2011/11/24/>

Ατμοσφαιρικοί ρύποι αέριας φύσης

Οι **οργανικοί αέριοι ρύποι** αποτελούνται από οργανικές ενώσεις όπως π.χ. ακρυλονιτρίλιο, βενζόλιο, φορμαλδεΐδη, πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες (PAHs)

Οι **φυσικοί οργανικοί ρύποι** είναι αυτοί που παράγονται από βιολογικές δραστηριότητες

Οι **συνθετικοί οργανικοί ρύποι** προέρχονται από μη βιολογικές παραγωγικές δραστηριότητες

οι **ανόργανοι αέριοι ρύποι** αποτελούνται από ανόργανες ενώσεις όπως π.χ. CO, CO₂, NO, NO₂, H₂S ή SO₂

Πρωτογενείς ρύποι είναι αυτοί που εκπέμπονται απ' ευθείας από την πηγή

Δευτερογενείς ρύποι δημιουργούνται στην ατμόσφαιρα μετά την εκπομπή τους από την πηγή

Αέριοι ατμοσφαιρικοί ρύποι

Ανόργανα οξείδια: CO, CO₂, NO₂, SO₂

Οξειδωτικά: O₃

Αναγωγικά : CO, SO₂, H₂S, NH₃

Οργανικές ενώσεις: CH₄, αλκάνια, αλκένια, κυκλικοί υδρογονάνθρακες

Φωτοχημικά ενεργές ενώσεις: NO₂,
φορμαλδεΰδη. **Οξέα:** H₂SO₄, HNO₃

Μη σταθερές ενώσεις: ηλεκτρονικά διεγερμένο
NO₂, HO•

ρύποι-κριτήρια ατμοσφαιρικής ποιότητας

- το μονοξείδιο του άνθρακα
- το διοξείδιο του αζώτου
- το όζον
- το διοξείδιο του θείου
- τα αιωρούμενα σωματίδια PM 10 και PM 2.5
- ο μόλυβδος

Πρότυπα επιτρεπτά όρια συγκεντρώσεων των ρύπων-κριτηρίων στον ατμοσφαιρικό αέρα

Ρύπος	Μέση διάρκεια	Επιτρεπτά όρια	Επιπτώσεις
CO	8 h 1 h	10 mg/m ³ (9 ppm) 40 mg/m ³ (35 ppm)	Δημιουργία καρβοξυ-αιμοσφαιρίνη στο αίμα
NO ₂	Ετήσια	100 μg/m ³ (0.053 ppm)	Προβλήματα στην αναπνοή και στην ατμοσφαιρική ορατότητα
O ₃	1h	235 μg/m ³ (0.12 ppm)	Ερεθισμός στα μάτια και δυσκολίες στην αναπνοή
SO ₂	Ετήσια	80 μg/m ³ (0.03 ppm)	Προβλήματα στο αναπνευστικό σύστημα , στα φυτά και στις κατασκευές
PM-10	24 h Ετήσια	65μg/m ³ 50 μg/m ³	Προβλήματα στην υγεία και στην ατμοσφαιρική ορατότητα
Pb	24 h 3 μήνες	150μg/m ³ 50 μg/m ³	Προβλήματα υγείας

απορρόφηση του μονοξειδίου του άνθρακα από την αιμοσφαιρίνη

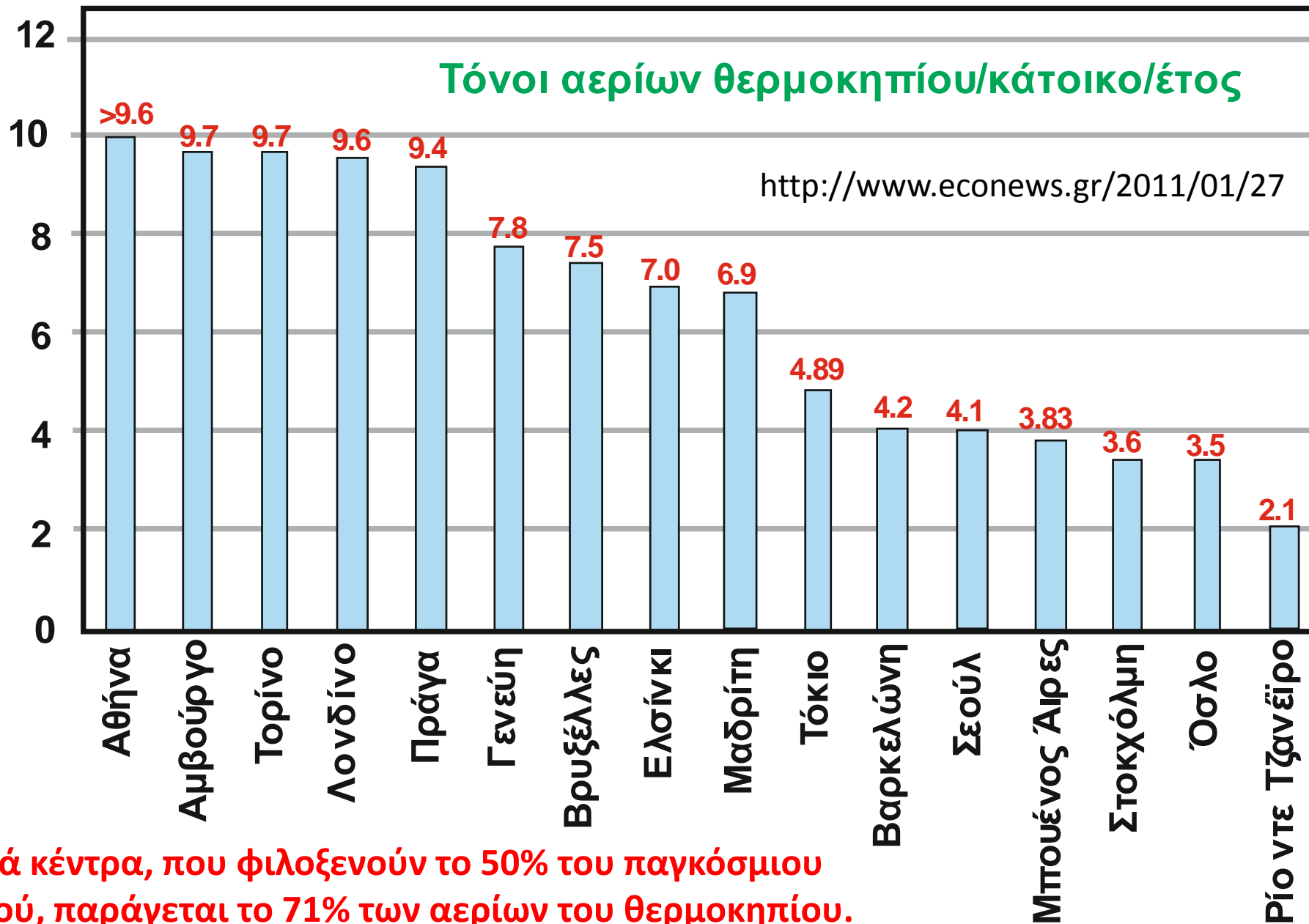
εμπειρική σχέση Masters

$$\% \text{HbCO} = 0.005 \cdot [\text{CO}]^{0.85} \cdot (\text{at})^{0.63}$$

%HbCO	Επιπτώσεις στην συμπεριφορά και την υγεία
< 1.0	Καμία εμφανή επίπτωση
1.0 – 1.5	Σημειώνονται κάποιες μεταβολές στη συμπεριφορά των ατόμων
1.5 – 4.5	Απώλεια αίσθησης χρόνου, οπτικής οξυδέρκειας, οπτικής φωτεινότητας καθώς και ελάττωση άλλων ψυχοκινητικών λειτουργιών.
>4.5	Κίνδυνος καρδιακών και πνευμονικών επεισοδίων
4.5 - 80	Πονοκέφαλοι, κόπωση, υπνηλία, πτώση σε κώμα, βλάβες στην αναπνοή και θάνατος

% συμμετοχή των διαφόρων πηγών ρύπανσης στην αέρια ρύπανση των ανεπτυγμένων χωρών

Πηγές	Σωματίδια	SO _x	NO _x	VOC's	CO	Pb
Μεταφορές	21.0	4.0	44.0	33.0	70.0	41.5
Σταθερές πηγές καύσης	26.0	81.0	52.0	12.0	12.0	6.0
Βιομηχανικές διεργασίες	37.0	15.0	3.0	41.0	7.0	22.0
Διάθεση στερεών αποβλήτων	4.0	0.0	0.5	3.0	3.0	31.0
Διάφορες άλλες	12.0	0.0	0.5	11.0	8.0	0.0



Στα αστικά κέντρα, που φιλοξενούν το 50% του παγκόσμιου πληθυσμού, παράγεται το 71% των αερίων του θερμοκηπίου.

Χρηματοδότηση

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα. Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα» του ΕΜΠ έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του υλικού.

Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ