

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ



ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ: ΕΚΠΟΜΠΗ, ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ, ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΡΥΠΑΝΣΗΣ & ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (1/2)

Εκπομπή ρύπανσης: ορίζεται η ποσότητα των ρύπων που διοχετεύεται στην ατμόσφαιρα από την έξοδο κάποιας πηγής και αντιπροσωπεύει το διαθέσιμο δυναμικό ρύπανσης. Είναι μέγεθος παροχής, μετράται σε μονάδες μάζας ανά χρόνο και υπολογίζεται με βάση την κατανάλωση καυσίμων, τα στοιχεία παραγωγής και τα χαρακτηριστικά των πηγών.

Συγκέντρωση ρύπανσης: ορίζεται η ποσότητα ρύπου που υπάρχει σε δεδομένο σημείο του χώρου και εκφράζεται σε μονάδες πυκνότητας (μάζα ρύπου σε δεδομένο όγκο αέρα) ή σε μονάδες αραιώσης (όγκος ρύπου σε δεδομένο όγκο αέρα).

Διασπορά ρύπανσης: (ή διάχυση) αναφέρεται η πορεία και η διανομή των ρύπων στο χώρο. Τα φαινόμενα της διασποράς επηρεάζονται από ένα πλήθος φυσικών και χημικών παραγόντων, από τους οποίους ο σημαντικότερος είναι ο χρόνος που μεσολαβεί από τη στιγμή παραγωγής των ρύπων έως τη στιγμή "λήψης" στον συγκεκριμένο αποδέκτη.

ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ: ΕΚΠΟΜΠΗ, ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ, ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΡΥΠΑΝΣΗΣ & ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (2/2)

Οι κυριότερες, εκτός από το χρόνο, παράμετροι διασποράς, είναι οι παρακάτω:

- η φύση του ρύπου
- η θέση και τα λειτουργικά στοιχεία της πηγής
- η τοπογραφία της περιοχής
- τα μετεωρολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής
- η ύπαρξη άλλων ρύπων
- η θέση του αποδέκτη

Η φύση του ρύπου, καθορίζει ουσιαστικά την ικανότητά του να διαχέεται, να παραμένει χημικά και φυσικά σταθερός και να αφομοιώνεται στην ατμόσφαιρα ή στο έδαφος.

ΠΗΓΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ (1/7)

Οι κύριες πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης από ανθρώπινη δραστηριότητα είναι οι Μεταφορές, η Βιομηχανία και η Θέρμανση (καύση υγρών καυσίμων για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών - μαζούτ, ντίζελ, βενζίνη).

Μεταφορές

Ο αστικός χώρος αποτελεί ένα σύστημα υποδομών, δραστηριοτήτων και επικοινωνιών λόγω των συνεχών αναγκών των ανθρώπων για επικοινωνία, κοινωνικές συναναστροφές και οργανωμένες, πολύπλοκες δραστηριότητες.

Οι πόλεις χαρακτηρίζονται από τη συνέχεια της δόμησής τους, τις οργανωμένες συγκοινωνιακές και λοιπές υποδομές και ιδιαίτερα την πληθώρα των δραστηριοτήτων στον αστικό χώρο. Για την πραγματοποίηση των δραστηριοτήτων αυτών, βασικό συστατικό είναι η επικοινωνία, η οποία επιτυγχάνεται ουσιαστικά με μετακινήσεις εντός του αστικού χώρου. Έτσι το μέγεθος, ο βαθμός συμμετοχής, καθώς και η ποιότητα των εκπεμπόμενων ρύπων από τις δραστηριότητες των μεταφορών αγαθών και προσώπων στο αστικό περιβάλλον διαφοροποιείται ανάλογα με τα μέσα που χρησιμοποιούνται για την πραγματοποίησή τους, με ιδιαίτερη έμφαση στην οδική και αεροπορική κυκλοφορία.

ΠΗΓΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ (2/7)

Οδική κυκλοφορία

Οι οδικές μετακινήσεις, απαραίτητες για την πραγματοποίηση των δραστηριοτήτων, αποτελούν κύριο χαρακτηριστικό της λειτουργίας της πόλης, και μπορούν να χαρακτηριστούν από:

- τις θέσεις (περιοχές) γένεσης μετακινήσεων
- τις θέσεις (περιοχές) προσέλκυσης (ή έλξης) των μετακινήσεων
- τους συνδέσμους - διαδρόμους πραγματοποίησης των μετακινήσεων (συγκοινωνιακούς/ μεταφορικούς διαδρόμους)
- τη ζήτηση για μετακινήσεις και προσφορά μεταφορικού έργου κάθε διαδρόμου

Οι μετακινήσεις χαρακτηρίζονται από πολυμορφία και πολυπλοκότητα τόσο ως προς το σκοπό πραγματοποίησής τους (εργασία, αγορές, ψυχαγωγία), όσο και ως προς την κατανομή τους στο χώρο (από και προς τα κέντρα των πόλεων, ανάμεσα στα προάστια, κ.λπ.) και στο χρόνο (πρωινή, απογευματινή αιχμή, κ.λπ.).

ΠΗΓΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ (3/7)

Οδική κυκλοφορία

Βασική αιτία ρύπανσης στα αστικά κέντρα

Επιβαρύνει το περιβάλλον με ρύπους όπως CO, NO_x, SO₂, υδρογονάνθρακες, μόλυβδο, αιθάλη, κ.ά. Η αιθάλη που εκπέμπεται από τις μηχανές diesel, θεωρείται η πιο σημαντική, γιατί σε αυτή βρίσκονται προσροφημένοι υδρογονάνθρακες με καρκινογόνο δράση.

Η συμμετοχή των ανωτέρω ρύπων στη ρύπανση της ατμόσφαιρας εκφράζεται ως εξής: **60% CO, 30% NO_x, 50% υδρογονάνθρακες και 3,5% SO₂.**

Με βάση τα πρόσφατα στοιχεία του ΥΠΕΚΑ (πρώην ΥΠΕΧΩΔΕ), στην Αθήνα η οδική κυκλοφορία ευθύνεται για το **σύνολο σχεδόν των εκπομπών μονοξειδίου του άνθρακα, των πτητικών οργανικών ενώσεων, τα 2/3 των εκπομπών οξειδίων του αζώτου κλπ.**

Το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται από τα αυτοκίνητα (το οποίο δεν μειώνεται με τη χρήση των καταλυτών) παίζει **σημαντικό ρόλο στη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου.**

ΠΗΓΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ (4/7)

Οδική κυκλοφορία



Τα προβλήματα κυκλοφοριακής συμφόρησης στα αστικά κέντρα ευνοούν την εκπομπή ρύπων.

Η απαιτούμενη επιφάνεια οδού για μεταφορά ενός επιβάτη από αυτοκίνητο Ι.Χ. είναι 23.7 m², ενώ από ένα σύστημα Τραμ μόλις 1.3 m² που υποδεικνύει το πλεονέκτημα της χωρητικότητας της δημόσιας συγκοινωνίας έναντι του αυτοκινήτου.

Στα σημερινά αστικά κέντρα χώροι που άλλοτε ήταν διαθέσιμοι για την επικοινωνία των ανθρώπων βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής τους, τώρα χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για την οδική κυκλοφορία που πλέον εισβάλλει στο χώρο των πεζών (πεζοδρόμια), δημιουργώντας προβλήματα στην πλέον φιλική στο περιβάλλον αστική κινητικότητα.

ΠΗΓΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ (5/7)

Αεροπορικές μεταφορές



Επηρεάζουν με δύο βασικούς τρόπους την ποιότητα της ατμόσφαιρας στην περιοχή άμεσης και ευρύτερης επιρροής του αεροδρομίου ως εξής:

- ✓ λειτουργεί σαν *πόλος έλξης κυκλοφοριακής φόρτισης* στα οδικά δίκτυα της περιοχής και επιβαρύνεται έτσι η ατμοσφαιρική ρύπανση και
- ✓ λόγω των *αεροπορικών κινήσεων, ειδικά κατά τις φάσεις προσγείωσης και απογείωσης*, οι οποίες πραγματοποιούνται είτε σε μικρή απόσταση, είτε σε επαφή με το έδαφος, εκπέμπονται σημαντικές ποσότητες ρύπων, οι οποίες ενδέχεται να δημιουργήσουν τοπικό πρόβλημα, σε ορισμένες τουλάχιστον ώρες αιχμής κίνησης του αεροδρομίου.

ΠΗΓΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ (6/7)

Αεροπορικές μεταφορές



- ο στις *φάσεις τροχοδρόμησης και αναμονής* των αεροσκαφών εκπέμπονται σε μεγάλη ποσότητα CO₂ και υδρογονάνθρακες (προϊόντα ατελών καύσεων καθώς οι κινητήρες στις ανωτέρω φάσεις λειτουργούν σε μικρότερη απόδοση)
- ο στις *φάσεις απογείωσης και αναρρίχησης* του κύκλου λειτουργίας των αεροσκαφών εκπέμπονται σε μεγαλύτερη ποσότητα NO_x τα οποία σχηματίζονται κατά την οξείδωση του ατμοσφαιρικού αζώτου στις υψηλές θερμοκρασίες καύσεως των κινητήρων των αεροσκαφών.

Οι οργανικές χημικές ενώσεις που εμφανίζονται στις εξατμίσεις αεροσκαφών και δημιουργούν οσμές, δεν έχουν μελετηθεί ικανοποιητικά, αν και αξιολογείται ότι τα είδη των υδρογονανθράκων που εμπεριέχονται στις εξατμίσεις των αεροσκαφών είναι ιδιαίτερος πολυάριθμα.

ΠΗΓΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ (7/7)

Αεροπορικές μεταφορές

Ο υπολογισμός των εκπομπών από κινήσεις αεροσκαφών φέρει την ονομασία κύκλος προσγείωσης - απογείωσης (Landing - Take off cycle ή LTO cycle), ο οποίος είναι διαφορετικός για κάθε κατηγορία αεροπλάνου. Ο κύκλος λειτουργίας αεροσκαφών περιλαμβάνει όλες τις λειτουργίες πτήσεως & εδάφους. Αναλυτικά περιλαμβάνει:

- προσέγγιση αεροσκάφους
- προσγείωση αεροσκάφους
- μετακίνηση του αεροσκάφους στις θέσεις αποβίβασης
- στάθμευση αεροσκάφους
- τυχόν έλεγχοι ρουτίνας κινητήρων των αεροσκαφών
- αναμονή στο άκρο του διαδρόμου
- απογείωση και ανύψωση αεροσκάφους

Οι εκπομπές των ρύπων από τα αεροσκάφη εξαρτώνται από τις συνθήκες λειτουργίας τους, δηλαδή: (α) αναμονή-λειτουργία σε χαμηλά στοιχεία (ρελαντί-idle), (β) απογείωση (take off), (γ) προσγείωση (landing), (δ) αναρρίχηση μέχρι τα 3000 feet (~900 m-climbout), και (ε) προσέγγιση εδάφους από ύψος 3000 feet (~900 m - approach).

ΚΑΠΝΟΜΙΧΛΗ (Λονδίνο 1952)

Χαρακτηρίζεται από υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του θείου και καπνού, πήρε το όνομά της από τη «μαύρη» ομίχλη του Λονδίνου το 1952 με διάρκεια του επεισοδίου τις 5 ημέρες. Οι κατάλληλες συνθήκες που επικρατούν στο τέλος του φθινοπώρου και το χειμώνα είναι πιθανό να προκαλέσουν παρατεταμένη **θερμοκρασιακή αναστροφή** και **υψηλή ατμοσφαιρική υγρασία** με ταυτόχρονη παραγωγή καπνού και διοξειδίου του θείου το οποίο οξειδώνεται σε τριοξείδιο του θείου, με αποτέλεσμα να παράγονται θειικά άλατα και θειικό οξύ σε αέρια και σωματιδιακή φάση.

Οι παρακάτω συνθήκες θεωρούνται ευνοϊκές:

- Άπνοια,
- Θερμοκρασιακή αναστροφή,
- Εκπομπή καπνού και διοξειδίου του θείου,
- Ομίχλη, η οποία ευνοεί το σχηματισμό H_2SO_4 και παρατείνει το φαινόμενο της θερμοκρασιακής αναστροφής.



Στην Ελλάδα, δεν έχουν παρατηρηθεί αντίστοιχης σοβαρότητας επεισόδια, υπάρχουν όμως αστικές περιοχές που έχουν την τάση να εμφανίζουν αυξημένες τιμές σε αιωρούμενα σωματίδια και διοξείδιο του θείου, όπως η Πτολεμαΐδα και η Μεγαλόπολη, λόγω της καύσης του λιγνίτη.

ΦΩΤΟΧΗΜΙΚΗ ΟΜΙΧΛΗ (Los Angeles, ΗΠΑ) (1/4)



Παρουσιάζει απόχρωση κίτρινη μέχρι καφέ, προκαλεί μείωση ορατότητας και επιφέρει γενική δυσφορία στον πληθυσμό, εκτεταμένες καταστροφές στη βλάστηση και τις καλλιέργειες, ενώ παράλληλα στους ανθρώπους προκαλεί ερεθισμό στα μάτια & στο φάρυγγα, προσβάλλει τα ασθματικά άτομα και μειώνει τη λειτουργική αποτελεσματικότητα των πνευμόνων.

Πρόκειται για **φαινόμενο διαφορετικό από αυτό της Καπνομίχλης** και χαρακτηρίζεται από υψηλές συγκεντρώσεις δευτερογενών ρύπων οι οποίοι παράγονται από φωτοχημικές διαδικασίες και συνήθως είναι **το όζον (O_3)**, **το PAN (νιτρικό υπεροξυακετύλιο)**, **αλδεΐδες**, **διοξείδιο του αζώτου (NO_2)** κ.λπ.

Οι εκπομπές των μέσων μεταφοράς και ιδιαίτερα της οδικής κυκλοφορίας παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στη δημιουργία της φωτοχημικής ομίχλης.

ΦΩΤΟΧΗΜΙΚΗ ΟΜΙΧΛΗ (Los Angeles, ΗΠΑ) (2/4)

Η εμφάνιση της φωτοχημικής ομίχλης (smog) σε μια περιοχή ευνοείται από τις παρακάτω συνθήκες:

- άπνοια και συγχρόνως,
- θερμοκρασιακή αναστροφή,
- σημαντικές εκπομπές πρωτογενών ρύπων,
- ηλιακή ακτινοβολία μεγάλης έντασης η οποία απαιτείται για τη φωτοχημική διαδικασία, καθώς και
- την αναγκαία τοπογραφική γεωμορφολογική διαμόρφωση η οποία ευνοεί τις θερμοκρασιακές αναστροφές ακόμα και με καλοκαιρία.

Το φαινόμενο της θερμοκρασιακής αναστροφής αποτελεί βασική παράμετρο της δημιουργίας νέφους και εμφανίζεται όταν η θερμοκρασία αυξάνεται με το ύψος ακόμη και σε μικρή απόσταση μέσα στην τροπόσφαιρα, όπως γίνεται συχνά στα μεγάλα αστικά κέντρα με τα αναγκαία τοπογραφικά χαρακτηριστικά (Αθήνα, Los Angeles).

Στην τροπόσφαιρα η θερμοκρασία μειώνεται με το ύψος με αποτέλεσμα τη διάχυση & μείωση των συγκεντρώσεων των ατμοσφαιρικών ρύπων.

Φαινόμενο θερμοκρασιακής αναστροφής

Θερμοκρασιακή αναστροφή λέγεται το φαινόμενο κατά το οποίο η θερμοκρασία του αέρα αυξάνεται τοπικά με το ύψος αντί να μειώνεται, όπως κανονικά συμβαίνει. Η θερμοκρασιακή αναστροφή παίζει σημαντικό ρόλο στην ευστάθεια της ατμόσφαιρας και στη μεταφορά και διασπορά των ρύπων της ατμόσφαιρας.

Κανονικά, η θερμοκρασία του αέρα ελαττώνεται όσο απομακρύνεται κανείς από την επιφάνεια της Γης μέσα στην τροπόσφαιρα. Ο ρυθμός μείωσης ποικίλλει, ωστόσο ένας αποδεκτός ρυθμός είναι περίπου $6,5^{\circ}\text{C}$ ανά χιλιόμετρο.

Έτσι η μείωση της θερμοκρασίας με το υψόμετρο βοηθάει στην καλύτερη ανάμιξη του αέρα και επομένως και στη διασπορά και απομάκρυνση των ρύπων από τα χαμηλά στρώματα.

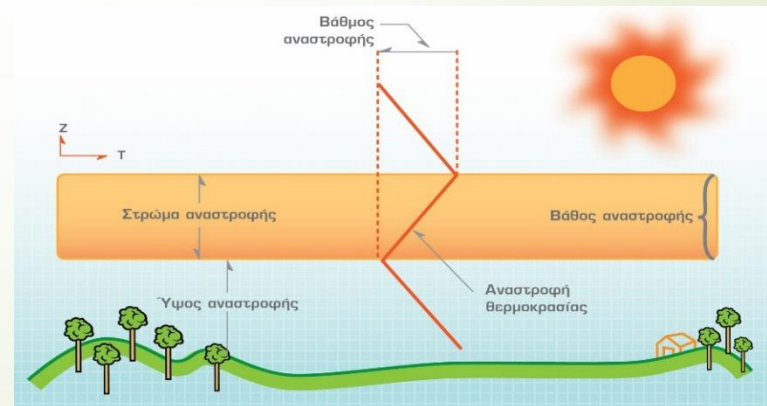
Όταν όμως στα χαμηλά υπάρχουν αέριες μάζες ψυχρότερες από αυτές που βρίσκονται υψηλότερα, τότε οι ψυχρότερες όντας «βαρύτερες» παραμένουν ακίνητες. Έτσι σε περίπτωση που έχουμε κοντά στο έδαφος ψυχρότερο αέρα από ότι σε ψηλότερα στρώματα, δεν έχουμε κίνηση των αερίων μαζών και οδηγούμαστε σε μια σταθεροποιημένη κατάσταση.

Αυτό είναι μια απόκλιση από την κανονική κατάσταση και καλείται θερμοκρασιακή ή θερμική αναστροφή. Πάνω από το στρώμα της αναστροφής, ο αέρας ψύχεται κανονικά αυξανόμενου του υψομέτρου.

ΦΩΤΟΧΗΜΙΚΗ ΟΜΙΧΛΗ (Los Angeles, ΗΠΑ) (3/4)

Θερμοκρασιακή αναστροφή:
Βασικές έννοιες

- το στρώμα της ατμόσφαιρας μέσα στο οποίο συμβαίνει το φαινόμενο λέγεται *στρώμα αναστροφής*,
- *πάχος στρώματος αναστροφής ή βάθος αναστροφής*: αν η θερμοκρασιακή αναστροφή ξεκινάει σε ύψος 200μ. πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και φθάνει σε ύψος 350μ., τότε το βάθος αναστροφής είναι η διαφορά τους (150μ.),
- το ύψος της βάσης από όπου ξεκινάει το στρώμα αναστροφής λέγεται *ύψος αναστροφής*.
- η ολική αύξηση της θερμοκρασίας από τη βάση έως την κορυφή της θερμοκρασιακής αναστροφής λέγεται *βαθμός αναστροφής*.
- όταν οι θερμοκρασιακές αναστροφές ξεκινούν αμέσως από το έδαφος, λέγονται *αναστροφές επιφάνειας*, ενώ όταν εμφανίζονται σε κάποιο ύψος λέγονται *αναστροφές ελεύθερης επιφάνειας*.



ΦΩΤΟΧΗΜΙΚΗ ΟΜΙΧΛΗ (Los Angeles, ΗΠΑ) (4/4)

Θερμοκρασιακή αναστροφή αναπτύσσεται ως αποτέλεσμα των συνθηκών:

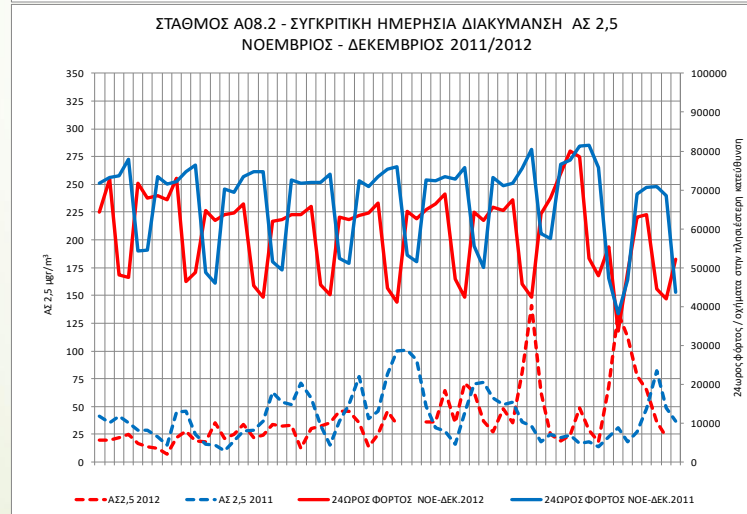
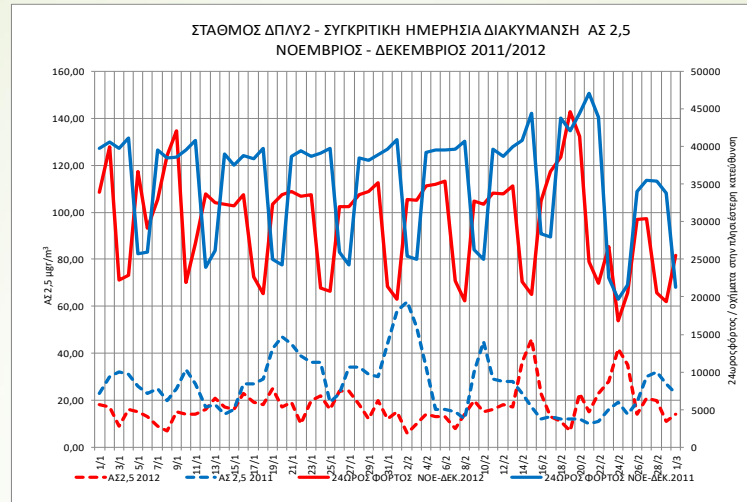
- ❑ **όταν συναντιούνται δύο μεγάλες αέριες μάζες διαφορετικής θερμοκρασίας** μπορεί να δημιουργηθεί μια μετωπική αναστροφή, αφού συνήθως η ψυχρότερη αέρια μάζα γλιστρά κάτω από τη θερμότερη στο σημείο που συναντιούνται, οπότε συγκεντρώνονται αέριες ρυπογόνες ενώσεις.
- ❑ **κατά τη διάρκεια της νύχτας, με άπνοια και χωρίς σύννεφα το έδαφος μπορεί να ψυχθεί σημαντικά**, λόγω της ακτινοβολίας της υπέρυθρης ακτινοβολίας προς το διάστημα. Τα αέρια στρώματα τα οποία ευρίσκονται σε επαφή με το έδαφος ψύχονται περισσότερο από τα υπερκείμενα στρώματα και έτσι εμφανίζεται κοντά στο έδαφος ένα στρώμα με αναστροφή θερμοκρασίας, ύψους $\geq 100\mu$.
- ❑ **η θερμοκρασιακή αναστροφή μπορεί να οφείλεται στην αδιαβατική θέρμανση κατερχόμενου αέρα**, δηλ. ψυχρός αέρας κατέρχεται από τα υψώματα που περιβάλλουν την κοιλάδα κατά τη διάρκεια της νύχτας, με αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας και την εμφάνιση τοπικής αναστροφής στην επιφάνεια της γης, και νωρίς το πρωί παρατηρείται μια στιβάδα από ομίχλη πάχους λίγων μέτρων, η οποία καταστρέφεται καθώς ο ήλιος θερμαίνει τη γη και τα κατώτατα στρώματα αέρος της.
- ❑ **ένας αντικυκλώνας μπορεί να κατεβάσει αέριες μάζες** από μεγαλύτερα ύψη σε μικρότερα και να προκαλέσει έτσι θερμοκρασιακή αναστροφή.

ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ (2012)

Στην Αττική παρατηρήθηκε το φαινόμενο ιδιαίτερα υψηλών τιμών αιωρούμενων σωματιδίων με έξαρση στις 16/12 και 25-26/12. Οι αναλυτές αιωρούμενων σωματιδίων της Αττικής Οδού, διαχρονικά, μετρούν υψηλότερες τιμές αιωρούμενων σωματιδίων τους μήνες κατά τους οποίους λειτουργούν οι κεντρικές θερμάνσεις στις γειτονικές περιοχές της οδού και ιδίως στην αστική περιοχή Ηρακλείου όπου χωροθετείται ο σταθμός μέτρησης Α08.2.

Η αύξηση του κλάσματος $AS_{2,5}$ ουσιαστικά υπογραμμίζει στην αυξημένη παρουσία αιθαλομίχλης στην αστική περιοχή, είναι όμως εμφανές ότι τις ημέρες που παρατηρήθηκε η έξαρση των τιμών των αιωρούμενων σωματιδίων, ο μέσος ημερήσιος φόρτος ήταν αντιστρόφως ανάλογος της ρύπανσης, ενώ τις υπόλοιπες ημέρες - χωρίς φαινόμενο εξάρσεων λόγω αιθαλομίχλης - η ρύπανση ακολουθεί τις αυξομειώσεις του εκάστοτε οδικού κυκλοφοριακού φόρτου με τον Δεκ. 2012 να παρουσιάζει χαμηλότερες συγκεντρώσεις από τον αντίστοιχο μήνα του 2011 με εξαίρεση τις ημέρες των εξάρσεων.

ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ (2012)



ΟΡΙΑ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ (ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ 2008/50/ΕΚ)

ΡΥΠΟΣ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ	ΟΡΙΑΚΗ ΤΙΜΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΟΠΟΙΑ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΕΧΕΙ ΕΠΙΤΕΥΧΘΕΙ Η ΟΡΙΑΚΗ ΤΙΜΗ (1)
SO ₂	1 ώρα	350 μg/m ³ , δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 24 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος	— ⁽¹⁾
	1 ημέρα	125 μg/m ³ , δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 3 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος	— ⁽¹⁾
NO ₂	1 ώρα	200 μg/m ³ , δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 18 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος	1η Ιανουαρίου 2010
	Ημερολογιακό έτος	40 μg/m ³	1η Ιανουαρίου 2010
Βενζόλιο	Ημερολογιακό έτος	5 μg/m ³	1η Ιανουαρίου 2010
CO	Μέγιστος ημερήσιος μέσος όρος οκταώρου ⁽²⁾	10 mg/m ³	— ⁽¹⁾
Μόλυβδος	Ημερολογιακό έτος	0,5 μg/m ³ (3)	— ⁽³⁾
ΑΣ10	1 ημέρα	50 μg/m ³ , δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 35 φορές ανά ημερολογιακό έτος	— ⁽¹⁾
	Ημερολογιακό έτος	40 μg/m ³	— ⁽¹⁾
ΑΣ2.5			
ΣΤΑΔΙΟ 1	Ημερολογιακό έτος	25 μg/m ³	1η Ιανουαρίου 2015
ΣΤΑΔΙΟ 2	Ημερολογιακό έτος	20 μg/m ³	1η Ιανουαρίου 2020 ⁽⁴⁾

Ισχύει ήδη από 1ης Ιανουαρίου 2005.

Η μέγιστη ημερήσια 8ωρη μέση τιμή συγκέντρωσης επιλέγεται εξετάζοντας τους κυλιόμενους 8ωρους μέσους όρους που υπολογίζονται από ωριαία στοιχεία και ενημερώνονται ανά ώρα. Κάθε ανάλογος υπολογιζόμενος 8ωρος μέσος όρος αντιστοιχεί στην ημέρα κατά την οποία λήγει, δηλαδή η πρώτη περίοδος υπολογισμού για μία ημέρα είναι η περίοδος από τις 17:00 της προηγούμενης μέχρι τη 01:00 εκείνης της ημέρας, η τελευταία περίοδος υπολογισμού οιασδήποτε ημέρας είναι η περίοδος από τις 16:00 έως τις 24:00 της ημέρας αυτής.

Ισχύει ήδη από 1ης Ιανουαρίου 2005. Η οριακή τιμή πρέπει να τηρείται μόνον από την 1η Ιανουαρίου 2010 στην άμεση γειτνίαση των συγκεκριμένων βιομηχανικών πηγών που βρίσκονται σε τοποθεσίες ρυπανθείσες από δεκαετίες βιομηχανικών δραστηριοτήτων. Στις περιπτώσεις αυτές, η οριακή τιμή μέχρι την 1η Ιανουαρίου 2010 ισούται προς 1,0 μg/m³. Η περιοχή στην οποία ισχύουν υψηλότερες οριακές τιμές δεν πρέπει να εκτείνεται πέραν των 1 000 m από τις συγκεκριμένες αυτές πηγές.

Ενδεικτική οριακή τιμή που θα επανεξετασθεί από την Επιτροπή το 2013 υπό το φως περαιτέρω πληροφοριών σχετικά με τις επιδράσεις στην υγεία και το περιβάλλον, του τεχνικώς εφικτού και της εμπειρίας από την τιμή στόχο στα κράτη μέλη.

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΡΥΠΩΝ (1/4)

Η ανύψωση του πλουμίου αποτελεί βασικό παράγοντα προσδιορισμού της μέγιστης συγκέντρωσης ρυπαντών στο επίπεδο του εδάφους για τις περισσότερες πηγές. Το **πρότυπο πλουμίου GAUSS** για τις συνεχείς πηγές εξετάζεται ως βασικό εργαλείο για υπολογισμούς διασποράς ρυπαντών και υπολογισμού συγκεντρώσεων δεδομένου ότι:

- δίνει αποτελέσματα που συμφωνούν με πειραματικά δεδομένα τόσο καλά όσο οποιοδήποτε άλλο πρότυπο.
- είναι σχετικά απλοί οι μαθηματικοί υπολογισμοί που απαιτούνται
- είναι εννοιολογικά ελκυστικό
- είναι συνεπές με την τυχαία φύση της τύρβης (θόρυβος, αναστάτωση)
- αποτελεί λύση στη βασική εξίσωση διασποράς
- δεν περιέχει μεγάλο ποσοστό εμπειρισμού
- είναι αναγνωρισμένο από πολλά κρατικά εγχειρίδια υπολογισμού (π.χ. EPA)

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΡΥΠΩΝ (2/4)

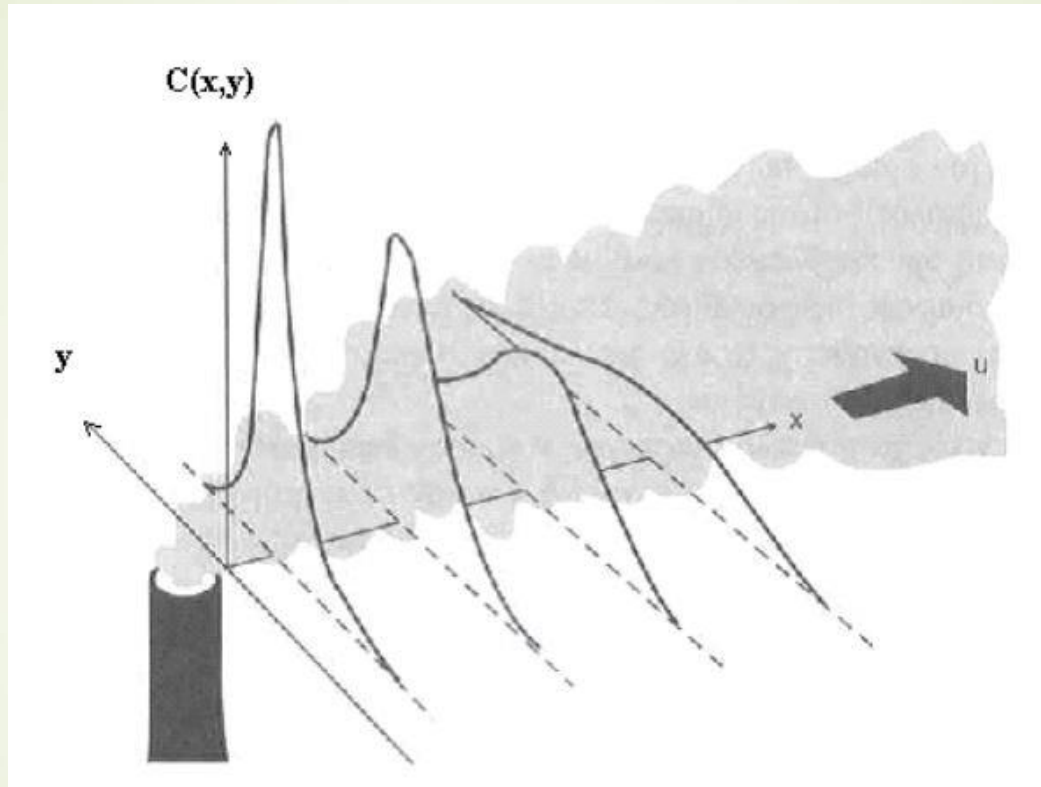
Για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης των αέριων ρύπων χρησιμοποιείται το **μοντέλο πλουμίου Gauss** για σημειακή πηγή. Στη συνέχεια παρατίθενται η μαθηματική εξίσωση της διασποράς του πλουμίου κατά Gauss:

$$c(x, y, z; H) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} e^{-\left[\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right]} \left\{ e^{-\left[\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right]} + e^{-\left[\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right]} \right\}$$

- Q: ο ρυθμός εκπομπής του ρύπου από την πηγή
- u: ταχύτητα του ανέμου κατά τη διεύθυνση x
- σ_y & σ_z : συντελεστές διασποράς κατά τις διευθύνσεις y & z (ειδικά διαγράμματα)
- x: οριζόντια απόσταση από την πηγή κατά τη διεύθυνση του ανέμου
- y: οριζόντια απόσταση από την πηγή κάθετα στη δ/νση του ανέμου (άξονα x)
- z: κατακόρυφη απόσταση από την πηγή
- H: ενεργό ύψος της έκλυσης πάνω από το έδαφος
- c: συγκέντρωση του ρύπου σε σημείο με συντεταγμένες x, y, z.

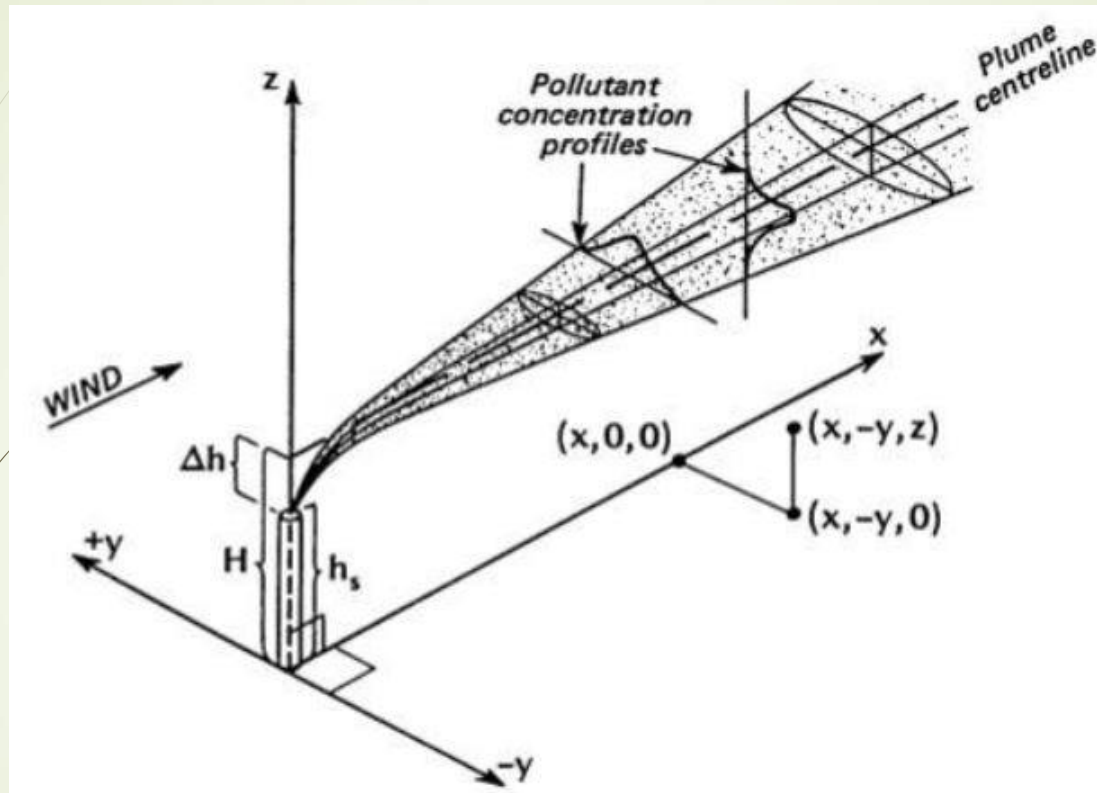
Η γενική αυτή σχέση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της προσήνεμης συγκέντρωσης σε ένα σημείο x, y, z σε σχέση με τη θέση της πηγής εκπομπής.

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΡΥΠΩΝ (3/4)

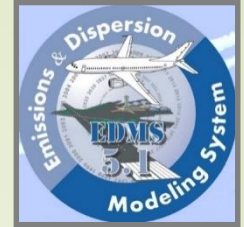


Οριζόντια διασπορά κανονικού θυσάνου αερολυμάτων (Gaussian plume) κατά την κίνησή του κατάντι της πηγής (Kouimtzi et al. 1998).

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΡΥΠΩΝ (4/4)



Διασπορά θυσάνου από το σημείο της πηγής (National Institute of Water & Atmospheric Research, 2004: 12)



ΠΡΟΤΥΠΟ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ & ΔΙΑΧΥΣΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ EDMS (1/3)

Χρησιμοποιείται για την ανάλυση & αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος αλλά και την εκτίμηση της εκπομπής και διασποράς ρύπων, για τα **CO**, **NO_x**, **VOC** (πτητική οργανική ένωση), **SO_x** και **Αιωρούμενα Σωματίδια (ΑΣ)**.

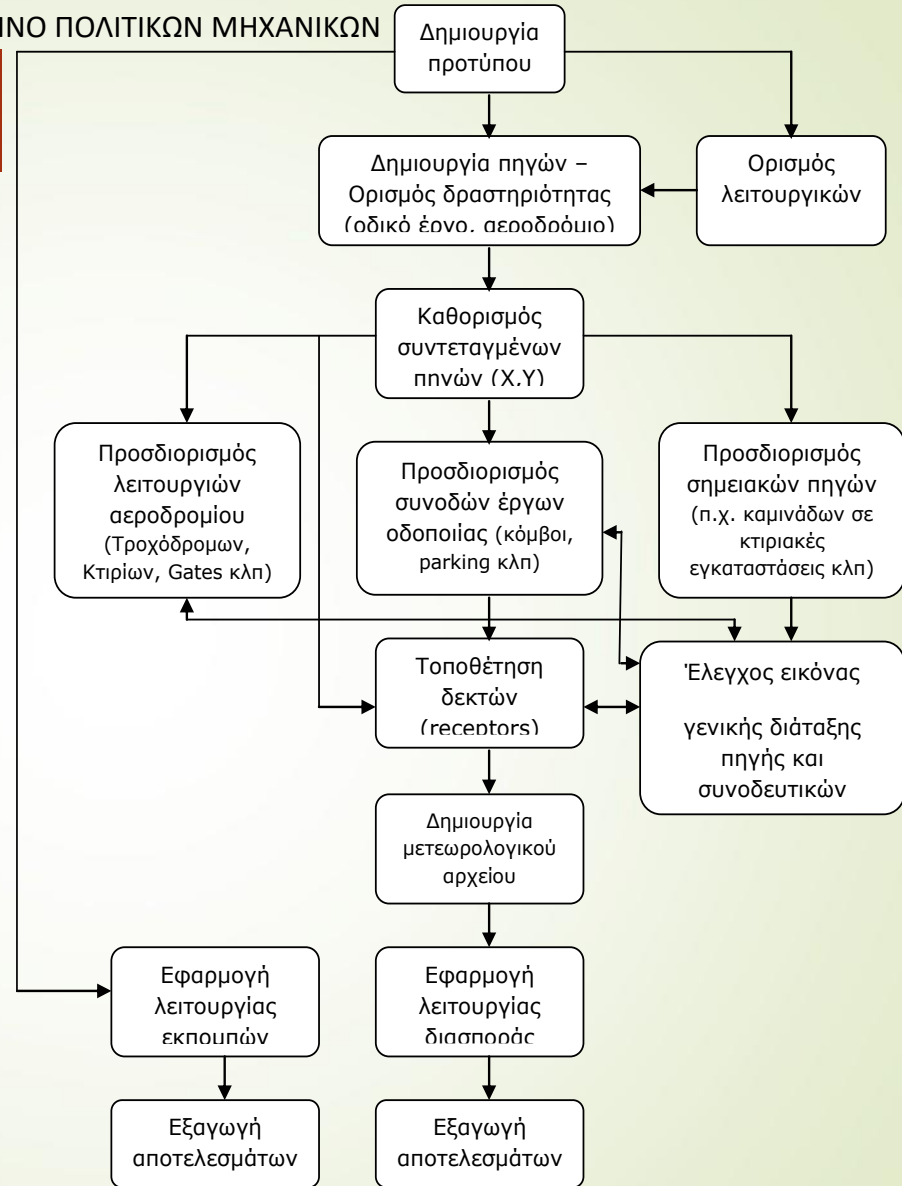
Η εκτίμηση των εκπομπών βασίζεται σε σενάριο που λαμβάνει υπόψη γραμμικές & σημειακές πηγές καθώς και δυσμενή μετεωρολογικά σενάρια.

Το **EDMS** είναι ένα συνδυασμένο πρότυπο εκπομπών και διασποράς για τον υπολογισμό ποιότητας της ατμόσφαιρας. Χρησιμοποιεί το Γκαουσιανό πρόγραμμα H/Y της FAA (Federal Aviation Administration) και της στρατιωτικής αεροπορίας των ΗΠΑ ειδικά τροποποιημένο ώστε να υπάρχει **απόδοση των αποτελεσμάτων σε CAD μορφή και να είναι δυνατή η ενσωμάτωσή τους σε ψηφιακούς χάρτες και σε συστήματα GIS**.

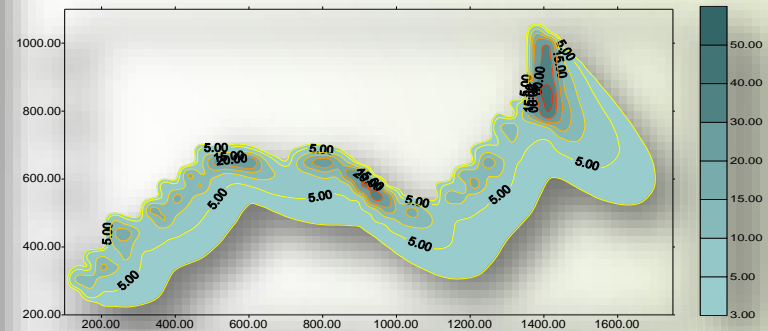
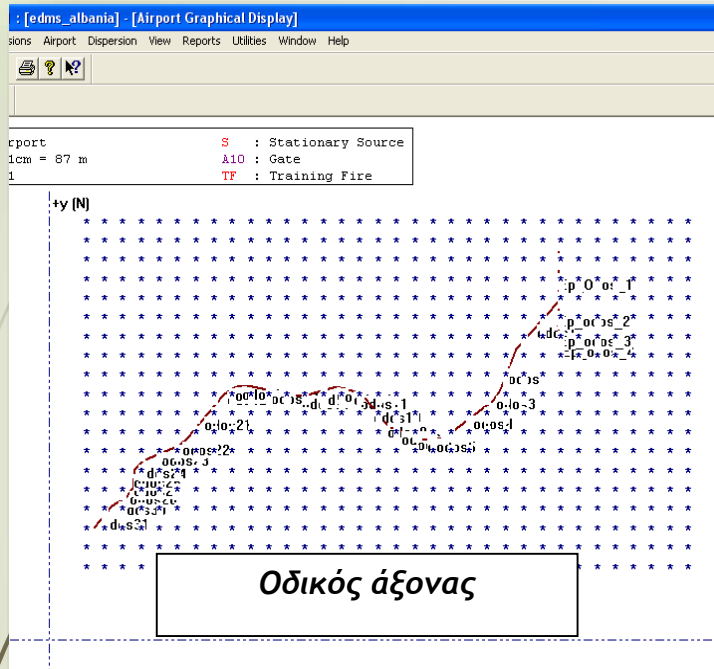
Με δεδομένα τις εντάσεις των πηγών, τα μετεωρολογικά και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης, το πρότυπο EDMS υπολογίζει συγκεντρώσεις αερίων ρύπων.

Διάγραμμα ροής
προτύπου EDMS

**ΠΡΟΤΥΠΟ
ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ
ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ &
ΔΙΑΧΥΣΗΣ
ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ
ΡΥΠΩΝ EDMS
(2/3)**



ΠΡΟΤΥΠΟ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ & ΔΙΑΧΥΣΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ EDMS (3/3)



Ισοσυγκεντρωσιακές καμπύλες

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΠΠΣΠ & ΡΕΥΣΤΟΔΥΝΑΜΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΔΙΑΧΥΣΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

Το μετεωρολογικό πρότυπο *Προχωρημένο Περιφερειακό Σύστημα Πρόγνωσης-ΠΠΣΠ* είναι ένα, 3D, μη υδροστατικό ατμοσφαιρικό πρότυπο, που χρησιμοποιείται για να προγνώσει μετεωρολογικά φαινόμενα.

Η παρακολούθηση της κίνησης του ατμοσφαιρικού ρευστού γίνεται με τη λύση συστήματος εξισώσεων διατήρησης της ορμής στις 3 διαστάσεις, της ενέργειας, της συνέχειας, της διατήρησης των υδρατμών και του νόμου των τέλειων αερίων.

Για την προσομοίωση των μετεωρολογικών καταστάσεων & τη διασπορά της αέριας ρύπανσης χρησιμοποιούνται προγνωστικά ρευστοδυναμικά πρότυπα, τα οποία επιλύουν τις εξισώσεις Navier-Stokes για την παρακολούθηση της κίνησης του ατμοσφαιρικού ρευστού.

Τα πρότυπα αυτά απαιτούν πρώτα τη λύση ενός μετεωρολογικού προτύπου & μπορούν να διαχειριστούν τις συνθήκες παραγωγής και απώλειας, οι οποίες περιέχουν ανταλλαγές με τα στοιχεία του περιβάλλοντος, διαστήματος, εκπομπές, χημικούς μετασχηματισμούς καθώς και ξηρές και υγρές εναποθέσεις.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΡΕΥΣΤΟΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ



Ισορροπιακές καμπύλες (α) NO_x σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και (β) $\text{A}\Sigma_{2.5}$ σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για το χρονικό σενάριο του 2025 (Αεροδρόμιο Καστελίου Κρήτης).

ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ - ΦΑΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Κατά τη φάση κατασκευής & λειτουργίας διαφόρων έργων εκλύονται αέριοι ρύποι (εκπομπή ποσότητας σκόνης από τα εργοτάξια) που μπορεί να προκαλέσουν δυσμενείς επιπτώσεις.

Αντιμετώπιση & έλεγχος εκπομπής σκόνης με τις ακόλουθες διαδικασίες:

- ✓ Διαβροχή & συχνός καθαρισμός των διαδρόμων κίνησης εντός του εργοταξίου & των επιφανειών εκσκαφής,
- ✓ Εξασφάλιση απορροής των ομβρίων ώστε να μην επανα-αιωρούνται τα καταπίπτοντα σωματίδια,
- ✓ Θέσπιση μέγιστων ορίων ταχύτητας σε όλες τις μη ασφαλοστρωμένες επιφάνειες,