



Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Ενότητα 9: Διασπορά και διάχυση ατμοσφαιρικών ρύπων.

Μουσιόπουλος Νικόλαος
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού 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.





Διασπορά και διάχυση ατμοσφαιρικών ρύπων



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Περιεχόμενα ενότητας

- Ατμοσφαιρική διασπορά.
- Οριζόντια μεταφορά.
- Ο ατμοσφαιρικό κύκλος διασποράς.
- Γκαουσιανό μοντέλο για σημειακή εκπομπή σε ομοιόμορφη στρωτή ροή.
- Μέθοδος Lagrange.



Σκοποί ενότητας

- Μοριακή και τυρβώδης διάχυση.
- Διασπορά ρύπων.
- Γκαουσιανό μοντέλο διασποράς.
- Παράμετροι επίδρασης στη διασπορά.
- Μέθοδος Euler.
- Αυτοσυσχέτιση Lagrange.



Ορισμοί

- **Μοριακή διάχυση (molecular diffusion):** η μεταφορά ύλης αποκλειστικά λόγω των τυχαίων κινήσεων των επιμέρους μορίων τα οποία δεν κινούνται μαζί σε συντεταγμένες ομάδες.
- **Τυρβώδης διάχυση (turbulent diffusion):** η διαδικασία κατά την οποία η ύλη διασκορπίζεται υπό την επίδραση των τυρβώδων στροβίλων (turbulent eddies).
- **Διασπορά (dispersion):** μετακίνηση και εξάπλωση στην ατμόσφαιρα ενός στοιχείου (ρύπου) που εκπέμπεται από κάποια πηγή. Η διασπορά μπορεί να οφείλεται στη μοριακή ή την τυρβώδη διάχυση αλλά και στη μεταφορά από τον άνεμο.



Ατμοσφαιρική διασπορά

Ατμοσφαιρική Διασπορά: Σειρά φυσικών διεργασιών που με τη συμβολή των κινήσεων του αέρα έχουν ως αποτέλεσμα τη μεταφορά και την εξάπλωση ουσιών στην ατμόσφαιρα.

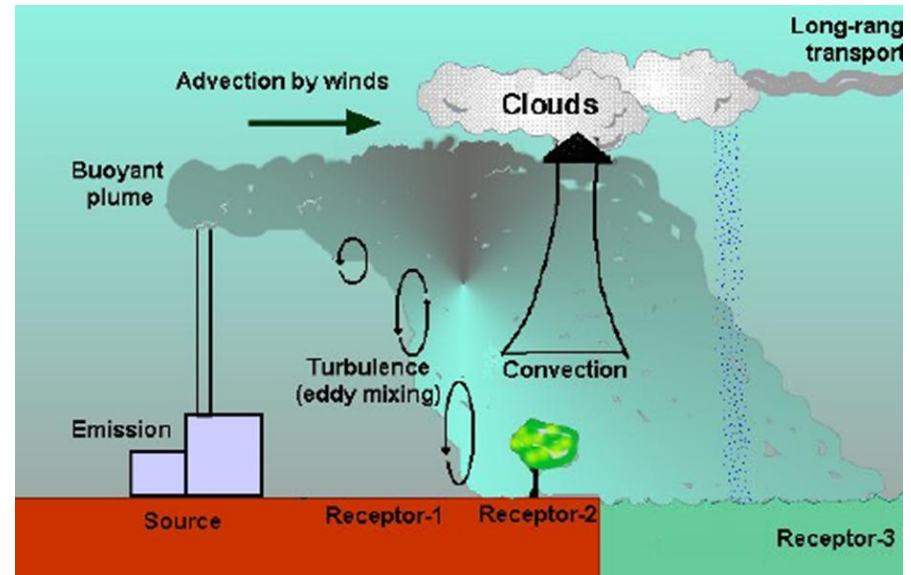
Μηχανισμοί:

Μοριακή Διάχυση.

Οριζόντια Μεταφορά.

Κατακόρυφη Μεταφορά.

Τυρβώδης Διάχυση.



Πηγή: <http://eclass.auth.gr/modules/document/document.php?course=MENG352&openDir=/4ac62a0ayupx>, 17/07/2015.
http://astro.hopkinsschools.org/course_documents/earth_moon/earth/earth_science/convection/pollution_transfer.jpg



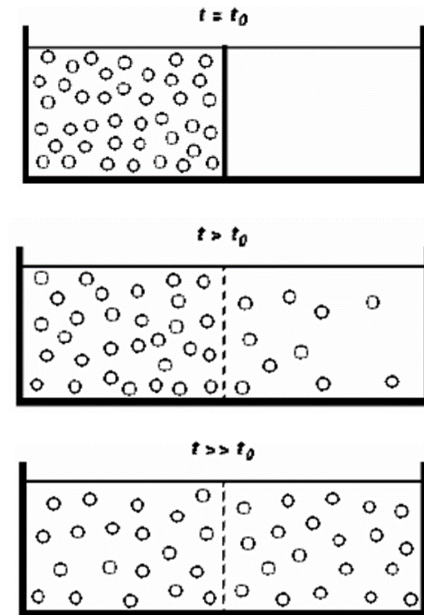
Μοριακή διάχυση

Μοριακή Διάχυση: Ο διασκορπισμός μιας ουσίας λόγω της μέσης κίνησης ενός μορίου ή σωματιδίου ως αποτελεσμάτων συγκρούσεων του με άλλα μόρια ή σωματίδια.

Συμβαίνει όταν υπάρχει **διαφορά στη βαθμίδα συγκέντρωσης** της ουσίας.

Η μέση απόσταση που διανύει ένα μόριο περιορίζεται από τη συχνότητα των συγκρούσεων με άλλα μόρια.

Μη αποτελεσματικός μηχανισμός μεταφοράς μορίων αέρα λόγω της μεγάλης συχνότητας συγκρούσεων.

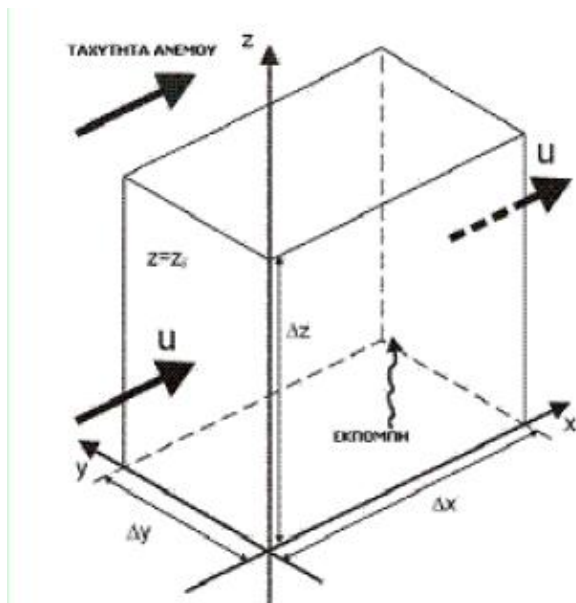


Πηγή: <http://eclass.auth.gr/modules/document/document.php?course=MENG352&openDir=/4ac62a0ayurpx>, 17/07/2015.



Ομοιόμορφη ροή δια μέσου στοιχείου όγκου $V = \Delta x \Delta y \Delta z$

Διαδικό μίγμα συστατικών **A** και **B**, με συγκεντρώσεις C_A, C_B και ταχύτητες V_A, V_B .



$$\begin{aligned} \frac{\Delta m_A}{\Delta t} &= \frac{\Delta(c_A V)}{\Delta t} = (c_A u_A)|_x \Delta y \Delta z - (c_A u_A)|_{x+\Delta x} \Delta y \Delta z + \\ &+ (c_A v_A)|_y \Delta z \Delta x - (c_A v_A)|_{y+\Delta y} \Delta z \Delta x + \\ &+ (c_A w_A)|_z \Delta x \Delta y - (c_A w_A)|_{z+\Delta z} \Delta x \Delta y + \\ &+ R_A \Delta x \Delta y \Delta z \end{aligned}$$

Νόμος του Fick ↓ Πυκνότητα ροής διάχυσης

Εξίσωση διάχυσης

$$\frac{Dc}{Dt} = \mathcal{D} \nabla^2 c + R$$

διαχυτότητα

Πηγή: <http://eclass.auth.gr/modules/document/document.php?course=MENG352&openDir=/4ac62a0ayurpx>, 17/07/2015.



Διασπορά ρύπων

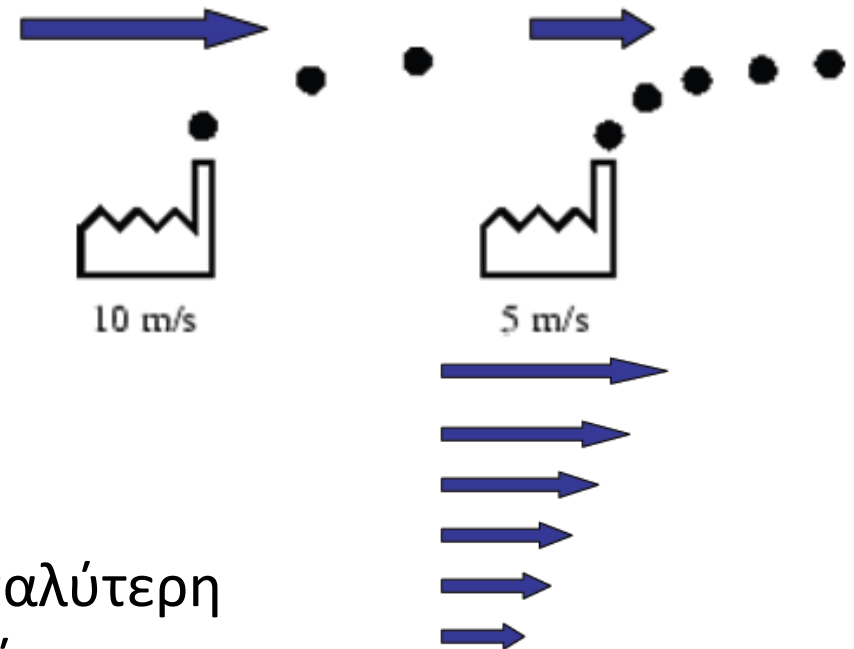
- Η συσσώρευση ρύπων σε μια περιοχή εξαρτάται από τους ρυθμούς εκπομπής των διαφόρων πηγών, από τους ρυθμούς διασποράς (και απομάκρυνσης) των ρύπων και των ρυθμών παραγωγής ή καταστροφής (μέσω χημικών αντιδράσεων).
- Η διασπορά των ρύπων εξαρτάται σημαντικά από τις **τοπικές μετεωρολογικές συνθήκες** και την **ατμοσφαιρική ευστάθεια** (δηλ. την τάση του αέρα να μην αναμιγνύεται σε κάθετη διεύθυνση). Προφανώς εξαρτάται και από το **είδος** και τις **ποσότητες** των ρύπων.
- Με δυνατό άνεμο και καλή κατακόρυφη ανάμιξη, οι ρύποι διασπείρονται γρήγορα σε μεγάλο όγκο αέρα.



Οριζόντια μεταφορά

Οριζόντια Μεταφορά: Μεταφορά ενέργειας, αερίων και σωματιδίων λόγω οριζόντιας μετακίνησης των μαζών από τον άνεμο.

- Απομακρύνει τους ρύπους ως μια απόσταση από την πηγή.
- Αραιώνει τους ρύπους.
- Υπεύθυνη για τη μεγάλης κλίμακας μετακίνηση των ρύπων από τις πηγές σε περιοχές προς τη διεύθυνση του ανέμου.
- Μεγάλες ταχύτητες ανέμου, μεγαλύτερη μείωση στις συγκεντρώσεις των ρύπων.



Πηγή: <http://eclass.auth.gr/modules/document/document.php?course=MENG352&openDir=/4ac62a0ayurpx>, 17/07/2015.



Παράμετροι επίδρασης στη διασπορά

Στοιχεία πηγής

- Γεωμετρία (σημειακή, γραμμική, εμβαδική) και τοποθεσία πηγής.
- Χρονική διάρκεια εκπομπής (στιγμιαία ή συνεχής εκπομπή).
- Ρυθμός και ένταση εκπομπής.

Ο ατμοσφαιρικός κύκλος διασποράς

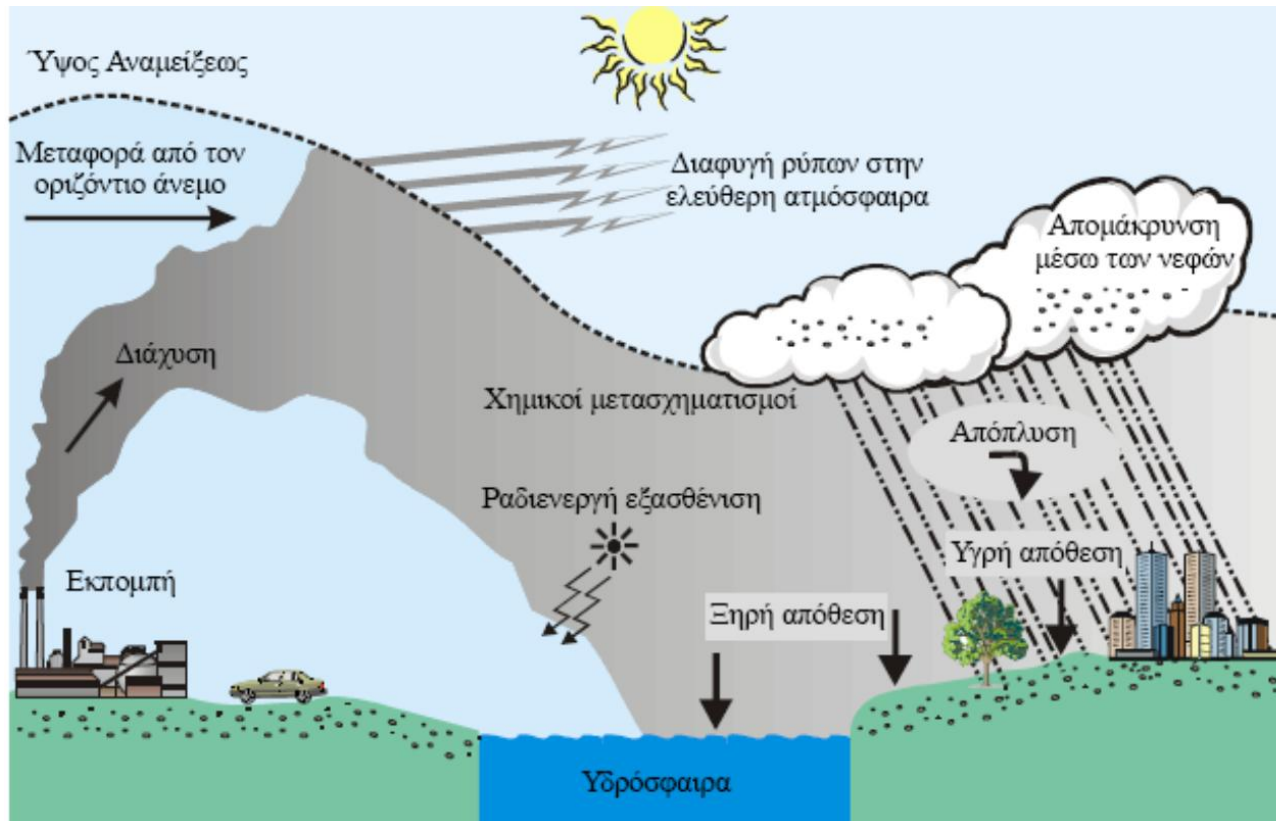
- Ανύψωση θυσάνου.
- Οριζόντια μεταφορά ρύπων από το μέσο άνεμο.
- Τυρβώδης διάχυση.
- Απόθεση.
- Χημικοί μετασχηματισμοί.
- Διαφυγή ρύπων στην ελεύθερη ατμόσφαιρα.

Τεχνικοί παράγοντες

- Θερμοχωρητικότητα των εκπεμπόμενων αερίων.
- Κατώρευμα λόγω της αεροδυναμικής της καμινάδας.
- Καθίζηση λόγω βαρύτητας των μεγαλύτερων σωματιδίων.



Ο ατμοσφαιρικός κύκλος διασποράς



Πηγή: <http://eclass.auth.gr/modules/document/document.php?course=MENG352&openDir=/4ac62a0ayurpx,17/07/2015.>

http://lap.physics.auth.gr/atmdiasp/didaktea_vlh_files/image006.jpg

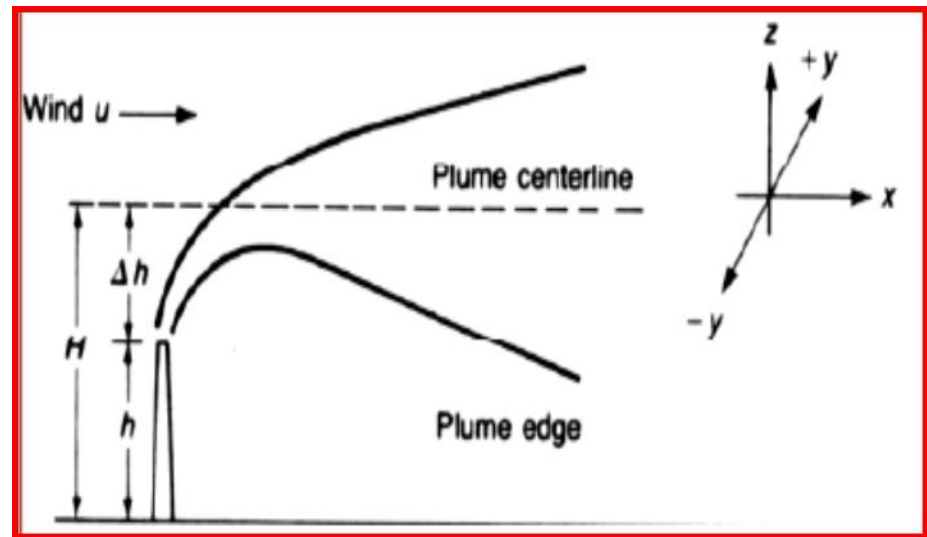


Γκαουσιανό μοντέλο διασποράς (1/2)

Το Γκαουσιανό μοντέλο διασποράς των ρύπων μπορεί να παρακολουθεί τα χαρακτηριστικά του πλουμίου προς την κατεύθυνση του ανέμου.

Σε αυτό το μοντέλο υποθέτουμε ότι x είναι η κατεύθυνση του ανέμου, z η κατακόρυφη διάσταση και y η κάθετη διάσταση στο x .

Οι διαστάσεις του πλουμίου σε ένα επίπεδο κάθετο στον άξονά του δίνονται γενικά με τη μορφή της τυπικής απόκλισης της κατανομής της μέσης συγκέντρωσης, μια που η κατανομή σε κάθε επίπεδο είναι σχεδόν **κανονική**.



Πηγή: <http://eclass.auth.gr/modules/document/document.php?course=MENG352&openDir=/4ac62a0ayupx>, 17/07/2015.



Γκαουσιανό μοντέλο διασποράς (2/2)

The diagram shows the Gaussian dispersion model equation:
$$c = \frac{Q}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\frac{x^2}{2\sigma_x^2} - \frac{y^2}{2\sigma_y^2} - \frac{z^2}{2\sigma_z^2}\right]$$
 The components are labeled as follows:

- c**: Συγκέντρωση (Concentration)
- Q**: Ρυθμός εκπομπής (Emission rate)
- $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$** : Συντελεστές διασποράς (Dispersion coefficients)

- **$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$** = συντελεστές διασποράς που είναι παράμετροι της απόστασης από την πηγή x και της ατμοσφαιρικής ευστάθειας.
- **y** = οριζόντια απόσταση από τον κεντρικό άξονα του πλουμίου.
- **z** = κατακόρυφη απόσταση από το επίπεδο του εδάφους.



Περιπτώσεις

α) Εκπομπή από πηγή σε ύψος H πάνω από το έδαφος ($\vec{v} = 0$)

$$c = \frac{Q}{(2\pi)^{3/2} \sigma^3} \exp\left[-\frac{x^2 + y^2 + (z - H)^2}{2 \sigma^2}\right]$$

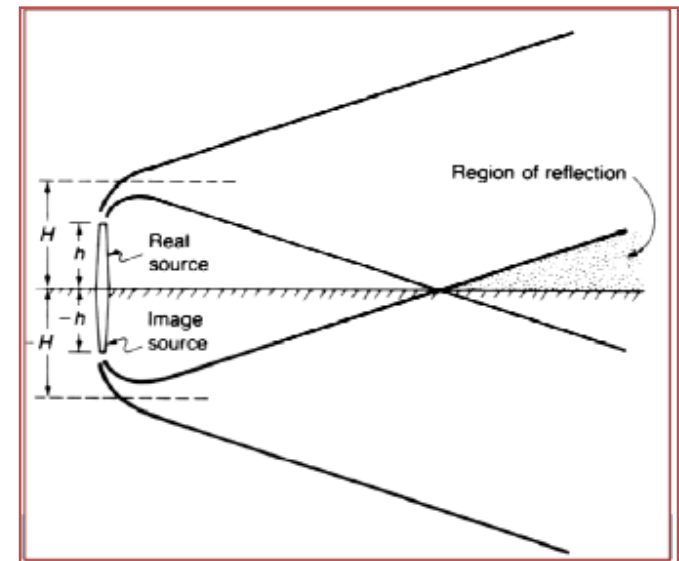
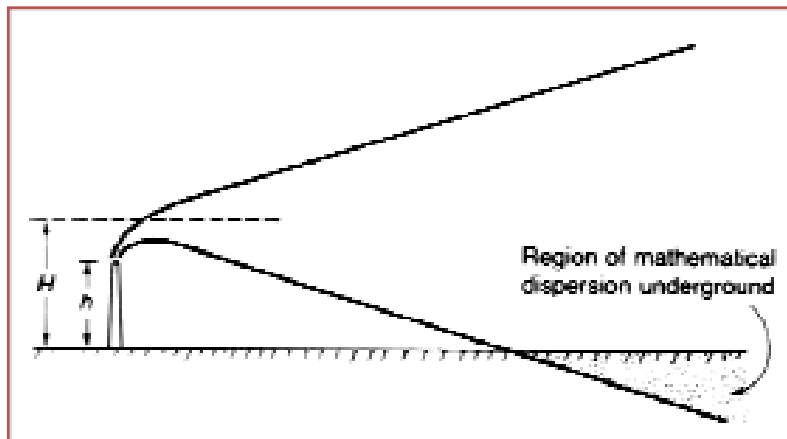
β) Εκπομπή από πηγή σε ύψος H πάνω από το έδαφος
με ανάκλαση ($v = 0$)

$$c = \frac{Q}{(2\pi)^{3/2} \sigma^3} \exp\left[-\frac{x^2 + y^2}{2 \sigma^2}\right] \left[\exp\left[-\frac{(z - H)^2}{2 \sigma^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z + H)^2}{2 \sigma^2}\right] \right]$$



Γκαουσιανό μοντέλο με ανάκλαση

- Οι ρύποι δεν μπορούν να διασπαρθούν στο υπέδαφος!
- Το μοντέλο διορθώνεται με την προσθήκη φανταστικής πηγής, που εκπέμπει από $-H$.
- Έτσι προστίθεται στη συγκέντρωση πάνω από το έδαφος ποσότητα ίση με αυτή που χάνεται.



Πηγή: <http://eclass.auth.gr/modules/document/document.php?course=MENG352&openDir=/4ac62a0ayupx>, 17/07/2015.



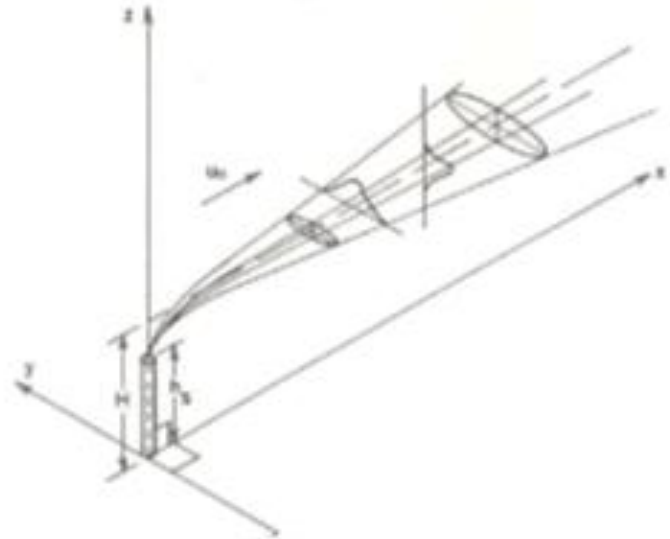
Περιπτώσεις (2/2)

γ) Στιγμαιαία σημειακή εκπομπή σε ομοιόμορφη στρωτή ροή ($\vec{v} \neq 0$)

$$c = \frac{Q}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\frac{(x - u_0 t)^2}{2 \sigma_x^2} - \frac{y^2}{2 \sigma_y^2} - \frac{z^2}{2 \sigma_z^2}\right]$$

δ) Συνεχής σημειακή εκπομπή σε ομοιόμορφη στρωτή ροή ($\vec{v} \neq 0$), αμελητέα διάχυση στη διεύθυνση x

$$c = \frac{Q}{2\pi u_0 \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\frac{y^2}{2 \sigma_y^2} - \frac{z^2}{2 \sigma_z^2}\right]$$



Πηγή: <http://eclass.auth.gr/modules/document/document.php?course=MENG352&openDir=/4ac62a0ayurpx>, 17/07/2015.



Γκαουσιανό μοντέλο για σημειακή εκπομπή σε ομοιόμορφη στρωτή ροή

- Η κατάντη του ανέμου συγκέντρωση είναι ευθέως ανάλογη της πηγής, Q .
- Η κατάντη συγκέντρωση στο επίπεδο του εδάφους ($z=0$) είναι αντιστρόφως ανάλογη με την ταχύτητα του ανέμου.
- Επειδή σ_y & σ_z αυξάνουν με το x , η συγκέντρωση του πλουμίου στον κεντρικό άξονα μειώνεται με το x . Από την άλλη μεριά, η συγκέντρωση στο $z=0$ αρχικά αυξάνει, φτάνει σε ένα μέγιστο και μετά μειώνεται.
- σ_y & σ_z αυξάνουν με την τύρβη (αστάθεια).
- Η μέγιστη συγκέντρωση στο έδαφος μειώνεται με αύξηση του H της καμινάδας.



Ταξινόμηση ατμοσφαιρικής ευστάθειας

- Η ευστάθεια συνάρτηση της κατακόρυφης ανάμιξης (ηλιακή ακτινοβολία σε συνδυασμό με ελαφρούς ανέμους).
- Ασταθείς συνθήκες υποδηλώνουν καλή κατακόρυφη ανάμιξη.
- Έξι κατηγορίες, αυθαίρετα ορισμένες, συμβολισμένες από το A στο F.
- “A” είναι η πλέον ασταθής.
- Martin (1976): $\sigma_y = a * b$, $\sigma_z = c * d + f$ όπου: a, b, c, d & f είναι σταθερές που εξαρτώνται από την κατηγορία ευστάθειας και την απόσταση x (σε km).



Κατηγορίες ευστάθειας

Surface Wind Speed ^a (m/s)	Day Incoming Solar Radiation			Night Cloudiness ^c	
	Strong ^b	Moderate ^c	Slight ^d	Cloudy ($\geq 4/8$)	Clear ($\leq 3/8$)
< 2	A	A-B ^f	B	E	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

Notes:-

- Surface wind speed is measured at 10 m above the ground.
- Corresponds to clear summer day with sun higher than 60° above the horizon.
- Corresponds to a summer day with a few broken clouds, or a clear day with the sun 35-60° above the horizon.
- Corresponds to a fall afternoon, or a cloudy summer day, or clear summer day with the sun 15-35°.
- Cloudiness is defined as the fraction of sky covered by clouds.
- For A-B, B-C, or C-D conditions, average the values obtained for each.

* A = Very unstable, B = Moderately unstable, C = Slightly unstable, D = Neutral, E = Slightly stable, and F = Stable.

Regardless of wind speed, Class D should be assumed for overcast conditions, day or night.

Πηγή: <http://eclass.auth.gr/modules/document/document.php?course=MENG352&openDir=/4ac62a0ayuyx,>
17/07/2015.



Τιμές σταθερών με καμπύλες προσαρμογής

Για τον προσδιορισμό των συντελεστών διασποράς ως συνάρτηση της απόστασης και της ατμοσφαιρικής ευστάθειας.

Stability	a	b*	x < 1 km			x > 1 km		
			c	d	f	c	d	f
A	213		440.8	1.941	9.27	459.7	2.094	-9.6
B	156		106.6	1.149	3.3	108.2	1.098	2.0
C	104		61.0	0.911	0	61.0	0.911	0
D	68		33.2	0.725	-1.7	44.5	0.516	-13.0
E	50.5		22.8	0.678	-1.3	55.4	0.305	-34.0
F	34		14.35	0.740	-0.35	62.6	0.180	-48.6

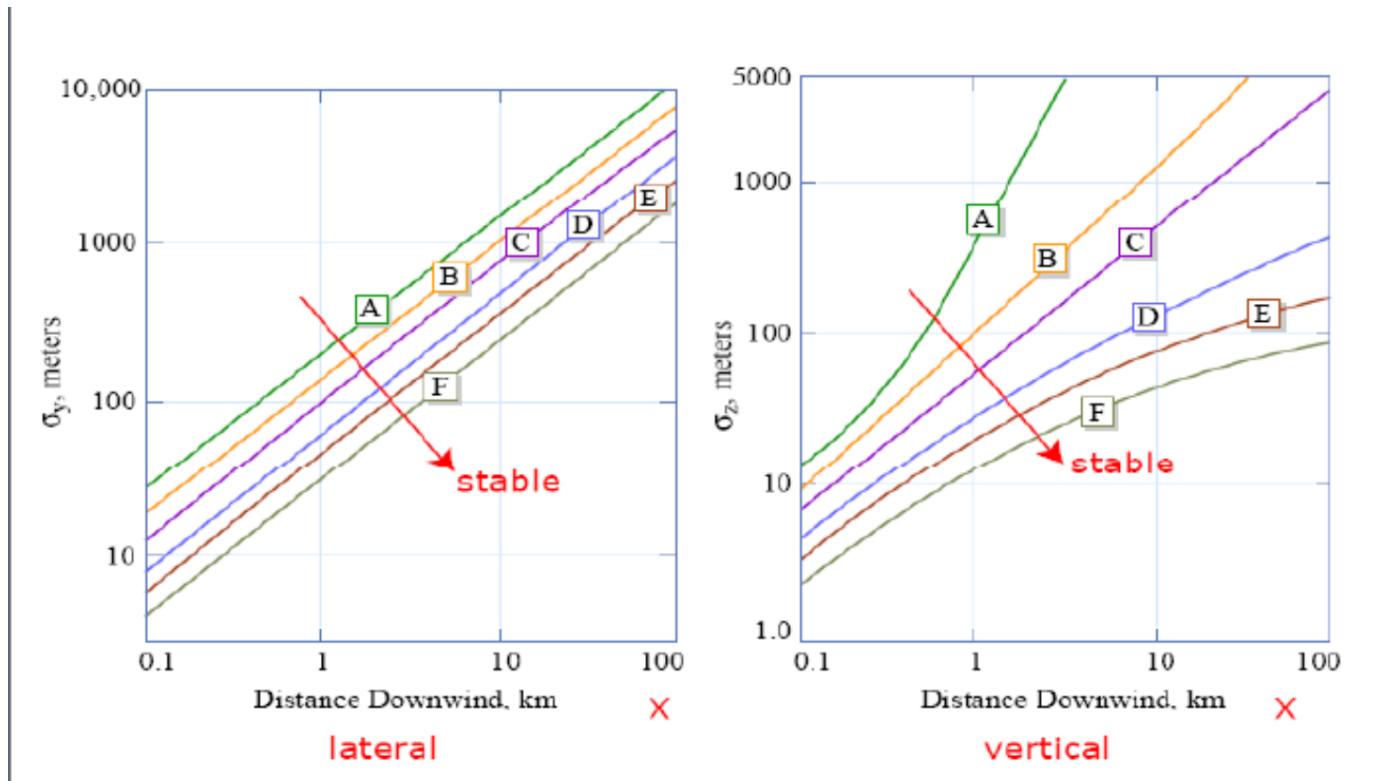
* b = 0.894 for all stability classes and values of x.

Πηγή: <http://eclass.auth.gr/modules/document/document.php?course=MENG352&openDir=/4ac62a0ayuyx,17/07/2015>.



Συντελεστές διασποράς

Ως συνάρτηση της απόστασης και της ατμοσφαιρικής ευστάθειας



Πηγή: <http://eclass.auth.gr/modules/document/document.php?course=MENG352&openDir=/4ac62a0ayupx>, 17/07/2015.

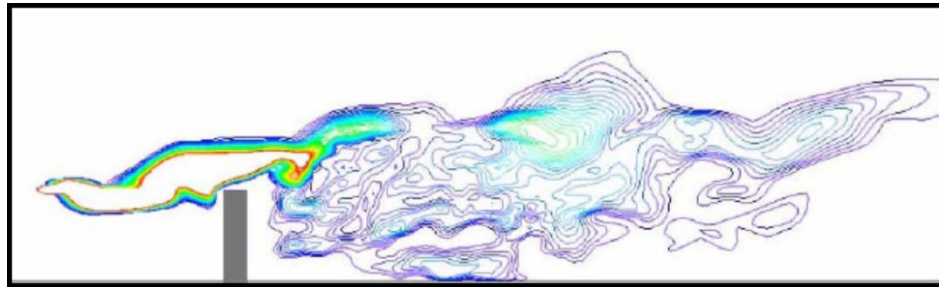


Τυρβώδης διάχυση (1/2)

Τυρβώδης Διάχυση: Ο διασκορπισμός μιας ουσίας υπό την επίδραση των τυρβωδών στροβίλων.

Τύρβη: Πολύπλοκη κίνηση που οφείλεται στην ακανόνιστη, σχεδόν τυχαία κίνηση (συνεχόμενες μεταβολές του διανύσματος της ταχύτητας) του ανέμου που εξελίσσεται και στις τρεις διαστάσεις.

Μείξη και διασκορπισμός ουσιών σε διάφορα υψόμετρα.



Πηγή: <http://eclass.auth.gr/modules/document/document.php?course=MENG352&openDir=/4ac62a0ayurx>, 17/07/2015.



Τυρβώδης διάχυση (2/2)

- Αναταράσσει και αναμειγνύει την ατμόσφαιρα και διασκορπίζει τους υδρατμούς, τους ρύπους και άλλες ουσίες σε όλα τα υψόμετρα.
- Πολύ σημαντική κοντά στην επιφάνεια της γης γιατί είναι συνδυασμός ανοδικών και καθοδικών κινήσεων με το ανάγλυφο της επιφάνειας.
- Ύπαρξη τυρβωδών στροβίλων μικρών διαστάσεων στη χαμηλότερη ατμόσφαιρα, ενώ στην υψηλότερη όχι.
- Άνεμοι συνήθως σχετικά ομαλοί στα υψηλότερα στρώματα. Κάποιες φορές η ροή των ανέμων γίνεται τυρβώδης και επιδρά στην αεροπλοΐα.



Θεωρίες Ατμοσφαιρικής Διάχυσης

- **Euler:** εξετάζεται η συμπεριφορά του συστήματος σε σταθερό σύστημα συντεταγμένων.
- **Lagrange:** οι μεταβολές των συγκεντρώσεων περιγράφονται σχετικά με το μεταφερόμενο μέσο, δηλαδή η μέθοδος επικεντρώνεται στην περιγραφή των ιδιαιτεροτήτων της κίνησης μεμονωμένων στοιχείων του πλουμίου.



Μέθοδος Euler

Εξίσωση διάχυσης μετά από διαμελισμό κατά Reynolds και χρονική ολοκλήρωση

$$\frac{D\bar{c}}{Dt} = \underbrace{\mathcal{D} \nabla^2 \bar{c}}_{\text{Μοριακή διάχυση}} - \underbrace{\nabla(\overline{\psi'c'})}_{\text{Τυρβώδης διάχυση}} + \bar{R}$$

$$\left[\frac{\partial(\overline{u'c'})}{\partial x} + \frac{\partial(\overline{v'c'})}{\partial y} + \frac{\partial(\overline{w'c'})}{\partial z} \right]$$

Με βάση τη θεωρία των βαθμίδων:

$$\overline{\psi'c'} = -K_c \nabla \bar{c}$$

Τυρβώδης διαχυτότητα

$$\left. \begin{aligned} \overline{u'c'} &= -K_c \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} \\ \overline{v'c'} &= -K_c \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} \\ \overline{w'c'} &= -K_c \frac{\partial \bar{c}}{\partial z} \end{aligned} \right\}$$

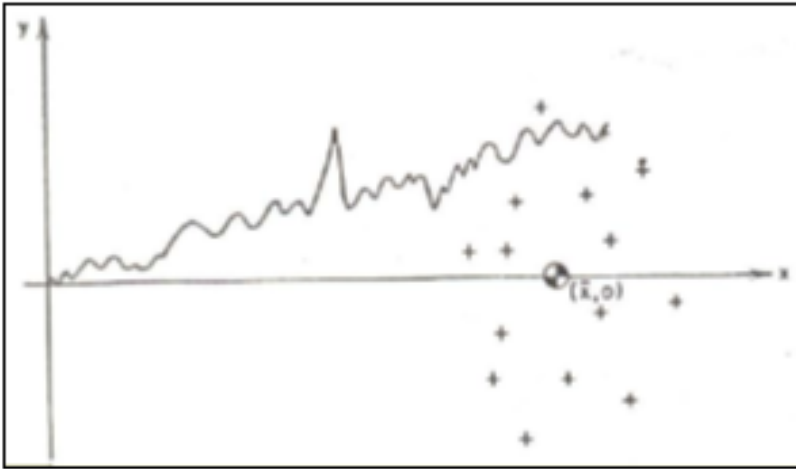
Και αγνοώντας τη μοριακή διάχυση:

$$\frac{D\bar{c}}{Dt} = \nabla(K_c \nabla \bar{c}) + \bar{R}$$

Εξίσωση ατμοσφαιρικής διάχυσης



Μέθοδος Lagrange



Η συντεταγμένη y_i του στοιχείου i στη διεύθυνση y μετά από χρόνο κίνησης τ_0 θα είναι:

$$y_i(t_i) = \int_0^{\tau_0} \nu_{yi}(t_{i0} + \tau) d\tau$$

Συνιστώσα ταχύτητας στη διεύθυνση y .

Η μέση τετραγωνική απόκλιση στη διεύθυνση y για μεγάλο αριθμό στοιχείων:

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i^2(t_{i0} + \tau_0) \xrightarrow{\nu_{yi} = \frac{dy_i}{d\tau}} \frac{d(\sigma_y^2)}{d\tau_0} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \nu_{yi}(t_{i0} + \tau_0) \underbrace{\int_0^{\tau_0} \nu_{yi}(t_{i0} + \tau) d\tau}_{y_i(t_i)}$$

Πηγή: <http://eclass.auth.gr/modules/document/document.php?course=MENG352&openDir=/4ac62a0ayurpx>, 17/07/2015.



Αυτοσυσχέτιση Lagrange

Αν θεωρήσουμε αντίστροφη μέτρηση του χρόνου εισάγοντας τη χρονική κλίμακα

$$\xi = T_0 - \tau$$

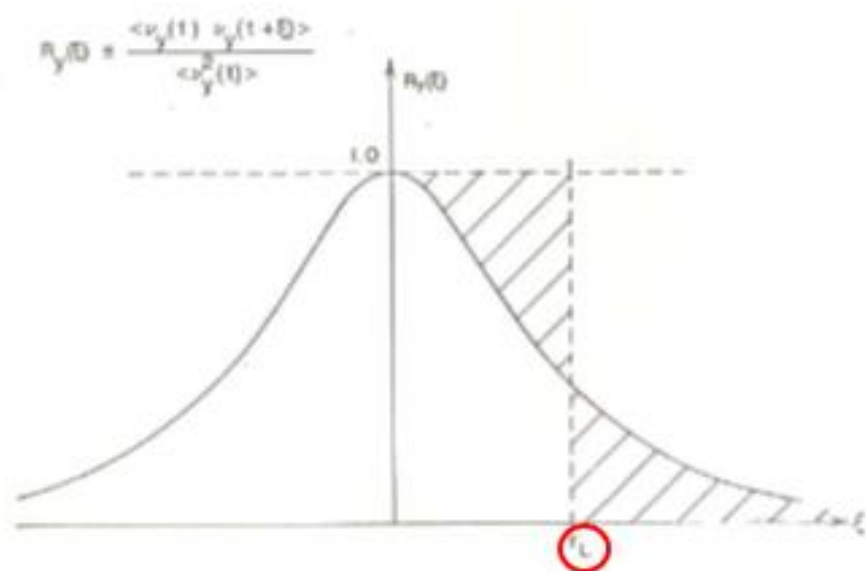
$$\frac{d(\sigma_y^2)}{d\tau_0} = 2 \int_0^{T_0} \langle v_{yi}(t_i) v_{yi}(t_i - \xi) \rangle d\xi$$

α) $T_0 \ll T_{LY}$, $R_y \rightarrow 1$ και

$$\sigma_y^2 = \overline{v'^2} T^2$$

β) $T_0 \gg T_{LY}$, $R_y \rightarrow 0$ και

$$\sigma_y^2 = 2 \overline{v'^2} T_{LY} T$$



Πηγή: <http://eclass.auth.gr/modules/document/document.php?course=MENG352&openDir=/4ac62a0ayupx>, 17/07/2015.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

- Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:
 - Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες:
 - <http://eclass.auth.gr/modules/document/document.php?course=ME NG352&openDir=/4ac62a0ayurx>, 17/07/2015.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Μουσιόπουλος Νικόλαος. «Ατμοσφαιρική Ρύπανση. Διασπορά και διάχυση ατμοσφαιρικών ρύπων». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://eclass.auth.gr/courses/OCRS407/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Μη Εμπορική Χρήση - Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: <Περκουλίδης Γιώργος>
Θεσσαλονίκη, <Εαρινό Εξάμηνο 2014-2015>



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



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

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σημειώματα

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

