



RAM
REGULATORY AIR MODEL

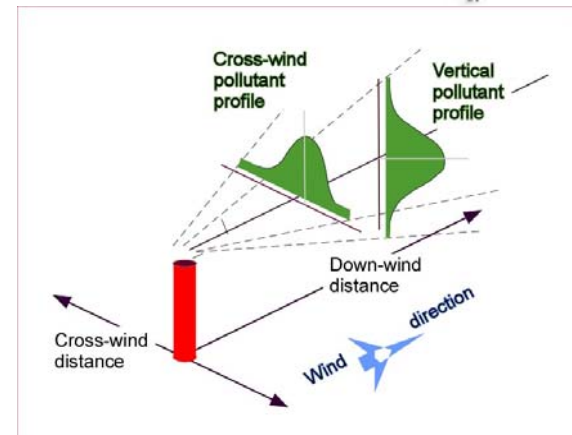
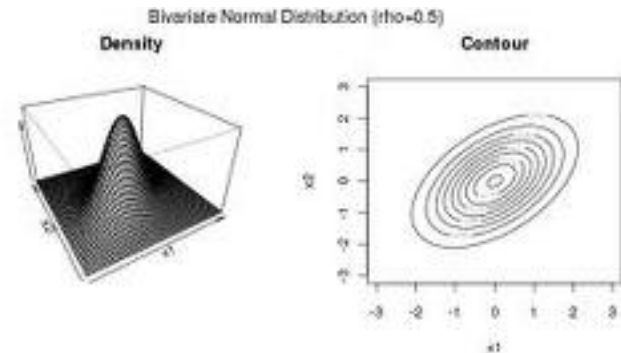
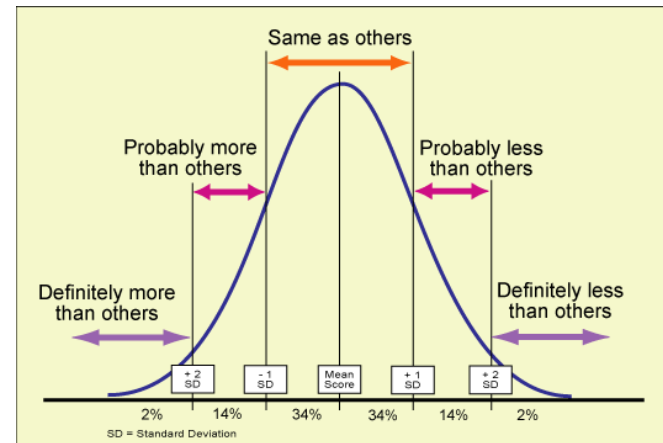
image from collection of Pittsburgh Photographic Library, Carnegie Library of Pittsburgh

Περιεχόμενα

- **Μοντέλα θυσάνου του Gauss**
- **Τι είναι το μοντέλο RAM**
- **Δεδομένα εισόδου και εκτέλεση του μοντέλου**
- **Δεδομένα εξόδου**
- **Χαρακτηριστικά, περιορισμοί και βασικές παραδοχές του μοντέλου RAM**
- **Βασικές παραδοχές**
- **Τεχνική περιγραφή του μοντέλου**
- **Άλλα μοντέλα διασποράς**
- **Παραδείγματα εκτέλεσης του μοντέλου**

Μοντέλα θυσάνου του Gauss

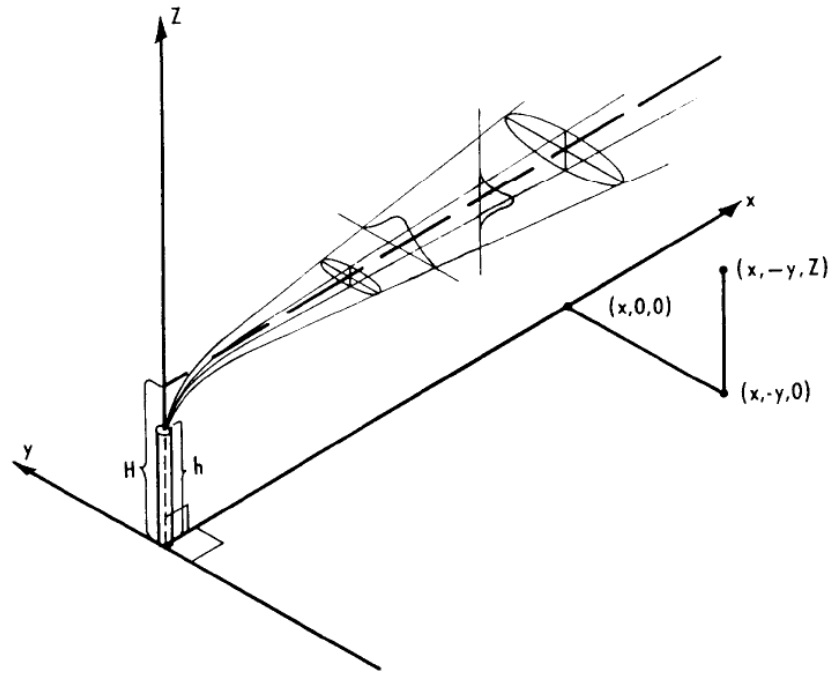
- Βασίζονται στην εξίσωση θυσάνου του Gauss
- Χρησιμοποιούνται κυρίως για ρυθμιστικές εφαρμογές
- Υπολογισμός των μέσων συγκεντρώσεων ρύπων που εκπέμπονται από συνεχείς ανυψωμένες πηγές
- Η εφαρμοσιμότητα αυτών των μοντέλων περιορίζεται σε συνθήκες στασιμότητας και ομοιογένειας
- Απλότητα
- Ευκολία στη χρήση
- Χαμηλές απαιτήσεις σε δεδομένα εισαγωγής



Προϋποθέσεις για την εφαρμογή των μοντέλων θύσανου του Gauss

- Η εκπομπή είναι συνεχής ή τουλάχιστον η εκπομπή γίνεται για χρονική περίοδο η οποία είναι μεγαλύτερη του χρόνου διαδρομής από την πηγή ως το σημείο στο οποίο εξετάζουμε τις συγκεντρώσεις.
- Οι ρύποι είναι σχετικά αδρανείς και στην περίπτωση των αερολυμάτων η διάμετρός τους είναι μικρότερη περίπου από τα 20 μm .
- Στην ατμόσφαιρα επικρατούν συνθήκες στασιμότητας.
- Η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου δεν παρουσιάζουν μεγάλες μεταβολές με το ύψος, τουλάχιστον στο στρώμα που καλύπτει ο θύσανος.
- Οι κατανομές της μέσης συγκέντρωσης τόσο στην εγκάρσια όσο και στην κατακόρυφη διεύθυνση είναι περίπου κανονικές (ανεξάρτητες η μία της άλλης).

Οι εξισώσεις του Gauss για ανυψωμένη σημειακή πηγή σε επίπεδη περιοχή



Περιπτώσεις

- i. Παράβλεψη ανακλάσεων ρύπων
- ii. Ανάκλαση των ρύπων στο έδαφος
- iii. Ανάκλαση των ρύπων στο έδαφος και στη βάση υπερυψωμένης αναστροφής

Συγκέντρωση ρύπων $c(x,y,z)$ σε σημείο του χώρου $A(x, y, z)$ από ανυψωμένη σημειακή πηγή σε επίπεδη περιοχή από ανάκλαση

i. Παράβλεψη ανακλάσεων ρύπων

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

ii. Ανάκλαση των ρύπων στο έδαφος

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

iii. Ανάκλαση των ρύπων στο έδαφος και στη βάση υπερυψωμένης αναστροφής

$$c(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right] \left\{ \exp\left[-\frac{(H-z)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(H+z)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \sum_{N=1}^J \left(\exp\left[-\frac{(z-H-2Nz_i)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z+H-2Nz_i)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z-H+2Nz_i)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z+H+2Nz_i)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right) \right\}$$

$c(x, y, z)$: Συγκέντρωση του αέριου ρύπου στο σημείο A, $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Q : ρυθμός εκπομπής του ρύπου ($\mu\text{g}/\text{s}$)

u : ταχύτητα του ανέμου, ms^{-1}

σ_y : τυπική απόκλιση της εγκάρσιας κατανομής της συγκέντρωσης, m

σ_z : τυπική απόκλιση της κατακόρυφης κατανομής της συγκέντρωσης, m

H : ενεργό ύψος εκπομπής του θυσάνου, m

z_i : Ύψος ανάμειξης

J : αριθμός ανακλάσεων

Περιπτώσεις που τα μοντέλα θυσάνου του Gauss είναι λιγότερο κατάλληλα

❑ Συνθήκες μεγάλης αστάθειας

Η παραδοχή ότι ο κεντρικός άξονας του θυσάνου, κατά μήκος του οποίου εμφανίζονται οι μέγιστες συγκεντρώσεις, βρίσκεται στο ενεργό ύψος εκπομπής Η είναι σε καλή συμφωνία με μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε συνθήκες ευστάθειας ή ουδέτερης στρωμάτωσης αλλά σε συνθήκες μεγάλης αστάθειας παρουσιάζονται μεγάλες αποκλίσεις.



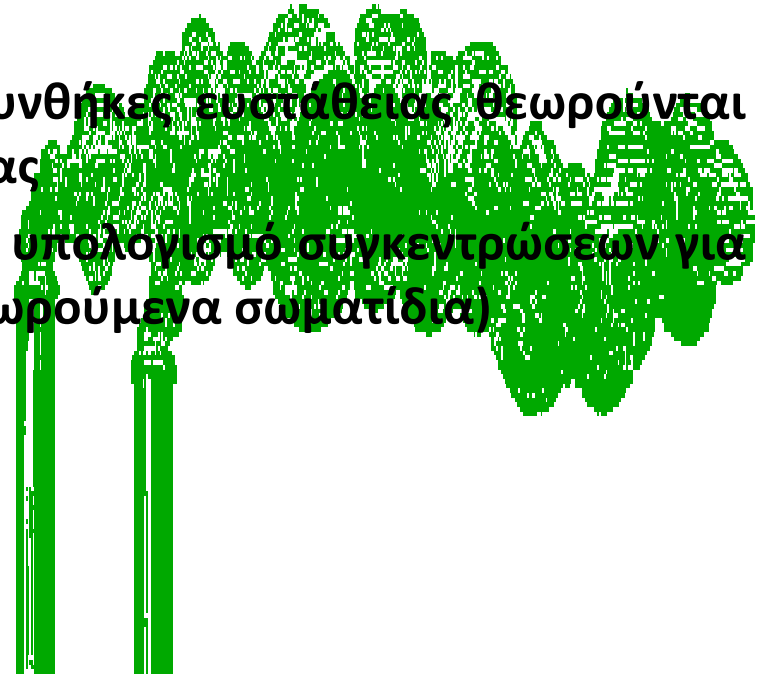
<http://ready.arl.noaa.gov/READYtransp.php>

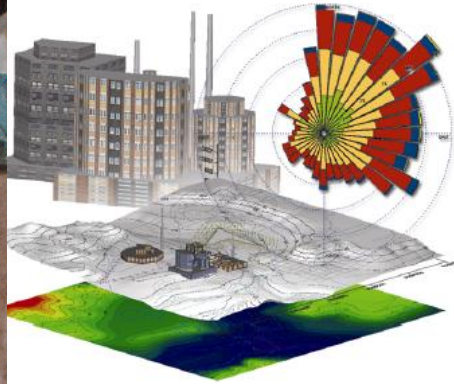
❑ Εκπομπές ρύπων κοντά στο έδαφος

- Η ταχύτητα του ανέμου μεταβάλλεται σχεδόν λογαριθμικά με το ύψος και είναι δύσκολο να εκλέξουμε μία τιμή του ανέμου που να είναι αντιπροσωπευτική για ολόκληρο το κατακόρυφο στρώμα το οποίο καταλαμβάνει ο θύσανος.
- Η παρουσία του εδάφους έχει σαν συνέπεια , η κατακόρυφη δομή της τύρβης να μην είναι ομοιογενής. Διάφορες μετρήσεις σε θυσάνους από επιφανειακές πηγές έχουν επιβεβαιώσει ότι η εγκάρσια κατανομή είναι κανονική ενώ η κατακόρυφη κατανομή αποκλίνει από αυτό το πρότυπο.

Τι είναι το RAM;

- ❑ Το RAM είναι ένα Γκαουσιανό μοντέλο διασποράς που υπολογίζει βραχυπρόθεσμες συγκεντρώσεις αέριων ρύπων από πολλαπλές σημειακές ή/και εμβαδικές πηγές σε ένα πλέγμα αποδεκτών που καθορίζεται από το χρήστη.
- ❑ Ο αλγόριθμος του μοντέλου περιγράφηκε αρχικά από τους Novak και Turner το 1976
- ❑ Μπορεί να εφαρμοστεί για περιοχές όπου το έδαφος είναι επίπεδο ή έχει μικρή καμπυλότητα
- ❑ Ο άνεμος, το ύψος ανάμειξης και οι συνθήκες ευστάθειας θεωρούνται αμετάβλητα για διαστήματα της μίας ώρας
- ❑ Η χρήση του μοντέλου περιορίζεται στον υπολογισμό συγκεντρώσεων για αδρανείς ρύπους (Συνήθως σε SO₂ και αιωρούμενα σωματίδια)
- ❑ Εφαρμογή για
 - ✓ Αστικές και αγροτικές περιοχές
 - ✓ Συνθήκες στασιμότητας





©The COMET Program

Δεδομένα εισαγωγής

Τα δεδομένα εισόδου είναι:

□ Ένα πλήθος δεδομένων που αφορούν τον τρόπο εκτέλεσης του μοντέλου και επιλέγονται από το χρήστη

Π.χ. προσομοίωση για αστική ή αγροτική περιοχή

□ Παράμετροι πηγών

Παράμετροι που αφορούν τις εκπομπές και τις πηγές πρέπει να προσδιορισθούν από το χρήστη

□ Μετεωρολογικά δεδομένα

Οι βάσεις δεδομένων για τις μετεωρολογικές παραμέτρους μπορεί να αφορούν χρόνο που κυμαίνεται από μία ώρα έως και ένα χρόνο

□ Πληροφορίες για τους αποδέκτες

Οι θέσεις των αποδεκτών μπορούν είτε να προσδιοριστούν από το χρήστη, είτε να δημιουργηθούν από το ίδιο το πρόγραμμα



Εκτέλεση του μοντέλου

□ Καθορισμός από το χρήστη των απαιτούμενων παραμέτρων κι επιλογών για τη ζητούμενη εφαρμογή.

- Τύπος ρύπανσης
- Αριθμός πηγών
- Χρόνος και αριθμών περιόδων
- Εκθέτες του εκθετικού νόμου
- Αστική ή αγροτική περιοχή

□ Επιλογές για την εφαρμογή του μοντέλου σε σχέση με:

- Κατώρευμα καμινάδας
- Σταδιακή ανύψωση θυσάνου
- Διασπορά λόγω άνωσης

Εκτέλεση του μοντέλου

❑ Καθορισμός από τον χρήστη:

- Το είδος των πηγών και ποιες από αυτές είναι σημαντικές
- Τα χαρακτηριστικά των πηγών εκπομπής
- Τα μετεωρολογικά δεδομένα εισόδου
- Αν η δεδομένη προσομοίωση είναι τμήμα μίας πιο ευρείας προσομοίωσης
- Τα δεδομένα εξόδου που επιθυμεί
- Τις προεπιλογές που θα χρησιμοποιηθούν



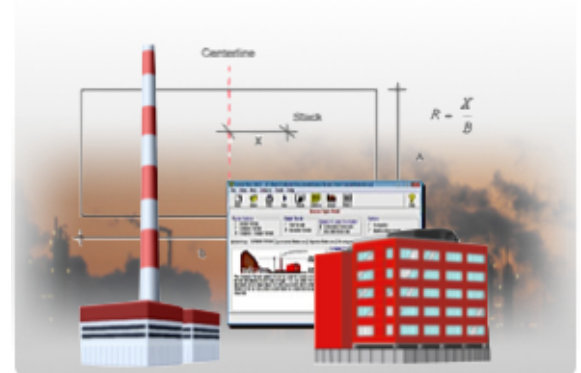
"See, son? Daddy's company makes inhalers to help people with asthma."

Επιλογές του μοντέλου

- ❑ Προσδιορισμός από τον χρήστη των επιλογών που θα χρησιμοποιηθούν κατά την εφαρμογή του μοντέλου όπως,
 - κατώρευμα στο άκρο της καμινάδας
 - βαθμιαία ανύψωση θυσάνου
 - εισαγωγή σημειακών και επιφανειακών πηγών
 - εκπομπές από ένα προηγούμενο τρέξιμο του RAM
 - μετεωρολογικά δεδομένα από αρχεία μετεωρολογίας
- ❑ Προσδιορισμός από τον χρήστη των επιλογών για την παράλειψη κάποιων αποτελεσμάτων από το μοντέλο όπως,
 - κατάλογος σημειακών πηγών
 - κατάλογος επιφανειακών πηγών και χάρτης
 - εκπομπές σε συνάρτηση με το ύψος
 - περίληψη μετεωρολογικών δεδομένων που προκύπτει για τη μέση διάρκεια περιόδου
 - Ωριαία συνεισφορά σημειακών πηγών κατώρευμα στο άκρο της καμινάδας
 - βαθμιαία ανύψωση θυσάνου

Πηγές εκπομπών

- Το μοντέλο προσομοιώνει τα αποτελέσματα σημειακών και εμβαδικών πηγών εκπομπής
- Ο μέγιστος αριθμός πηγών για τις οποίες μπορεί να δώσει αποτέλεσμα το μοντέλο είναι **250** σημειακές και **100** εμβαδικές πηγές
- Ο χρήστης μπορεί να ορίσει έως **25** σημαντικές σημειακές πηγές και έως **10** σημαντικές εμβαδικές πηγές, και το μοντέλο να υπολογίσει μεμονωμένα το αποτέλεσμα της κάθε σημαντικής πηγής
- Οι λεπτομέρειες που αφορούν τις πηγές μπορούν να εισαχθούν είτε κατά τη διάρκεια της ροής, είτε από αρχεία κατά την εκκίνηση του προγράμματος



Πηγές εκπομπών

Απαραίτητο να προσδιοριστούν:

A. Σημειακές πηγές

- Οι συντεταγμένες των πηγών
- Οι παράμετροι που αφορούν τις πηγές (Φυσικό ύψος, Διάμετρος)
- Οι παράμετροι που αφορούν τις εκπομπές (Ρυθμοί εκπομπών, Ταχύτητα εξόδου των ρύπων, Θερμοκρασία)

B. Εμβαδικές πηγές*

- Οι συντεταγμένες της νοτιοδυτικής γωνίας των πηγών
- Το μήκος της πλευράς
- Ο συνολικός ρυθμός εκπομπής
- Το ενεργό ύψος της πηγής

* Θεωρούμε ότι οι εμβαδικές πηγές έχουν τετράγωνο σχήμα



http://en.citizendium.org/wiki/Air_pollution_dispersio_n_terminology

Μετεωρολογικά δεδομένα

- ❑ Τα μετεωρολογικά δεδομένα, όπως και τα δεδομένα που αφορούν τις εκπομπές μπορούν να εισαχθούν ως μέρος της ροής του προγράμματος από ένα αρχείο το οποίο είτε έχει προκύψει από το πρόγραμμα RAMMET, είτε έχει την κατάλληλη μορφοποίηση
- ❑ Για την κάθε ώρα προσομοίωσης πρέπει να δίνονται:
 - *Ο μέσος άνεμος (ταχύτητα, διεύθυνση)*
 - *Εκθέτες του εκθετικού νόμου*
 - *Ύψος ανεμομέτρου*
 - *Κλάση ευστάθειας*
 - *Το ύψος ανάμειξης*
 - *Θερμοκρασία του αέρα*



Αποδέκτες

❑ Εισαγωγή αποδεκτών από το χρήστη ή από το ίδιο το πρόγραμμα

- Όταν εισάγονται από το χρήστη, πρέπει να καθοριστούν το όνομα και οι συντεταγμένες της πηγής.
- Όταν εισάγονται από το πρόγραμμα, τότε πρέπει να καθοριστεί αν ο χρήστης επιθυμεί:

- Πλέγμα πολικών συντεταγμένων με 180 αποδέκτες
- Πλέγμα με διάταξη κυψελίδας

Το μοντέλο έχει τη δυνατότητα να δώσει δύο αποδέκτες για την κάθε πηγή όπου αναμένεται να έχουμε τις μέγιστες συγκεντρώσεις ανάλογα με τη διεύθυνση του ανέμου

❑ Ο μέγιστος αριθμός αποδεκτών είναι 180

Σφάλματα εξαιτίας των δεδομένων εισόδου

- ❑ Σφάλματα μπορεί να εμφανιστούν σε περιπτώσεις κατά τις οποίες έχουμε:
 - Σταδιακή μεταβολή των ρυθμών εκπομπής
 - Πολύ ασθενείς ανέμους
 - Συνεχείς μεταβολές της διεύθυνσης του ανέμου (πιθανή όταν πνέουν πολύ ασθενείς άνεμοι)
 - Χωρική μεταβολή της διεύθυνσης του ανέμου (πιθανή όταν πνέουν πολύ ασθενείς άνεμοι)



Δεδομένα εξόδου

- ❑ Προσδιορισμός των δεδομένων εξόδου από τον χρήστη
- ❑ Στην αρχή του αρχείου εξόδου υπάρχουν πληροφορίες για τις παραμέτρους εισαγωγής καθώς και για τις πηγές (Συνεισφορά από τις σημειακές και τις εμβαδικές πηγές)
- ❑ Πληροφορίες για τις πηγές που χαρακτηρίστηκαν ως σημαντικές (Συνεισφορά από τις συγκεκριμένες πηγές)

POINT SOURCE INFORMATION												
SOURCE	EAST COORD	NORTH COORD	SO2 EMISSIONS	SO2(G/SEC)	PART(G/SEC)	STACK TEMP(K)	STACK DIAM(M)	STACK VEL(M/SEC)	POTENTIAL			
(USER UNITS)	(USER UNITS)	(USER UNITS)	(GRAMS-M**2/SEC)	(GRAMS-M**2/SEC)	(GRAMS-M**2/SEC)	(K)	(M)	(M/SEC)	(MICROGRAMS-M**3)			
1 PLANT 1	579.5004406750	232.565	13.335	82.90	513.10	3.50	13.70	155.805	370.460	176.487		
2 PLANT 2	575.2504405250	150.465	57.005	76.20	464.30	3.20	12.50	144.901	399.485	115.773		
3 PLANT 3	571.2504407000	19.005	3.255	25.90	477.60	1.00	15.80	199.064	80.256	14.971		
4 PLANT 4	571.7504402250	81.060	28.350	40.80	499.80	2.80	17.60	82.104	291.015	139.965		
5 PLANT 5	579.5004403250	26.145	5.145	18.30	533.20	.60	14.70	818.139	45.144	5.844		
6 PLANT 6	567.1404400390	2.560	.000	26.50	505.00	1.04	3.81	72.298	47.606	4.241		
7 PLANT 7	564.7004407500	36.430	.000	48.80	464.00	3.05	18.60	31.988	316.174	156.325		
8 PLANT 8	577.4504401350	33.640	.000	26.50	428.00	1.68	5.02	461.534	69.507	10.956		
9 PLANT 9	576.7504400700	38.800	.000	6.00	654.00	.79	24.85	448.911	76.111	21.021		
10 PLANT 10	580.1004412000	299.500	.000	93.00	405.00	4.88	12.59	171.832	405.995	203.266		
11 PLANT 11	583.0004400900	16.740	.000	18.10	506.00	1.37	4.23	389.308	52.685	8.193		
12 PLANT 12	574.0004398000	226.200	.000	93.60	483.00	4.88	12.59	97.496	480.294	289.141		

SIGNIFICANT SO2 POINT SOURCES			
RANK	CHI-MAX	SOURCE NO.	
(MICROGRAMS-M**3)			
1	818.14	5	
2	461.53	8	
3	448.91	9	
4	389.31	11	
5	199.06	3	
6	171.83	10	
7	155.81	1	
8	144.90	2	
9	97.50	12	
10	82.10	4	
11	72.30	6	
12	31.99	7	

AREA SOURCE INFORMATION										
SOURCE	EAST COORD	NORTH COORD	SO2 EMISSIONS	PART EMISSIONS	SIDE LENGTH	EFFECTIVE HEIGHT	SIGNIFICANCE			
(USER UNITS)	(USER UNITS)	(USER UNITS)	(GRAMS-M**2/SEC)	(GRAMS-M**2/SEC)	(USER UNITS) (METERS)	(METERS)	(G/M/SEC)			
1 AONE	570.0004400000	3.0164E-08	0.0000E+00	4.000	10.000	1.9418E-04				
2 ATWO	574.0004400000	2.9448E-07	0.0000E+00	2.000	10.000	9.4759E-04				
3 ATHREE	576.0004400000	6.0328E-07	0.0000E+00	2.000	12.000	1.9418E-03				
4 AFOUR	578.0004400000	8.5425E-07	0.0000E+00	2.000	15.000	2.7496E-03				
5 AFIVE	578.0004402000	3.0406E-07	0.0000E+00	2.000	10.000	9.7866E-04				
6 ASIX	574.0004402000	0.0000E+00	0.0000E+00	4.000	.000	0.0000E+00				
7 ASEVEN	570.0004404000	1.0256E-07	0.0000E+00	4.000	15.000	6.6021E-04				
8 AEIGHT	574.0004406000	2.5097E-07	0.0000E+00	2.000	10.000	8.0778E-04				
9 ANINE	578.0004406000	2.9923E-07	0.0000E+00	2.000	12.000	9.6313E-04				

AREA SOURCE INFORMATION										
SOURCE	EAST COORD	NORTH COORD	SO2 EMISSIONS	PART EMISSIONS	SIDE LENGTH	EFFECTIVE HEIGHT	SIGNIFICANCE			
(USER UNITS)	(USER UNITS)	(USER UNITS)	(GRAMS-M**2/SEC)	(GRAMS-M**2/SEC)	(USER UNITS) (METERS)	(METERS)	(G/M/SEC)			
1 AONE	570.0004400000	3.0164E-08	0.0000E+00	4.000	10.000	1.9418E-04				
2 ATWO	574.0004400000	2.9448E-07	0.0000E+00	2.000	10.000	9.4759E-04				
3 ATHREE	576.0004400000	6.0328E-07	0.0000E+00	2.000	12.000	1.9418E-03				
4 AFOUR	578.0004400000	8.5425E-07	0.0000E+00	2.000	15.000	2.7496E-03				
5 AFIVE	578.0004402000	3.0406E-07	0.0000E+00	2.000	10.000	9.7866E-04				
6 ASIX	574.0004402000	0.0000E+00	0.0000E+00	4.000	.000	0.0000E+00				
7 ASEVEN	570.0004404000	1.0256E-07	0.0000E+00	4.000	12.000	8.6021E-04				
8 AEIGHT	574.0004406000	2.5097E-07	0.0000E+00	2.000	10.000	8.0778E-04				
9 ANINE	578.0004406000	2.9923E-07	0.0000E+00	2.000	12.000	9.6313E-04				
10 ATEN	580.0004408000	2.8641E-07	0.0000E+00	2.000	20.000	8.3749E-04				
11 AELEVEN	582.0004408000	8.0118E-08	0.0000E+00	2.000	20.000	2.3757E-04				
12 ATWELVE	582.0004404000	1.8021E-07	0.0000E+00	2.000	20.000	3.1574E-04				
13 ATHIRTEEN	582.0004404000	1.8348E-07	0.0000E+00	2.000	20.000	3.8003E-04				
14 AFOURTEEN	580.0004402000	4.9228E-08	0.0000E+00	2.000	20.000	1.3843E-04				
15 AFIFTEEN	582.0004402000	1.4286E-07	0.0000E+00	2.000	20.000	4.3882E-04				

AREA SOURCE MAP ARRAY (A)									
4	7	7	0	0	0	1	0	1	
3	7	7	6	6	0	1	2	1	
2	1	1	6	6	5	1	4	1	
1	1	1	2	3	4	0	0		

THE ORIGIN IS INTERNAL UNITS IS (284.00, 2199.00)
 THE SIZE OF THE AREA SOURCE ARRAY IS (7, 7)
 BBOX IS 281.00 2200.00 292.00 2200.00 2706.00 2204.00 (IN INTERNAL UNITS)

SIGNIFICANT SO2 AREA SOURCES			
RANK	Q*LENGTH	SOURCE NO.	
(G-M/SEC)			
1	2.7496E-03	4	
2	1.9418E-03	3	
3	9.7866E-04	5	
4	9.4312E-04	8	
5	9.4312E-04	11	

Δεδομένα εξόδου

- ❑ **Λίστα με τις πληροφορίες για τους αποδέκτες και τις συγκεντρώσεις σε αυτούς**
- Μέσες ωριαίες συγκεντρώσεις ρύπων για τον κάθε αποδέκτη
- Μέσες συγκεντρώσεις για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα αν αυτό ζητηθεί

- ❑ **Πληροφορίες για τα μετεωρολογικά δεδομένα εισόδου**

```
RECEPTOR INFORMATION
RECEPTOR IDENTIFICATION EAST NORTH
COORD COORD
(USER UNITS)
11 RECEP 1 564.400 4407.000
21 RECEP 2 564.200 4406.500
31 RECEP 3 579.500 4403.200
41 RECEP 4 579.300 4403.000
51 RECEP 5 577.400 4401.200
61 RECEP 6 576.600 4400.600
71 RECEP 7 575.900 4404.400
81 RECEP 8 582.900 4400.800
91 RECEP 9 576.400 4399.000
101 RECEP10 577.000 4401.000
111 RECEP11 574.400 4399.500
121 RECEP12 578.000 4408.100
INPUT MET DATA FOR 2-HR PERIOD STARTING AT HOUR: 1, YEAR 73, JULIAN DAY 1
HOUR THETA SPEED MIXING TEMP STABILITY
(DEG) (M/S) HEIGHT(M) (DEG-K) CLASS
1 33.00 6.17 429.11 269.82 4
2 23.00 4.63 401.70 271.48 4
RESULTANT MET CONDITIONS
WIND DIRECTION= 28.71 RESULTANT WIND SPEED= 5.38
AVERAGE WIND SPEED= 5.40 AVERAGE TEMP= 270.65
WIND PERSISTENCE= .996 MODAL STABILITY= 4
SIGNIFICANT POINT RECEPTORS
RECEPTOR # EAST NORTH PREDICTED MAX CONC. MAX. DIST EFF. HT U(PHY HT)
(MICROGRAMS/M**3) (KM) (M) (M/SEC)
13 P 7 564.431 4407.008 39.39 .902 156.385 8.026
14 P 7 564.161 4406.517 .166 1.804 156.385 8.026
15 P 5 579.451 4403.160 839.47 .166 32.007 6.281
16 P 5 579.401 4403.069 .331 32.007 6.281
17 P 8 577.376 4401.214 448.58 .249 47.506 6.890
18 P 8 577.301 4401.078 .499 47.506 6.890
19 P 9 576.668 4400.550 619.39 .216 52.296 4.753
20 P 9 576.585 4400.400 .551 52.296 4.753
21 P 11 582.944 4400.798 427.63 .187 35.952 6.263
22 P 11 582.888 4400.696 .374 35.952 6.263
SIGNIFICANT AREA SOURCE RECEPTORS
RECEPTOR # EAST NORTH
```

```
INPUT MET DATA FOR 2-HR PERIOD STARTING AT HOUR: 1, YEAR 73, JULIAN DAY 1
HOUR THETA SPEED MIXING TEMP STABILITY
(DEG) (M/S) HEIGHT(M) (DEG-K) CLASS
1 33.00 6.17 429.11 269.82 4
2 23.00 4.63 401.70 271.48 4
RESULTANT MET CONDITIONS
WIND DIRECTION= 28.71 RESULTANT WIND SPEED= 5.38
AVERAGE WIND SPEED= 5.40 AVERAGE TEMP= 270.65
WIND PERSISTENCE= .996 MODAL STABILITY= 4
```

Χαρακτηριστικά και περιορισμοί του μοντέλου RAM

❑ Χρήσεις του RAM

- Εκτίμηση των αποτελεσμάτων από πολιτικές ελέγχου ή βραχυπρόθεσμα μέτρα
- Εκτίμηση της επίδρασης που μπορεί να έχει μια νέα πηγή/πηγές
- Εκτίμηση της χωρικής κατανομής των ρύπων σε κάποια περιοχή για δεδομένη χρονική περίοδο

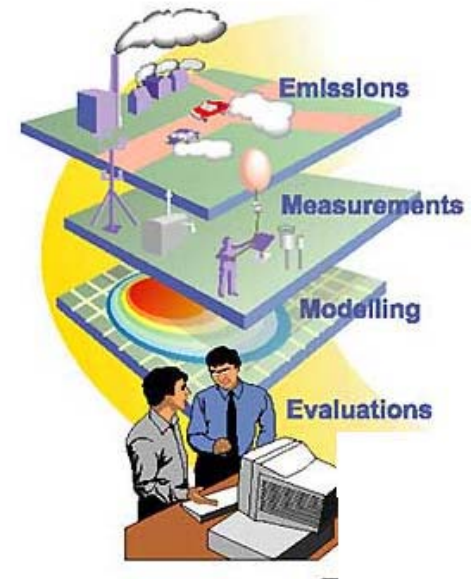
❑ Εφαρμογές του μοντέλου RAM

➤ Πολεοδομία

- Καθορισμός της επίδρασης που μπορεί να έχει η δημιουργία μιας νέας πηγής ρύπανσης σε συγκεκριμένη τοποθεσία και στρατηγικών ελέγχου της ποιότητας του αέρα βραχυπρόθεσμα

➤ Ελεγκτικές υπηρεσίες

- Πρόβλεψη των επιπέδων ποιότητας του αέρα σε κάποια περιοχή (μέσες τιμές 24-ώρου)
- Καθορισμός θέσεων δειγματοληψίας από φορητές μονάδες
- Συμβολή στον καθορισμό τακτικών μείωσης των εκπομπών



❑ **Ακρίβεια αποτελεσμάτων**

Εξάρτηση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων του μοντέλου από την:

- Εγκυρότητα των παραδοχών του αλγόριθμου
- Ακρίβεια των μετεωρολογικών δεδομένων εισόδου
- Ακρίβεια των δεδομένων εισόδου που αφορούν τις εκπομπές

❑ **Υπολογισμός συγκεντρώσεων για αστικό ή αγροτικό περιβάλλον**

- Το μοντέλο χρησιμοποιεί εξισώσεις ως συνάρτηση της κλάσης ευστάθειας για τον υπολογισμό των συντελεστών διασποράς, λαμβάνοντας τον τύπο της περιοχής, αγροτική ή αστική.



Αστικές και αγροτικές καταστάσεις

- Οι τιμές των παραμέτρων για τη διασπορά σε αστικό περιβάλλον είναι εκείνες που προτείνει ο Briggs
- Αποδίδονται σα συναρτήσεις των συνθηκών ευστάθειας και της απόστασης του αποδέκτη από την πηγή κατά τη διεύθυνση του ανέμου

Πίνακας II
Οι εξισώσεις που πρότεινε ο Briggs (1973) για τον υπολογισμό των σ_y και σ_z σε αποστάσεις $10^2 < x < 10^4$ m.

Κλάση ευστάθειας κατά Pasquill	$\sigma_y(x)$ [m]	$\sigma_z(x)$ [m]
ΥΠΑΙΘΡΟΣ		
A	$0.22 \cdot x \cdot (1 + 0.0001 \cdot x)^{-1/2}$	$0.20 \cdot x$
B	$0.16 \cdot x \cdot (1 + 0.0001 \cdot x)^{-1/2}$	$0.12 \cdot x$
C	$0.11 \cdot x \cdot (1 + 0.0001 \cdot x)^{-1/2}$	$0.08 \cdot x \cdot (1 + 0.0002 \cdot x)^{-1/2}$
D	$0.08 \cdot x \cdot (1 + 0.0001 \cdot x)^{-1/2}$	$0.06 \cdot x \cdot (1 + 0.0015 \cdot x)^{-1/2}$
E	$0.06 \cdot x \cdot (1 + 0.0001 \cdot x)^{-1/2}$	$0.03 \cdot x \cdot (1 + 0.0003 \cdot x)^{-1}$
F	$0.04 \cdot x \cdot (1 + 0.0001 \cdot x)^{-1/2}$	$0.016 \cdot x \cdot (1 + 0.0003 \cdot x)^{-1}$
ΑΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ		
A-B	$0.32 \cdot x \cdot (1 + 0.0004 \cdot x)^{-1/2}$	$0.24 \cdot x \cdot (1 + 0.001 \cdot x)^{-1/2}$
C	$0.22 \cdot x \cdot (1 + 0.0004 \cdot x)^{-1/2}$	$0.20 \cdot x$
D	$0.16 \cdot x \cdot (1 + 0.0004 \cdot x)^{-1/2}$	$0.14 \cdot x \cdot (1 + 0.0003 \cdot x)^{-1/2}$
E-F	$0.11 \cdot x \cdot (1 + 0.0004 \cdot x)^{-1/2}$	$0.08 \cdot x \cdot (1 + 0.00015 \cdot x)^{-1/2}$

Αστικές και αγροτικές καταστάσεις

- Διαφορετικές σταθερές του εκθετικού νόμου για αστικό και αγροτικό περιβάλλον ως προεπιλογή
- Αγροτικό περιβάλλον->Τραχύτητα επιφάνειας 0,1 m
- Αστικό περιβάλλον-> Τραχύτητα επιφάνειας 1 m
- Στην περίπτωση αστικού περιβάλλοντος λαμβάνεται υπόψη και η επιπρόσθετη έκλυση θερμότητας

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙΙ

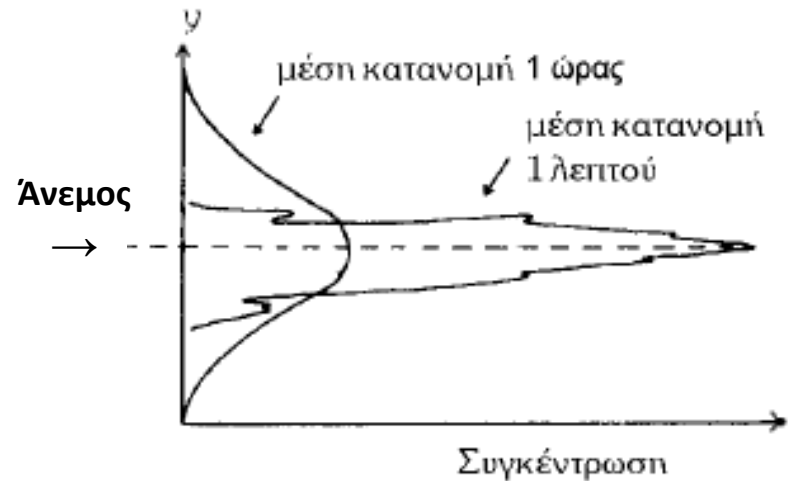
Τιμές του εκθέτη p (εξίσωση 7.1) για αγροτικές και αστικές περιοχές σαν συνάρτηση της επικρατούσας κλάσης ευστάθειας.

Κλάση ευστάθειας	Εκθέτης p (εξίσωση 7.1) στην ύπαιθρο	Εκθέτης p (εξίσωση 7.1) σε αστικές περιοχές
A	0.07	0.15
B	0.07	0.15
C	0.10	0.20
D	0.15	0.25
E	0.35	0.40
F	0.55	0.60

Παραδοχές του μοντέλου RAM

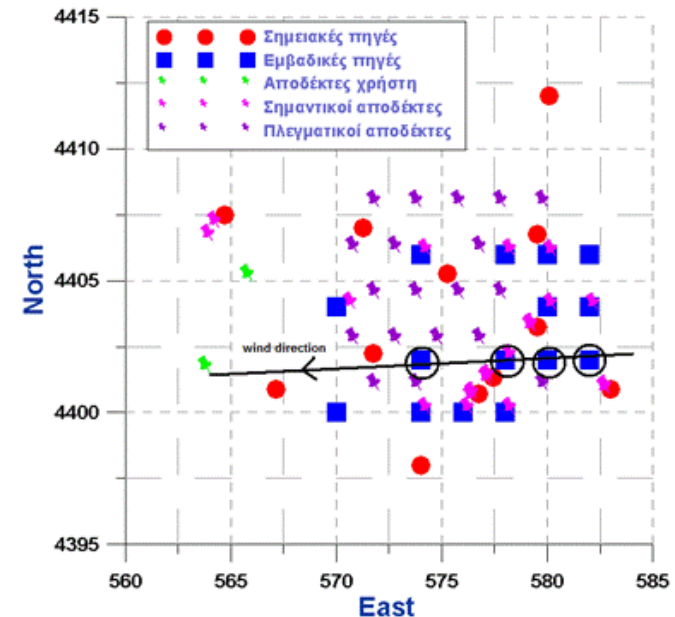
□ Γκαουσιανός θύσανος

- Οι κατανομές της μέσης ωριαίας συγκέντρωσης τόσο στην εγκάρσια όσο και στην κατακόρυφη διεύθυνση είναι περίπου κανονικές κι ανεξάρτητες η μία της άλλης



□ Απλοποίηση στενού θυσάνου

- Η συνεισφορά των εμβαδικών πηγών στη συγκέντρωση ενός συγκεκριμένου αποδέκτη, υπολογίζεται με βάση τις πηγές που βρίσκονται πάνω στην ίδια ευθεία με τη διεύθυνση του ανέμου.



Παραδοχές του μοντέλου RAM

☐ Μετεωρολογικές παράμετροι

- Οι μετεωρολογικές παράμετροι που εισάγονται πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικές για ολόκληρη την περιοχή που περιέχει τις πηγές και τους αποδέκτες.
- Το ύψος ανάμειξης είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί μόνο αν επικρατούν συνθήκες αστάθειας ή ουδέτερης στρωμάτωσης.
- *Συνθήκες στασιμότητας:* Οι μετεωρολογικές συνθήκες δε μεταβάλλονται στο διάστημα της μίας ώρας για το οποίο υπολογίζονται οι μέσες συγκεντρώσεις.



Παραδοχές του μοντέλου RAM

❑ Υπολογιζόμενες συγκεντρώσεις

- Η ολική συγκέντρωση που υπολογίζεται για το διάστημα της μίας ώρας για συγκεκριμένο αποδέκτη είναι το άθροισμα της εκτιμούμενης συνεισφοράς από το σύνολο των πηγών.

❑ Σταθερότητα κατά την κατακόρυφη διεύθυνση

- Ο ρυθμός διασποράς κατά την κατακόρυφη διεύθυνση στο οριακό στρώμα θεωρείται σταθερός.
- Θεωρείται πλήρης ανάκλαση των τυρβωδών στροβίλων τόσο από το έδαφος όσο και από την κορυφή του οριακού στρώματος .



Παραδοχές του μοντέλου RAM

❑ Ταχύτητα του ανέμου

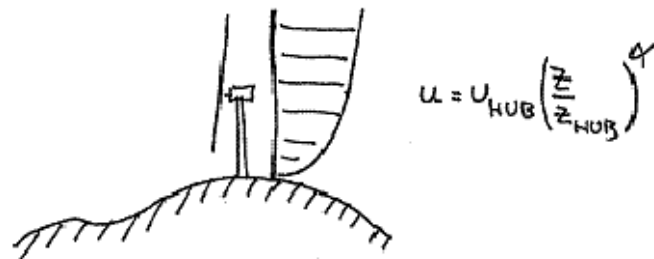
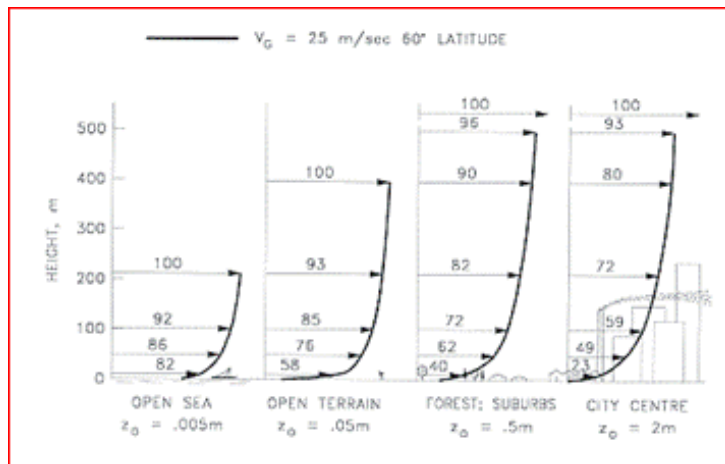
- Αντιπροσωπευτικές μέσες ωριαίες τιμές της ταχύτητας του ανέμου (μέτρο και διεύθυνση) για ολόκληρη την περιοχή μελέτης.
- Η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου με το ύψος υπολογίζεται σύμφωνα με τον εκθετικό νόμο:

$$u_s = u_{ref} \left(\frac{h_s}{z_{ref}} \right)^p$$

u_s : ταχύτητα του ανέμου στο ύψος h_s

u_{ref} : μετρούμενη ταχύτητα του ανέμου στο ύψος αναφοράς z_{ref}

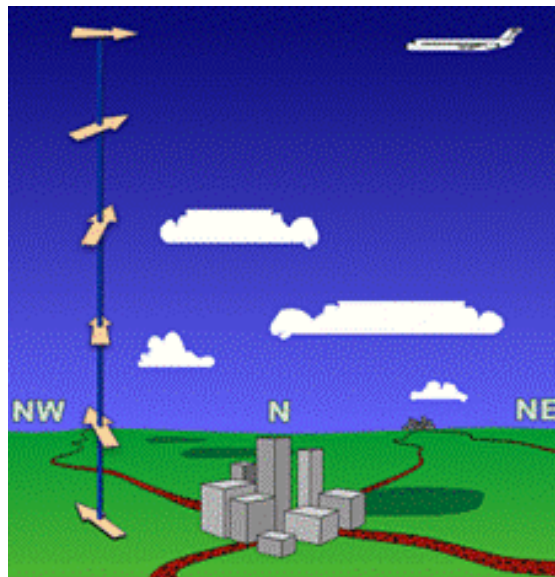
- Ο εκθέτης p εξαρτάται από την κλάση ευστάθειας και την τραχύτητα της επιφάνειας, αλλά μπορεί να προσδιοριστεί κι από τον χρήστη.



Παραδοχές του μοντέλου RAM

❑ Ταχύτητα του ανέμου

- Δεν λαμβάνεται υπόψη η μεταβολή της διεύθυνσης του ανέμου με το ύψος κι η διεύθυνση του ανέμου θεωρείται σταθερή. Αυτό προκαλεί τόσο μεγαλύτερο σφάλμα όσο μεγαλύτερο είναι το ενεργό ύψος.
- Για την αποφυγή υπερεκτίμησης των συγκεντρώσεων στην περίπτωση που διαδοχικές ωριαίες διευθύνσεις του ανέμου είναι ίδιες, θεωρείτε τυχαία μεταβολή της διεύθυνσης από -4° έως 5° σε σχέση με τη δοθείσα μέση διεύθυνση από ώρα σε ώρα.



Παραδοχές του μοντέλου RAM

□ Παράμετροι διασποράς

- Για τον προσδιορισμό των παραμέτρων διασποράς, οι σχέσεις που χρησιμοποιούνται είναι αντίστοιχες της ατμοσφαιρικής ευστάθειας όπως αποδίδεται από τις κλάσεις ευστάθειας κατά Pasquill.
- Για αστικές περιοχές οι παράμετροι διασποράς προκύπτουν από τις εξισώσεις του Briggs, 1973.
- Για αγροτικές περιοχές, οι τιμές των παραμέτρων διασποράς προκύπτουν από τις καμπύλες Pasquill-Gifford (Pasquill, 1961; Gifford, 1960).

Κλάσεις ευστάθειας κατά Pasquill

A: ΠΟΛΥ ΑΣΤΑΘΕΙΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ
B: ΜΕΤΡΙΑ ΑΣΤΑΘΕΙΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ
C: ΕΛΑΦΡΑ ΑΣΤΑΘΕΙΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

D: ΟΥΔΕΤΕΡΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ*
E: ΕΛΑΦΡΑ ΕΥΣΤΑΘΕΙΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ
F: ΜΕΤΡΙΑ ΕΥΣΤΑΘΕΙΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

ΑΝΕΜΟΣ ΕΠΦΑΝΕΙΑΣ m/s	ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ**			ΝΥΧΤΑ***	
	ΕΝΤΟΝΗ	ΜΕΣΗ	ΛΙΓΗ	ΛΕΙΠΤΗ ΝΕΦΩΣΗ ή ΧΑΜΗΛΗ $\geq 4/8$	ΝΕΦΩΣΗ $\leq 3/8$
<2	A	A-B****	B	F	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

* Ισχύει υπό συνθήκες πυκνής νέφωσης τόσο κατά την διάρκεια της ημέρας όσο και της νύχτας.

** Έντονη ηλιακή ακτινοβολία αντιστοιχεί σε τυπικές μεσημεριακές συνθήκες κατά την διάρκεια της θερμής περιόδου του έτους. Λίγη ηλιακή ακτινοβολία αντιστοιχεί σε παρόμοιες συνθήκες στο μέσο του χειμώνα.

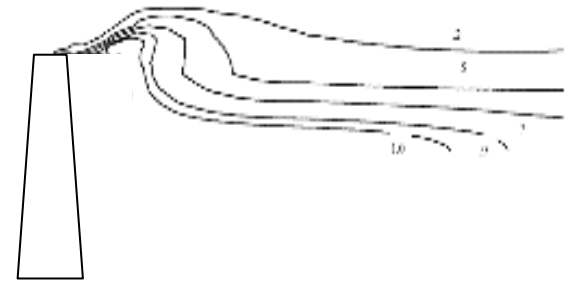
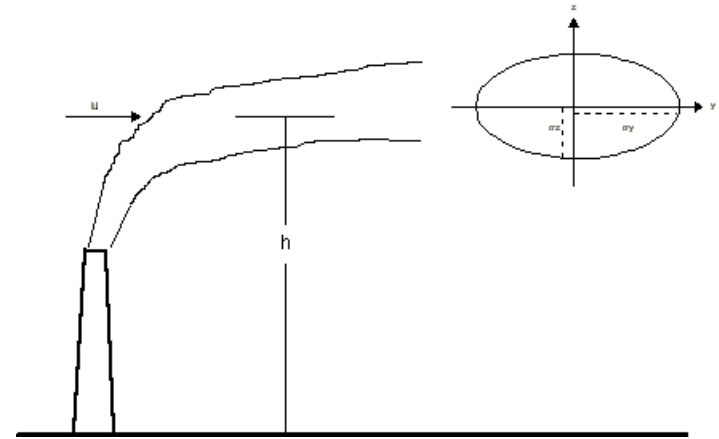
*** Νύχτα χαρακτηρίζεται, γενικά η περίοδος 1 ώρα πριν την δύση μέχρι 1 ώρα μετά την ανατολή.

**** Στις περιπτώσεις που εμφανίζεται A-B, B-C και C-D πρέπει να χρησιμοποιείται η μέση τιμή των δύο κλάσεων.

Παραδοχές του μοντέλου RAM

□ Ανύψωση του θυσάνου

- Η ανύψωση του θυσάνου υπολογίζεται από τις εξισώσεις του Briggs, (1969, 1971, 1972, 1974, 1975).
- Συνυπολογίζεται η ανύψωση λόγω ορμής
- Δε λαμβάνεται υπόψη η συνένωση γειτονικών ανερχόμενων θυσάνων
- Λαμβάνεται υπόψη το κατώρευμα της καμινάδας, αλλά όχι η επίδραση των κτιρίων
- Η επίδραση της ταχύτητας του ανέμου στο ενεργό ύψος του θυσάνου υπολογίζεται με προσεγγιστικό τρόπο



Παραδοχές του μοντέλου RAM

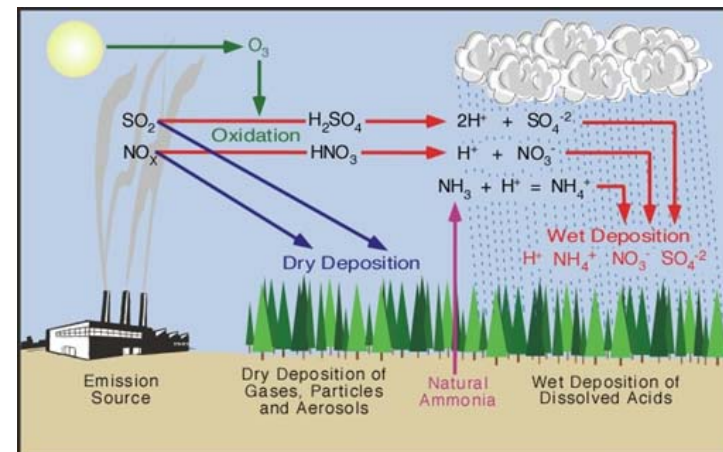
□ Στοιχεία των εκπομπών

- Αν υπάρχουν λεπτομερή στοιχεία για τη χρονική μεταβολή των εκπομπών (ρυθμός, ταχύτητα, θερμοκρασία), τότε οι πληροφορίες αυτές μπορούν να εισαχθούν ως δεδομένα εισόδου από αρχείο.
- Αν δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία, η ωριαία διακύμανση των χαρακτηριστικών εκπομπής υπολογίζεται από το RAM σε αναλογία με τις ετήσιες τιμές.



□ Χημικοί μετασχηματισμοί

- Θεωρείται εκθετική μείωση της συγκέντρωσης με βάση το χρόνο ημιζωής του στοιχείου που έχει προκαθοριστεί
- Αν οι μετασχηματισμοί γίνονται ομοιόμορφα στο θύσανο και δεν εξαρτώνται από τη συγκέντρωση, τότε τα αποτελέσματα είναι ικανοποιητικά



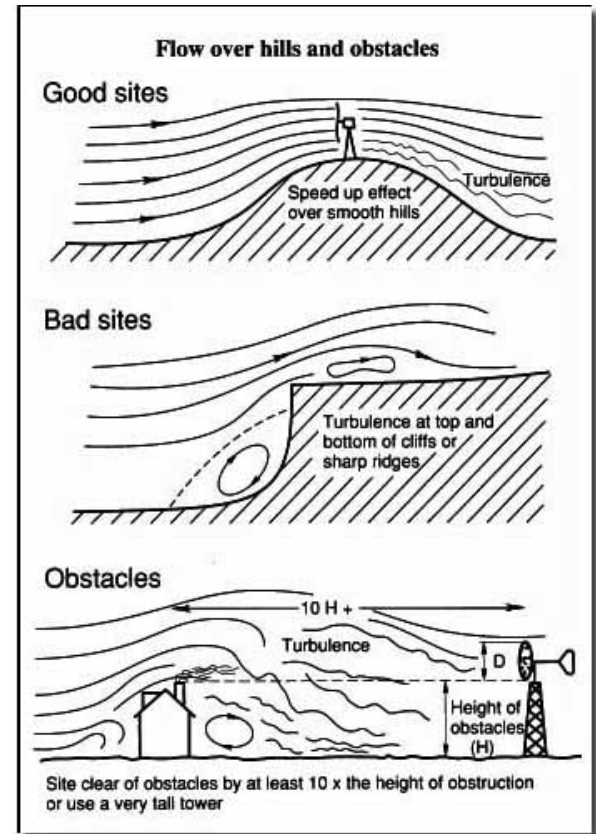
Παραδοχές του μοντέλου RAM

□ Τοπογραφικές επιρροές

- Οι τοπογραφικές επιρροές δε λαμβάνονται υπόψη
- Σε συνθήκες αστάθειας ο θύσανος επηρεάζεται από τα εμπόδια
- Σε ευσταθείς συνθήκες, αλλάζει τοπικά η διεύθυνση του ανέμου εξαιτίας των εμποδίων με αποτέλεσμα να επηρεάζεται ο θύσανος

□ Καπνισμός

- Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται όταν η εξάπλωση του θυσάνου προς τα πάνω εμποδίζεται από μία αναστροφή της οποίας η βάση βρίσκεται σε σχετικά χαμηλό ύψος ενώ κάτω από αυτήν η ανάμειξη των ρύπων είναι έντονη.
- Δε λαμβάνεται υπόψη στο μοντέλο RAM-Θεωρούνται συνθήκες στασιμότητας



Παραδοχές

- **Στοιχείο Προεπιλογής**
- Είναι ένα στοιχείο του συστήματος, το οποίο εξασφαλίζει τη συμμόρφωση με τις ρυθμιστικές απαιτήσεις
- Παραβλέπονται επιλογές που γίνονται από το χρήστη
- Αν επιλεγεί, τότε λαμβάνονται υπόψη:
 - ✓ Τελική ανύψωση του θυσάνου
 - ✓ Διασπορά λόγω άνωσης
 - ✓ Κατωρεύμα καμινάδας
 - ✓ Προκαθορισμένοι εκθέτες για τον εκθετικό νόμο
 - ✓ Προκαθορισμένη θερμοβαθμίδα για ευσταθείς συνθήκες
 - ✓ Χρόνος ημιζωής τεσσάρων ωρών για το SO₂, διαφορετικά δε λαμβάνεται υπόψη η μείωση λόγω χημικών αντιδράσεων
 - ✓ Ανύψωση λόγω ορμής
 - ✓ Νηνεμίες

Παραδοχές

- Ενδειγμένη αντιμετώπιση των νηνεμιών
- **Νηνεμία** -> Μέση ωριαία ταχύτητα ανέμου μικρότερη από 1 m/sec και διεύθυνση του ανέμου ίδια με την προηγούμενη ώρα
- Μηδενικές ωριαίες συγκεντρώσεις στους αποδέκτες
- Όταν δε χρησιμοποιείται η προεπιλογή, τότε οι νηνεμίες αντιμετωπίζονται σαν άνεμοι με ταχύτητα 1 m/sec



Αδυναμίες του μοντέλου

- Η χρήση της απλοποίησης στενού θυσάνου είναι αποτελεσματική όταν οι διακυμάνσεις των εκπομπών από παρακείμενες εμβαδικές πηγές δεν είναι μεγάλες
- Για μεγάλο ενεργό ύψος εκπομπής, το μοντέλο δε δίνει ακριβή αποτελέσματα, εξαιτίας της διάτμησης του ανέμου την οποία δε λαμβάνει υπόψη
- Για μεγάλο ενεργό ύψος εκπομπής, είναι πιθανό ο αέρας να έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά διασποράς από αυτά που έχουμε θεωρήσει
- Περιπτώσεις πολύ ασθενών ανέμων
 - ✓ Διακυμάνσεις στη ροή του ανέμου
 - ✓ Τοπική συσσώρευση ρύπων

Αδυναμίες του μοντέλου

- Ο αλγόριθμος δεν είναι κατάλληλος για εκτιμήσεις πάνω από έδαφος με έντονο ανάγλυφο
- Δε μπορεί να υπολογιστεί η απομάκρυνση ρύπων λόγω χημικών μετασχηματισμών, ιδιαίτερα όταν οι αντιδράσεις εξαρτώνται από τη συγκέντρωση
- Δε μπορεί να υπολογιστεί η απομάκρυνση ρύπων λόγω 'επιλεκτικής' απόθεσης στο έδαφος



Τεχνική περιγραφή του RAM

- **Άθροισμα συγκεντρώσεων από διαφορετικές πηγές**
- Η ολική συγκέντρωση ενός ρυπαντή σε ένα αποδέκτη υπολογίζεται ως το άθροισμα των συγκεντρώσεων που οφείλονται στην κάθε πηγή
- Ο υπολογισμός της συγκέντρωσης για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο της μίας ώρας προκύπτει από το μέσο όρο των μέσων ωριαίων συγκεντρώσεων κατά τη διάρκεια της περιόδου.

Ταχύτητα του ανέμου

- Τα δεδομένα εισαγωγής που αφορούν την ταχύτητα του ανέμου πρέπει να συμπεριλαμβάνουν το ύψος του ανεμομέτρου
- Προαιρετικά εκθέτες του εκθετικού νόμου
- Όταν η ταχύτητα του ανέμου είναι μικρότερη από 1 m/s τότε θεωρείται 1 m/s

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙΙ

Τιμές του εκθέτη p (εξίσωση 7.1) για αγροτικές και αστικές περιοχές σαν συνάρτηση της επικρατούσας κλάσης ευστάθειας.

Κλάση ευστάθειας	Εκθέτης p (εξίσωση 7.1) στην ύπαιθρο	Εκθέτης p (εξίσωση 7.1) σε αστικές περιοχές
A	0.07	0.15
B	0.07	0.15
C	0.10	0.20
D	0.15	0.25
E	0.35	0.40
F	0.55	0.60

Απόπλυση καμινάδας

- Για να ληφθεί υπόψη η απόπλυση της καμινάδας, το φυσικό ύψος της καμινάδας τροποποιείται σύμφωνα με τον Briggs

$$h' = h + 2 \{ [v_s/u(h)] - 1.5 \} d \text{ για } v_s < 1.5 u(h), (2)$$

$$h' = h \text{ for } v_s > 1.5 u(h),$$

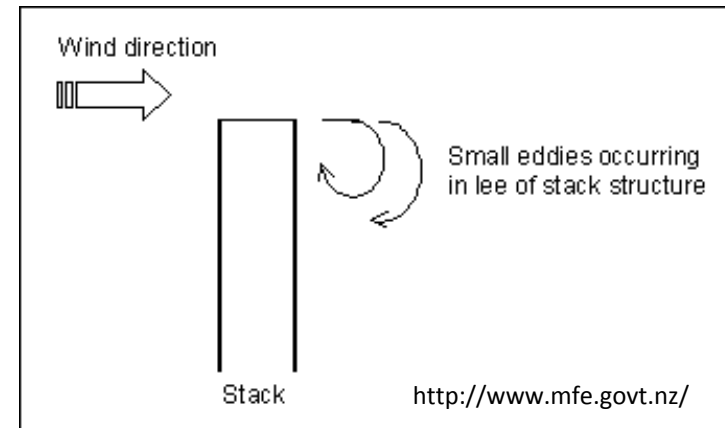
όπου:

h = το φυσικό ύψος της καμινάδας (m),

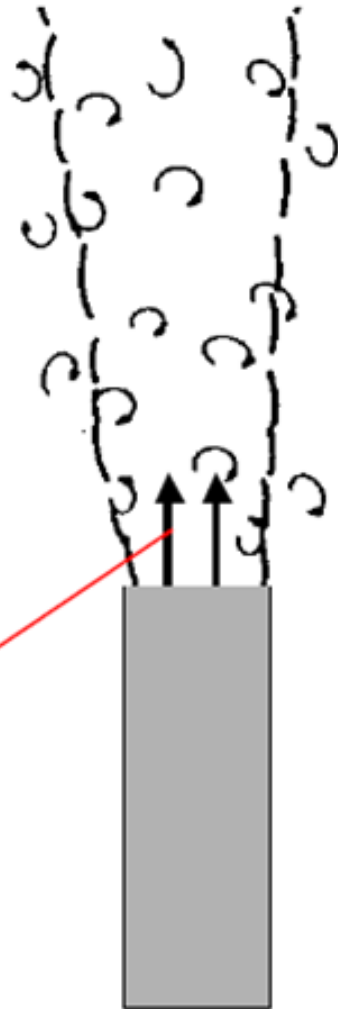
v_s = ταχύτητα εκπομπής στο στόμιο της καμινάδας (m/s) και

d = εσωτερική διάμετρος του στομίου της καμινάδας

- Αν δεν έχουμε ενεργοποιήσει την αντίστοιχη επιλογή τότε $h' = h$



Ανωστική ροή



There is also some rise due to momentum (stack gas velocity), but this is usually small compared with the effect of buoyancy.

Ανωστική ροή, F

The larger the stack radius, the more time it takes for the gas to cool by mixing with surrounding, cooler air

$$F = \frac{g}{T} (T_0 - T) w_0 (R_0)^2$$

T_0 = Stack gas exit temperature (K)

w_0 = Stack gas exit velocity (m/s)

R_0 = Stack radius at exit (m)

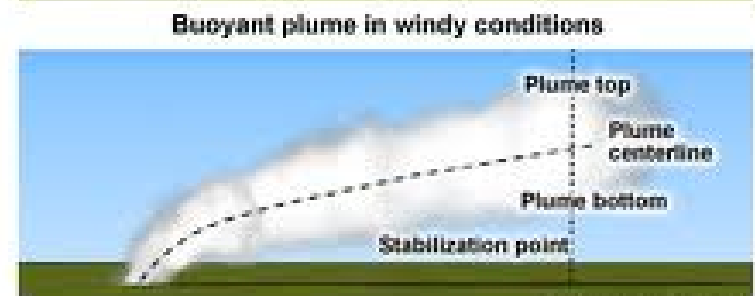
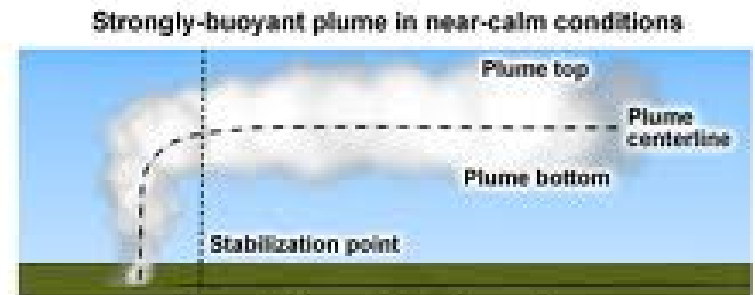
Ανύψωση του θυσάνου

- Αν η θερμοκρασία των ρύπων τη στιγμή που εξέρχονται από την καμινάδα (T_s) είναι μικρότερη της θερμοκρασίας του αέρα (T), τότε η ανύψωση του θυσάνου οφείλεται στην ορμή
- Αν $T_s \geq T$ τότε, αν κυριαρχεί η άνωση ή η ορμή, εξαρτάται από τη διαφορά θερμοκρασίας ΔT

- $\Delta T = T_s - T$

- $\Delta T \geq \Delta T_c \Rightarrow$ Ανύψωση λόγω άνωσης

- $\Delta T < \Delta T_c \Rightarrow$ Ανύψωση λόγω ορμής



Ανύψωση λόγω άνωσης σε ασταθή η ουδέτερη ατμόσφαιρα

- Η οριακή διαφορά θερμοκρασίας $(\Delta T)_c$ καθορίζεται από το εάν:
 1. $F < 55$ $\Rightarrow (\Delta T)_c = 0.0297 v_s^{1/3} T_s/d^{2/3}$
 2. $F \geq 55$ $\Rightarrow (\Delta T)_c = 0.00575 v_s^{2/3} T_s/d^{1/3}$
- Το διάστημα μέχρι την τελική ανύψωση x_f (km) ισούται με $3,5 x^*$, όπου x^* το σημείο που η ατμοσφαιρική τύρβη αρχίζει να κυριαρχεί

F < 55	F ≥ 55
$x_f = 0.049 F^{5/8}$	$x_f = 0.119 F^{2/5}$
$H = h' + 21.425 F^{3/4}/\mu(h)$	$H = h' + 38.71 F^{3/5}/\mu(h)$

Ανύψωση λόγω ορμής σε ασταθή η ουδέτερη ατμόσφαιρα

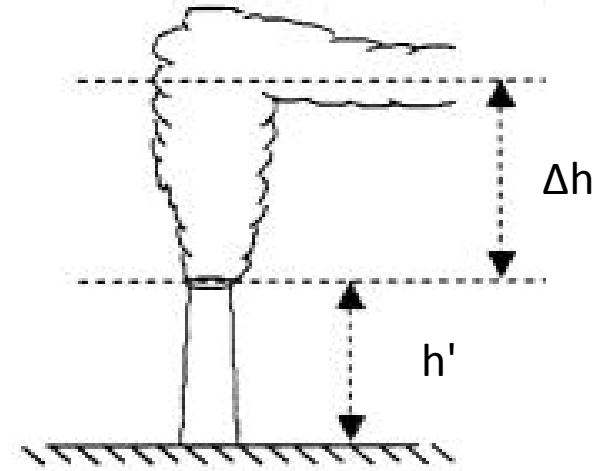
- Το ύψος του θυσάνου σε αυτή την περίπτωση υπολογίζεται από την εξίσωση του Briggs:

$$H = h' + 3d \cdot v_s / u$$

- Σύμφωνα με τον Briggs (1969), η εξίσωσή είναι πιο εφαρμόσιμη όταν $v_s \geq 4u$
- Το διάστημα μέχρι την τελική ανύψωση ισούται με μηδέν, καθώς η ανύψωση λόγω ορμής λαμβάνει χώρα αρκετά κοντά στο σημείο εκπομπής

Ανύψωση του θυσάνου σε ευσταθή ατμόσφαιρα

- $(\Delta T)_c = 0.019582 v_s T s^{1/2}$
- $s = g(\partial\theta / \partial z) / T$ - Παράμετρος ευστάθειας για συνθήκες στασιμότητας



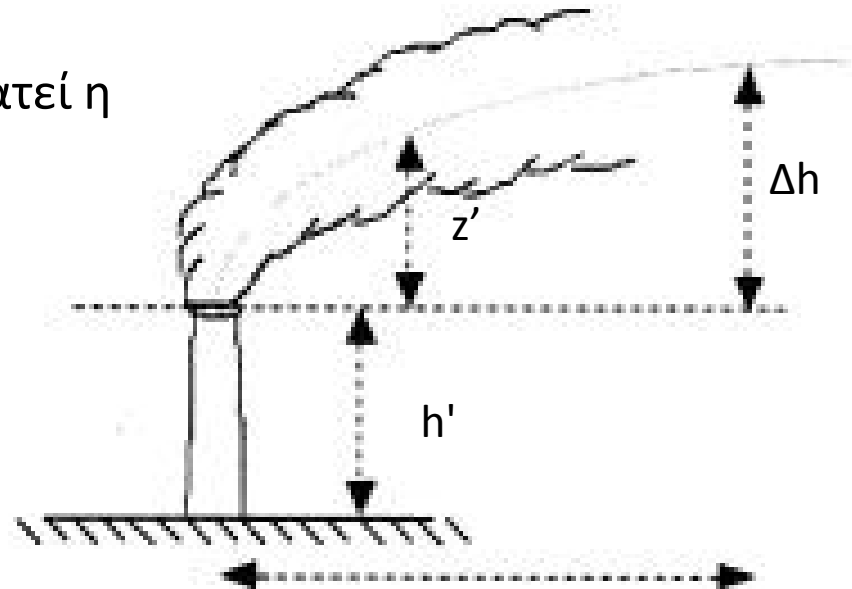
Μέγεθος	$\Delta T \geq \Delta T_c$	$\Delta T < \Delta T_c$
Ανύψωση θυσάνου	$H = h' + 2.6\{F/[u(h) s]\}^{1/3}$ <p>ή</p> $H = h' + 4 F^{1/4} s^{-3/8}$ <p>Επιλέγουμε τη σχέση που δίνει τη μικρότερη τιμή</p>	$H = h' + 1.5\{(v_s^2 d^2 T)/[4 T_s u(h)]\}^{1/3} s^{-1/6}$
Οριζόντια θέση τελικής ανύψωσης	$x_f = 0.0020715 u(h) s^{-1/2}$	0
$\partial\theta/\partial z$	<p>Κλάση E $\Rightarrow (\partial\theta/\partial z) = 0,02 \text{ K/m}$ Κλάση F $\Rightarrow (\partial\theta/\partial z) = 0,035 \text{ K/m}$</p>	<p>Κλάση E $\Rightarrow (\partial\theta/\partial z) = 0,02 \text{ K/m}$ Κλάση F $\Rightarrow (\partial\theta/\partial z) = 0,035 \text{ K/m}$</p>

Βαθμιαία ανύψωση του θυσάνου

- Αν η οριζόντια απόσταση x , για την οποία γίνεται ο υπολογισμός των συγκεντρώσεων είναι μικρότερη από την απόσταση στην οποία πραγματοποιείται η τελική ανύψωση του θυσάνου, τότε το ύψος του κεντρικού άξονα του θυσάνου υπολογίζεται από τη σχέση:

- $H = h' + (160 F^{1/3} x^{2/3})/u(h)$

- Ισχύει μόνο για καταστάσεις που επικρατεί η ανύψωση λόγω άνωσης



Διασπορά θυσάνων σημειακών πηγών εξαιτίας της άνωσης

- Τα θερμικά, μέσα σε ένα θύσανο με ισχυρή ανωστική ροή, συνεισφέρουν τόσο στην κατακόρυφη όσο και στην οριζόντια εξάπλωσή του
- Σύμφωνα με τον Pasquill, η κατακόρυφη διασπορά που οφείλεται στα θερμικά του θυσάνου (σ_{z0}) υπολογίζεται από τη σχέση:
- $\sigma_{z0} = \Delta h / 3.5$
- Η αντίστοιχη σχέση για τη διεύθυνση κάθετα στη διεύθυνση του ανέμου είναι:
- $\sigma_{y0} = \Delta h / 3.5$

Διασπορά θυσάνων σημειακών πηγών εξαιτίας της άνωσης

- Η συνολική (ενεργή) διασπορά σ_{ze} είναι:
- $\sigma_{ze} = (\sigma_{zo}^2 + \sigma_z^2)^{1/2}$
- Όπου σ_z η διασπορά που οφείλεται στην τύρβη του ατμοσφαιρικού αέρα
- Η αντίστοιχη σχέση για τη διεύθυνση κάθετα στη διεύθυνση του ανέμου είναι:
- $\sigma_{ye} = (\sigma_{yo}^2 + \sigma_y^2)^{1/2}$

Εκρέουσα ανύψωση για επιφανειακές πηγές

- Το RAM μπορεί να υπολογίσει το ενεργό ύψος ως συνάρτηση της ταχύτητας του ανέμου για επιφανειακές πηγές
- Το ύψος που εισάγουμε για τις επιφανειακές πηγές, H_A , είναι το μέσο φυσικό ύψος της επιφανειακής πηγής συν την εκρέουσα ανύψωση για ταχύτητα ανέμου 5 m/sec
- Ο χρήστης ορίζει το κλάσμα, f , του δεδομένου ύψους που αντιπροσωπεύει το φυσικό ύψος, h_p
- **$h_p = f H_A$**
- Αυτό το κλάσμα είναι το ίδιο για όλες τις απογεγραμμένες σημειακές πηγές

Εκρέουσα ανύψωση για επιφανειακές πηγές

- Για κάθε ταχύτητα ανέμου, u , η εκρέουσα ανύψωση θεωρείται ότι είναι αντιστρόφως ανάλογη της ταχύτητας του ανέμου
- $\Delta H(u) = 5 (H_A - h_p)/u$
- Το ενεργό ύψος δίνεται από τη σχέση:
- $H_e(u) = h_p - \Delta H(u)$

Υπολογισμός συγκεντρώσεων που οφείλονται σε σημειακές πηγές όταν επικρατούν συνθήκες ευστάθειας ή ακαθόριστης ανάμειξης

Gaussian “Point” Source Plume Model:

Συγκεντρώσεις ρύπων σε συνάρτηση της θέσης κατά τη διεύθυνση του ανέμου (x,y,z)

Ρυθμός εκπομπής μάζας

Ενεργό ύψος καμινάδας

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi u \underbrace{\sigma_y \sigma_z}} \left\{ \exp\left(\frac{-(z-h)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(\frac{-(z+h)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right\} \left\{ \exp\left(\frac{-(y)^2}{2\sigma_y^2}\right) \right\}$$

Ταχύτητα του ανέμου

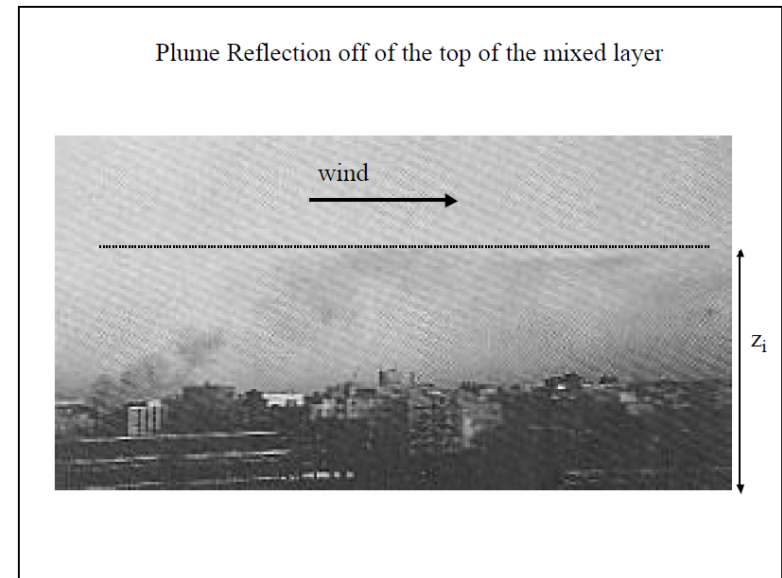
Παράμετροι διασποράς

Κατανομή μάζας κατά την κατακόρυφη διεύθυνση σε δεδομένη απόσταση x (Λαμβάνουμε υπόψη και την ανάκλαση των ρύπων στο έδαφος)

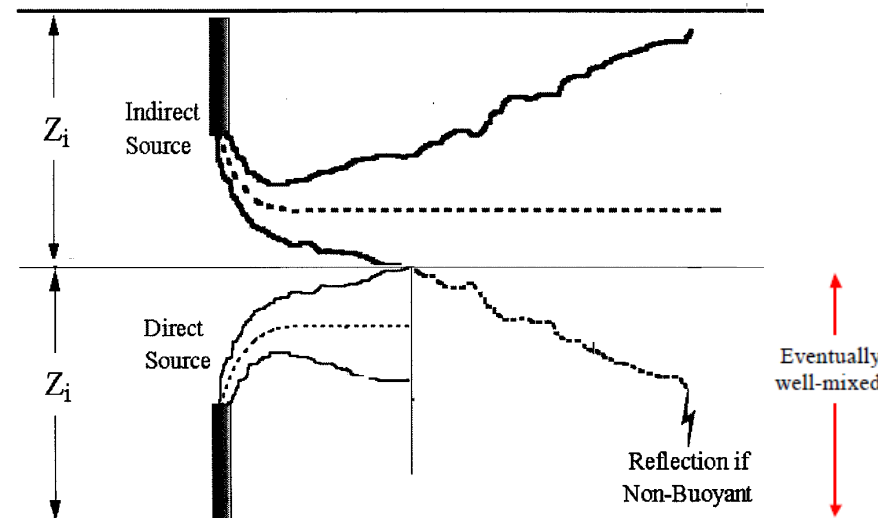
Κατανομή μάζας στην οριζόντια διεύθυνση, κάθετα στη διεύθυνση του ανέμου

Παρουσία υπερυψωμένης αναστροφής και έντονη ανάμειξη των ρύπων κάτω από αυτή

$$C(x, y, z) = \frac{Q e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}}}{\sqrt{2\pi} u L \sigma_y}$$



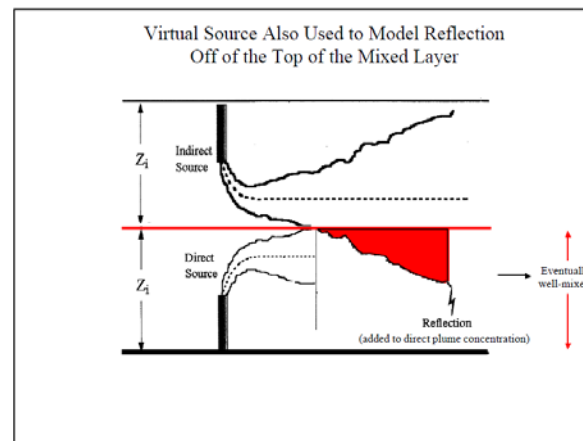
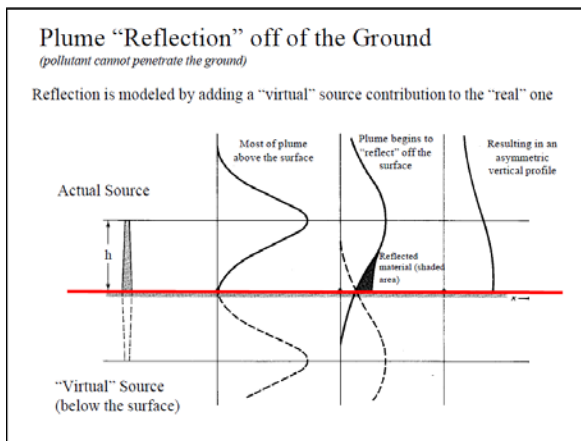
- L : Ύψος ανάμειξης



Υπολογισμός συγκεντρώσεων που οφείλονται σε σημειακές πηγές όταν επικρατούν συνθήκες αστάθειας ή ουδέτερης στρωμάτωσης

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

- $-4 \leq N \leq 4$
- Στην εξίσωση αυτή λαμβάνονται υπόψη οι ανακλάσεις των στροβίλων τόσο στο έδαφος όσο και στη βάση της αναστροφής



Υπολογισμός συγκεντρώσεων από εμβαδικές πηγές

- Απλοποίηση του στενού θυσάνου
- Το δισδιάστατο ολοκλήρωμα με βάση το οποίο θα υπολογίζαμε τη συνεισφορά των εμβαδικών πηγών αντικαταστήθηκε από μονοδιάστατο ολοκλήρωμα
- Χρειάζεται να γνωρίζουμε μόνο
 - ✓ Κατανομή των ρυθμών εκπομπής των εμβαδικών πηγών κατά μήκος της ευθείας, στη διεύθυνση από την οποία έρχεται ο άνεμος, που φτάνει μέχρι την πηγή
 - ✓ Τις μετεωρολογικές παραμέτρους που απαιτούνται για τον καθορισμό της συνάρτησης από την οποία προκύπτει η κατανομή των ρύπων στο θύσανο

Άλλα μοντέλα διασποράς

Table 7.5 Preferred USEPA Air Quality Dispersion Models

Type/Terrain	Mode (Urban/Rural)	Model
Screening		
Simple	Both	SCREEN 3
Simple	Both	ISC 3
Simple	Both	TSCREEN
Simple	Urban	RAM
Complex	Rural	COMPLEX I
Complex	Urban	SHORTZ
Complex	Rural	RTDM 3.2
Complex	Rural	Valley
Complex	Both	CTScreen
Line	Both	BLP
Refined		
Simple	Urban	RAM
Simple	Both	ISC 3
Simple	Urban	CDM 2.0
Complex	Both	CTDMPLUS
Line	Both	BLP
Line	Both	CALINE-3
Ozone	Urban	UAM-V
Coastal	Both	OCD

Χρήσιμες διευθύνσεις στο διαδίκτυο

- Πληροφορίες και λογισμικό που αφορά ένα μεγάλο πλήθος μοντέλων ποιότητας του αέρα, παρέχεται από την Αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (EPA).
- Μοντέλα που χρησιμοποιούνται για να δώσουν μια πρώτη εκτίμηση των συγκεντρώσεων σε μία περιοχή (screening models) μπορούμε να βρούμε στη διεύθυνση http://www.epa.gov/scram001/dispersion_screening.htm
- Μοντέλα μεγαλύτερης ακρίβειας (refined models) που προτείνονται από την EPA μπορούν να βρεθούν στη διεύθυνση http://www.epa.gov/scram001/dispersion_prefrec.htm
- Μοντέλα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικά βρίσκονται στη διεύθυνση http://www.epa.gov/scram001/dispersion_alt.htm

ΠΗΓΕΣ

- **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΕΙΑ**

- Joseph A. Catalano, USER' S GUIDE FOR RAM – SECOND EDITION, 1987
- Χ. Μελέτη, σημειώσεις του μαθήματος «ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΔΙΑΧΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΣΠΟΡΑ»
- B. Henderson-Sellers, AN ANALYTICAL REPRESENTATION FOR THE PASQUILL-GIFFORD – TERNER σ_z CURVES FOR ELEVATED SOURCES, 1989

- **ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ ΕΥΡΕΣΗΣ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ**

- <http://www.ees.ufl.edu>
- http://www.lete.poli.usp.br/Guenther/aula_4/Plumes.pdf
- <https://www.meted.ucar.edu>
- <http://www.floopsolutions.com/>
- <http://simonaangelucci.fastpage.name/gaussiancopula/>
- <http://www.colorado.edu/geography/>
- <http://ready.arl.noaa.gov/READYtransp.php>
- http://photography.nationalgeographic.com/photography/enlarge/hurricane-winds_pod_image.html

ΠΗΓΕΣ

• ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ ΕΥΡΕΣΗΣ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

- <http://jeffweintraub.blogspot.com/2010/04/environmental-policies-that-work.html>
- <http://www.addlink.es/productos.asp?pid=795>
- <http://oneair.webs.com/effectsofairpollution.htm>
- <http://www.weblakes.com/Newsletter/2009/Nov2009.html>
- http://en.citizendium.org/wiki/Air_pollution_dispersion_terminology
- <http://www.esletc.com/greening-an-english-program-overview/greening-an-english-program-activities/>
- <http://www.eol.ucar.edu/isf/facilities/class/class.html>
- <http://www.sodahead.com/>
- <http://apollo.lsc.vsc.edu/>
- <http://www.weatherlook.net/tx.shtml>
- <http://www.newstime.gr/?i=nt.el.article&id=14602>
- <http://www.wasp.dk/Products/Wat/WAtHelp/IECrules.htm>
- <http://frogandprincess.wordpress.com/2009/04/16/a-to-z-on-going-green>
- <http://www.dcw.org.au/SiteSelection.html>
- <http://nptel.iitm.ac.in/courses/>
- <http://beauforttribune.com/>
- <http://www.tornadochaser.net/windshear.html>
- <http://www.clipartof.com/>
- <http://www.mfe.govt.nz/>