

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

8^η ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

*Επίδραση αιολικού δυναμικού
στην ατμοσφαιρική ρύπανση
Μοντέλο ατμοσφαιρικής ρύπανσης ATDL*

Σκοπός της άσκησης

Η παρούσα εργαστηριακή εφαρμογή αποσκοπεί στα ακόλουθα:

- i. Γνωριμία και αξιολόγηση των διαθέσιμων τεχνικών μέτρησης της ταχύτητας του ανέμου σε ανοικτό χώρο.
- ii. Επεξεργασία μετρήσεων αιολικού δυναμικού (κυρίως σε περιπτώσεις χαμηλού ή μέτριου αιολικού δυναμικού) και προσδιορισμός ποσοτικών χαρακτηριστικών μέτρου και διεύθυνσης της ταχύτητας του ανέμου.
- iii. Διερεύνηση της επίδρασης του αιολικού δυναμικού στη διασπορά της ατμοσφαιρικής ρύπανσης με εφαρμογή του μοντέλου ATDL διάχυσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

1^ο Μέρος-Εισαγωγή

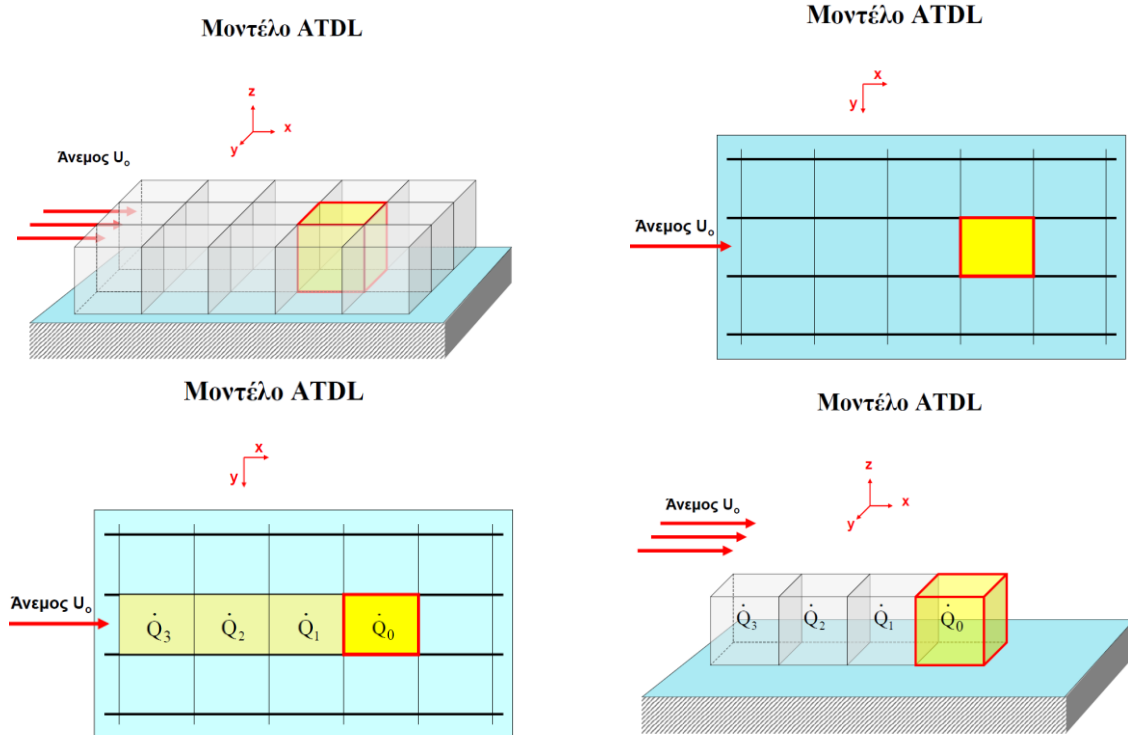
Η υποβάθμιση του περιβάλλοντος λόγω της συνεχούς παραγωγής αέριων ρυπαντών, οι οποίοι προέρχονται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, αποτελεί ένα σοβαρό πρόβλημα των σύγχρονων μεταβιομηχανικών κοινωνιών. Σημαντικό ρόλο στη συγκέντρωση των αέριων ρυπαντών παίζει μεταξύ των άλλων και το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής.

Πιο συγκεκριμένα, σε περιπτώσεις ισχυρών ανέμων η παραγόμενη ρύπανση μεταφέρεται κατά κανόνα μακριά, επιβαρύνοντας γειτονικές περιοχές, ενώ στην περιοχή παραγωγής της ρύπανσης παρατηρούνται σχετικά μικρές συγκεντρώσεις αέριων ρυπαντών. Εξαιρέση στον παραπάνω κανόνα αποτελεί το φαινόμενο του "καπνισμού μεγάλης ταχύτητας ανέμου", κατά το οποίο μεγάλες ποσότητες ρύπανσης εγκλωβίζονται –κάτω από κατάλληλες μετεωρολογικές συνθήκες- κοντά στο έδαφος προκαλώντας σημαντικά "επεισόδια νέφους". Στο σημείο αυτό θα πρέπει να προστεθεί η καθοριστική συχνά επίδραση και της διεύθυνσης του ανέμου, η οποία σε συνδυασμό με το κατάλληλο τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής μπορεί να προκαλέσει ή να αποτρέψει υψηλές συγκεντρώσεις αέριων ρυπαντών.

Τέλος, δεν πρέπει να αγνοηθεί και η συμβολή της ταχύτητας του ανέμου στην ανάμειξη των αέριων ρυπαντών, συντελώντας είτε στην ομογενοποίηση των αέριων μαζών ή στην επιτάχυνση-επιβράδυνση ορισμένων χημικών αντιδράσεων.

Για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης των ρύπων σε διάφορες αστικές περιοχές έχουν προταθεί πολλά και διαφορετικά μεταξύ τους μοντέλα ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Ένα από αυτά είναι και το μοντέλο ATDL που αναπτύχθηκε από τους Gifford και Hanna [2-6] στο εργαστήριο Atmospheric Turbulence and Diffusion Lab (ATDL) στο Oak Ridge U.S.A. Στη συνέχεια, παρατίθεται μια πολύ σύντομη και απλοποιημένη εκδοχή του μοντέλου ATDL διάχυσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από επιφανειακές πηγές, δηλαδή σημειακές πηγές που

δεν καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση στο επίπεδο (x,y) και που δεν εμφανίζουν σημαντικό ύψος από το έδαφος (σημειακές επιφανειακές πηγές).



Σχήμα 1. Γραφική απεικόνιση απλοποιημένου μοντέλου ατμοσφαιρικής ρύπανσης ATDL

Αν με C συμβολίζεται η συγκέντρωση ενός ρύπου σε ένα κουτί διαστάσεων x,y,z (Σχήμα 1), μέσα στο οποίο υπάρχει παραγωγή ρύπανσης με ρυθμό Q_0 , τότε σύμφωνα με το απλοποιημένο μοντέλο ATDL ισχύει:

$$C = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot \left(\frac{\Delta x}{2}\right)^{(1-b)} \cdot \left[\frac{Q_0 + \sum_{i=1}^n (\Pi_i \cdot Q_i)}{U_0 \cdot a \cdot (1-b)} \right] \quad \text{σε } \mu\text{g}/\text{m}^3 \quad (1)$$

όπου:

- C : η συγκέντρωση του ρύπου σε ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)
- Δx : Το μήκος της εξεταζόμενης περιοχής κατά τη διεύθυνση του ανέμου σε (m)
- Q_0 : Ο ρυθμός παραγωγής ρύπανσης (ίδιου ρύπου) εντός της εξεταζόμενης περιοχής σε ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
- U_0 : Η ταχύτητα του αέρα κατά μήκος του άξονα xx' της περιοχής σε ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
- a,b : Συντελεστές ατμοσφαιρικής κατάστασης (Πίνακας 1)
- Q_i : Ρυθμός παραγωγής του ρύπου στο «γειτονικό κουτί» (i) σε ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
- Π_i : Αδιάστατος παράγοντας που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\Pi_i = (2 \cdot i + 1)^{(1-b)} - (2 \cdot i - 1)^{(1-b)} \quad (2)$$

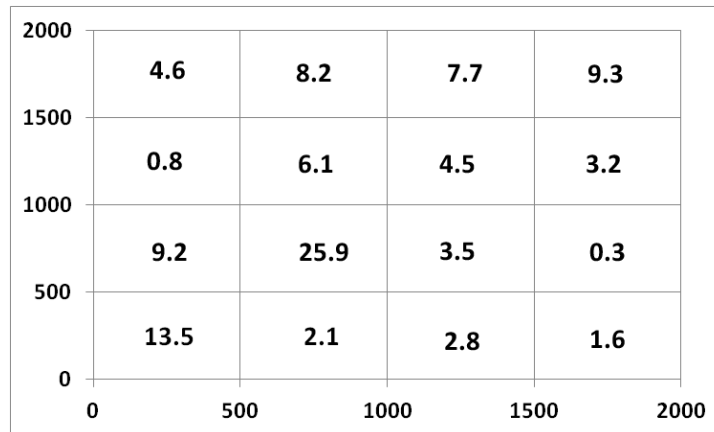
Ταχύτητα αέρα (m/s)	Κατάσταση ατμόσφαιρας	a	b
2	Πολύ ασταθής	0.40	0.91
2~3	Ασταθής	0.33	0.86
3~4	Ουδέτερη	0.22	0.80
2~4	Ευσταθής	0.06	0.71
4	Κατηγορία Pasquill "D"	0.15	0.75

Πίνακας 1. Τιμές συντελεστών a και b με βάση την κατάσταση της ατμόσφαιρας

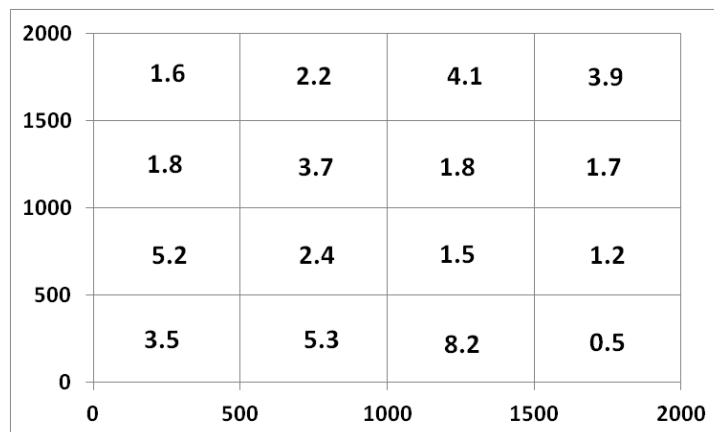
2^ο Μέρος-Δεδομένα

Για την υλοποίηση της εργαστηριακής άσκησης ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

- 1) Γίνεται επίδειξη συσκευών καταγραφής ταχύτητας και διεύθυνσης του αέρα (ανεμόμετρα). Οι σπουδαστές καλούνται να αναγνωρίσουν την αρχή λειτουργίας των διαφορετικών τύπων ανεμόμετρων και να προβούν στην εκτέλεση μέτρησης και καταγραφής της ταχύτητας του ανέμου.
- 2) Δίνεται στους σπουδαστές σε ηλεκτρονική μορφή αρχείο (excel) με ημερήσιες τιμές ταχύτητας και διεύθυνσης ανέμου για ένα έτος. Τα δεδομένα αφορούν το έτος 2001 και έχουν καταγραφεί στο σταθμό παρακολούθησης της ποιότητας του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος «Λυκόβρυση». Τα πρωτογενή αυτά δεδομένα έχουν αντληθεί από Διεύθυνση Ελέγχου Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Θορύβου του Υπουργείου Παραγωγικής Ανασυγκρότησης, Περιβάλλοντος & Ενέργειας (ΥΠΑΠΕ). Ειδικότερα, στο ηλεκτρονικό αρχείο excel δίνονται οι ημερήσιες τιμές της μέσης, της μέγιστης και της ελάχιστης τιμής της ταχύτητας του αέρα καθώς επίσης και η επικρατούσα ημερήσια διεύθυνση του ανέμου.
- 3) Τέλος, δίνονται οι τιμές του ρυθμού εκπομπής (Q_i) για τους ρύπους SO_2 και NO_2 σε $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ που προέρχονται από σημειακές επιφανειακές πηγές στα Σχήματα 2 & 3, και θεωρούμε ότι βρίσκονται στην εξεταζόμενη περιοχή «Λυκόβρυση». Ο οριζόντιος άξονας αντιπροσωπεύει τη διεύθυνση Ανατολή-Δύση και οι αποστάσεις εκφράζονται σε m. Ο κατακόρυφος άξονας αντιπροσωπεύει τη διεύθυνση Νότος-Βορράς και οι αποστάσεις εκφράζονται σε m.



Σχήμα 2. Στοιχεία Παραγωγής Διοξειδίου του Θείου (SO_2) σε $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$



Σχήμα 3. Στοιχεία Παραγωγής Διοξειδίου του Αζώτου (NO_2) σε $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

Σημείωση: Οι τιμές των Σχημάτων 2 και 3 θα χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογή του μοντέλου ατμοσφαιρικής ρύπανσης ATDL

3^ο Μέρος-Ζητούμενα εργαστηριακής άσκησης

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

1. Να γίνει το διάγραμμα των μέσων, των μέγιστων και των ελάχιστων ημερήσιων τιμών ταχύτητας του αέρα για το έτος 2001 στο σταθμό Λυκόβρυση.
2. Να υπολογιστεί για κάθε μήνα του έτους 2001 η μέση, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή του αέρα. Να συμπληρωθεί κατάλληλα ο Πίνακας 2.

	Μέση ταχύτητα (m/s)	Μέγιστη ταχύτητα (m/s)	Ελάχιστη ταχύτητα (m/s)
Ιανουάριος			
Φεβρουάριος			
Μάρτιος			
Απρίλιος			
Μάιος			
Ιούνιος			
Ιούλιος			
Αύγουστος			
Σεπτέμβριος			
Οκτώβριος			
Νοέμβριος			
Δεκέμβριος			

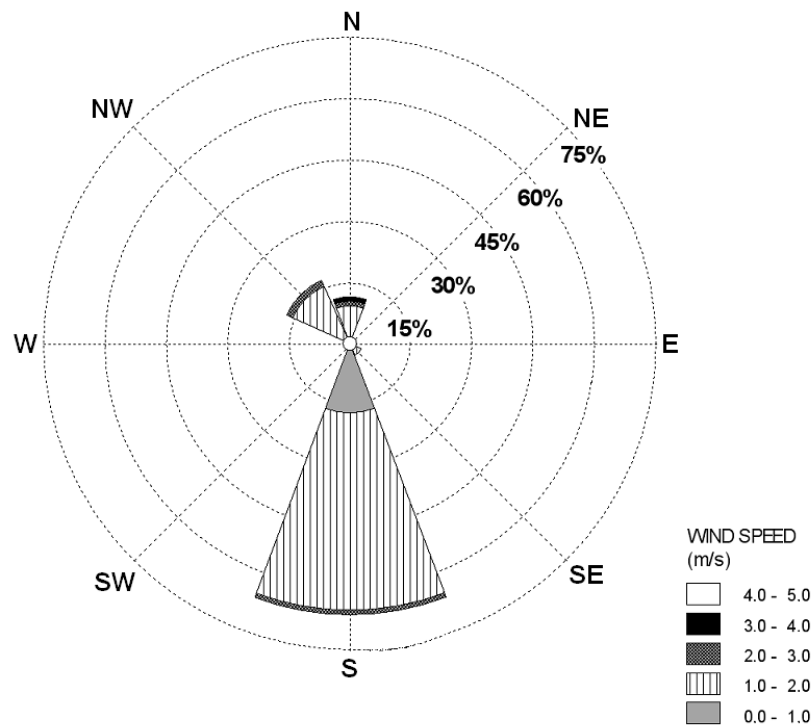
Πίνακας 2. Τιμές της μέσης, μέγιστης και ελάχιστης μηνιαίας ταχύτητας του αέρα στο σταθμό Λυκόβρυση. Έτος 2001

3. Με βάση τις τιμές του Πίνακα 2, να γίνει το διάγραμμα των μέσων, μέγιστων και ελάχιστων μηνιαίων τιμών ταχύτητας του αέρα στο σταθμό Λυκόβρυση για το έτος 2001.
4. Να συμπληρωθεί κατάλληλα ο Πίνακας 3 με τις μέσες τιμές ταχύτητας του αέρα για κάθε διεύθυνση.

Διεύθυνση αέρα (μοίρες)	Διεύθυνση αέρα (χαρακτηρισμός)	Συχνότητα εμφάνισης (%)	Μέση ταχύτητα (m/s)	0÷1	1÷2	2÷3	>3
				m/sec	m/sec	m/sec	m/sec
				Συχνότητα εμφάνισης (%)	Συχνότητα εμφάνισης (%)	Συχνότητα εμφάνισης (%)	Συχνότητα εμφάνισης (%)
0 ή 360	Βόρειος (B)						
45	Βορειοανατολικός (BA)						
90	Ανατολικός (A)						
135	Νοτιοανατολικός (NA)						
180	Νότιος (N)						
225	Νοτιοδυτικός (ND)						
270	Δυτικός (Δ)						
315	Βορειοδυτικός (BD)						

Πίνακας 3. Τιμές της μέσης ταχύτητας του αέρα στο σταθμό Λυκόβρυση, ανά κατεύθυνση ανέμου. Έτος 2001

5. Με βάση τις τιμές του Πίνακα 3, να χαραχθεί υπό κλίμακα το πολικό διάγραμμα, που χαρακτηρίζει τις διευθύνσεις του ανέμου στην υπό μελέτη περιοχή, όπως το υπόδειγμα-Σχήμα 4.



Σχήμα 4. Υπόδειγμα πολικού διαγράμματος ταχυτήτων αέρα

6. Χρησιμοποιώντας το εργαστηριακό πρότυπο ατμοσφαιρικής τύρβης και διάχυσης "ATDL" για αστικές περιοχές, με δεδομένο το πολικό διάγραμμα που υπολογίστηκε στο ερώτημα 5, να προσδιορισθεί η συγκέντρωση των οξειδίων του θείου και του αζώτου στην υπό μελέτη περιοχή, εάν είναι γνωστή η αντίστοιχη επιφανειακή παραγωγή των εν λόγω αέριων ρυπαντών (βλέπε Σχήμα 2 και 3), καθώς επίσης και τα στοιχεία της περιοχής μελέτης με βάση τον Πίνακα 4. Ως ταχύτητα του αέρα να θεωρηθεί η μέση τιμή ταχύτητας του αέρα για το έτος 2001, όπως αυτή έχει υπολογιστεί παραπάνω.

ΕΠΩΝΥΜΟ	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ
A-Z	500m<x<1000m, 500m<y<1000m
H-M	500m<x<1000m, 1000m<y<1500m
N-Σ	1000m<x<1500m, 500m<y<1000m
T-Ω	1000m<x<1500m, 1000m<y<1500m

Πίνακας 4. Στοιχεία περιοχής μελέτης-δεδομένα εφαρμογής

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

Βιβλιογραφία

- [1] Γενική Διεύθυνση Περιβάλλοντος. Διεύθυνση Ελέγχου Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Θορύβου. Τμήμα Ποιότητας της Ατμόσφαιρας. Υπουργείο Παραγωγικής Ανασυγκρότησης, Περιβάλλοντος & Ενέργειας (ΥΠΑΠΕ). Διαθέσιμο στο (2015): <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=495&language=el-GR>
- [2] Gifford, F. A. and Hanna, S. R., 1970: Urban air pollution modelling. Proceedings of the 2nd International Clean Air Congress, Washington, p. 1146.
- [3] Gifford, F. A. and Hanna, S. R., 1973: Modelling urban air pollution. Atmospheric Environment, 7, 131-136.
- [4] Gifford, F. A. and Hanna, S. R., 1975: Modelling urban air pollution. Atmospheric Environment, 9, 267-275.
- [5] Hanna S.R., 1978. Diurnal Variation of the Stability Factor in the Simple ATDL Urban Dispersion Model. Journal of the Air Pollution Control Association, 28, 2, 147-150. DOI: 10.1080/00022470.1978.10470583.
- [6] Miller C.W., 1978. An Application of the ATDL Simple Dispersion Model. Journal of the Air Pollution Control Association, 28, 8, 798-800. DOI: 10.1080/00022470.1978.10470663.

Καλή Επιτυχία