

ΑΣΚΗΣΗ 2

ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ – ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΦΩΤΟΧΗΜΙΚΗΣ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗΣ

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Τα κυριότερα οξειδία του αζώτου στην ατμόσφαιρα είναι: Τα N_2O , NO και NO_2 . Το N_2O οξειδώνεται στη στρατόσφαιρα προς NO , ενώ στην τροπόσφαιρα παραμένει σταθερό και δεν παρουσιάζει ενδιαφέρον στα προβλήματα του κατώτερου ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος.

Το μονοξείδιο του αζώτου (NO) οξειδώνεται γρήγορα από το όζον και βραδύτερα από το οξυγόνο παράγοντας διοξείδιο του αζώτου (NO_2). Από τις φυσικές πηγές εκλύονται περίπου 4×10^{18} τόνοι NO /έτος με μέσο χρόνο παραμονής $t = 5$ ημέρες και η αναλογία μείξης του στον καθαρό αέρα είναι περίπου 0.5-5 ppb. Το παραγόμενο NO_2 από φυσικές πηγές ανέρχεται σε 6.7×10^{18} τόνους/ανά έτος, με μέσο χρόνο παραμονής περίπου 5 ημέρες.

Στη ρυπασμένη ατμόσφαιρα υπολογίζεται ότι παράγονται (από ανθρωπογενείς δραστηριότητες) 6×10^7 τόνοι NO και NO_2 κατά έτος. Τα οξειδία του αζώτου NO και NO_2 συμβολίζονται συνήθως με NO_x . Στη ρυπασμένη ατμόσφαιρα ενώ το NO παράγεται στις υψηλές θερμοκρασίες των μηχανών καύσεως, το NO_2 παράγεται από την οξειδωση του NO κυρίως μέσα από δευτερογενείς φωτοχημικές αντιδράσεις. Το παραγόμενο NO_2 φωτολύεται σε μήκη κύματος $\lambda < 3800 \text{ \AA}$ και παράγει ατομικό οξυγόνο:



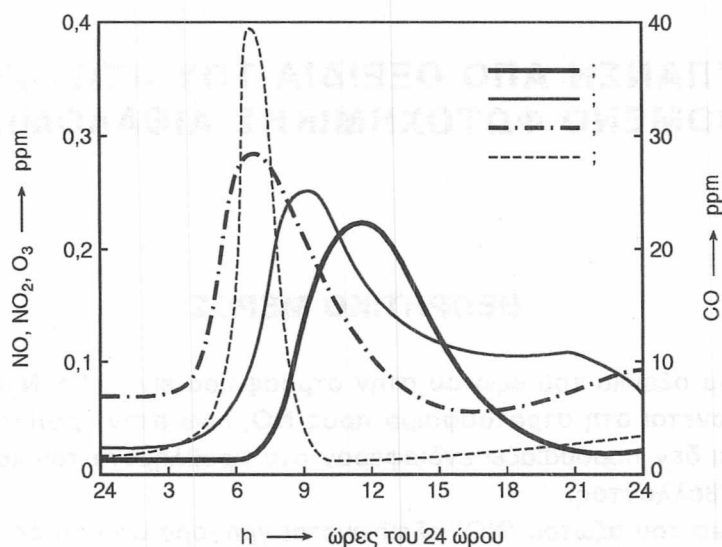
το οποίο στη συνέχεια παράγει όζον



και υπεισέρχεται σε ολόκληρη σειρά δευτερογενών χημικών αντιδράσεων στις οποίες μεγάλη σημασία έχουν οι εκλυόμενοι υδρογονάνθρακες. Αυτές οι διεργασίες δημιουργούν τη φωτοχημική αιθαλομίχλη (photochemical smog) η οποία οφείλεται στην έντονη απορρόφηση του κυανού και κίτρινου μέρους του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας από το NO_2 (δευτερογενής ρυπαντής).

ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Με βάση τα όσα γνωρίζετε για την ημερήσια διακύμανση των πρωτογενών και δευτερογενών ρύπων τοποθετείτε τους απεικονιζόμενους ρύπους στις αντίστοιχες κατανομές του Σχήματος 4.1 και αιτιολογείστε.



Σχ. 4.1. Ημερήσια κατανομή πρωτογενούς και δευτερογενούς ρύπανσης.

2. Χωρίζονται οι φοιτητές σε ομάδες εργασίας. Καταγράφουν τις συγκεντρώσεις των οξειδίων του αζώτου στους εσωτερικούς χώρους του εργαστηρίου και έξω στην ελεύθερη ατμόσφαιρα, αξιολογούν στατιστικά τις κατανομές και σχολιάζουν.
3. Δίνονται χρονοσειρές παρατηρήσεων διαφόρων σταθμών καταγραφής των NO_x από το ΠΕΡΠΑ. Να γίνει στατιστική επεξεργασία των παρατηρήσεων αυτών και να σχολιαστεί η χωροχρονική κατανομή τους στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας (διακυμάνσεις, μέγιστα, ελάχιστα, κατασκευή ιστογραμμάτων κ.λπ.).

Πίνακας 4.1. Συγκεντρώσεις ανά σταθμό του ρύπου NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ ΡΥΠΟΥ NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
	ΜΕΣΗ ΜΕΓΙΣΤΗ	ΜΕΣΗ ΕΛΑΧΙΣΤΗ	ΑΠΟΛΥΤΩΣ ΜΕΓΙΣΤΗ	ΑΠΟΛΥΤΩΣ ΕΛΑΧΙΣΤΗ
ΑΘΗΝΑΣ	83.13	65.54	106.32	39.77
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	87.34	74.80	120.89	36.52
ΓΕΩΠΟΝΙΚΗΣ	55.40	34.89	97.47	18.26
ΛΙΟΣΙΩΝ	32.38	19.94	46.80	10.73
ΛΥΚΟΒΡΥΣΗΣ	39.89	22.73	53.84	12.61
ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΥ	40.74	24.49	58.84	17.09
Ν. ΣΜΥΡΝΗΣ	56.88	38.83	78.31	16.71
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	117.22	84.00	149.12	62.74
ΠΕΙΡΑΙΑ	74.21	59.53	94.90	39.64
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙΟΥ	65.42	33.02	97.35	24.82

Πίνακας 4.2. Συγκεντρώσεις ανά σταθμό του ρύπου NO ($\mu\text{gr}/\text{m}^3$).

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ ΡΥΠΟΥ NO ($\mu\text{gr}/\text{m}^3$)			
	ΜΕΣΗ ΜΕΓΙΣΤΗ	ΜΕΣΗ ΕΛΑΧΙΣΤΗ	ΑΠΟΛΥΤΩΣ ΜΕΓΙΣΤΗ	ΑΠΟΛΥΤΩΣ ΕΛΑΧΙΣΤΗ
ΑΘΗΝΑΣ	136.44	58.25	188.11	31.93
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	116.97	30.46	195.56	13.13
ΓΕΩΠΟΝΙΚΗΣ	71.70	24.55	141.11	7.43
ΛΙΟΣΙΩΝ	33.99	12.92	61.09	4.89
ΛΥΚΟΒΡΥΣΗΣ	40.28	7.56	68.42	5.60
ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΥ	62.18	13.85	184.24	6.30
Ν. ΣΜΥΡΝΗΣ	59.55	12.16	93.96	5.29
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	209.97	77.98	303.82	44.37
ΠΕΙΡΑΙΑ	103.30	36.18	150.67	7.95
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙΟΥ	82.37	17.64	143.79	7.34

Πίνακας 4.3. Συγκεντρώσεις ανά μήνα του ρύπου NO₂ ($\mu\text{gr}/\text{m}^3$) στο σταθμό Πατησίων.

ΕΤΗ	ΜΗΝΕΣ												ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ($\mu\text{gr}/\text{m}^3$)
	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	
1991	101.82	98.38	111.29	105.93	132.73	141.48	115.36	97.68	119.80	104.37	96.06	86.12	109.25
1992	97.81	101.23	147.14	149.12	122.57	140.63	110.11	99.53	103.48	133.36	109.93	90.00	117.07
1993	117.43	89.37	115.87	113.88	121.39	115.62	88.40	89.98	122.85	136.40	64.86	89.52	105.47
1994	85.74	86.57	105.85	119.83	128.47	108.99	104.66	98.10	121.67	95.79	87.83	87.66	102.60
1995	88.36	108.94	92.07	99.53	104.25	124.34	82.97	88.77	103.91	83.57	90.01	75.11	95.16
1996	86.40	80.28	78.20	112.75	113.16	109.87	110.20	95.03	106.88	92.93	101.98	81.56	95.69
1997	86.11	102.08	84.58	96.52	115.57	116.73	98.94	80.25	86.17	98.06	84.33	85.85	94.60
1998	91.68	98.13	88.01	114.12	94.09	111.16	118.82	89.23	96.21	110.76	94.03	77.76	98.67
1999	87.19	98.58	102.83	110.78	106.32	104.85	87.43	81.44	89.35	72.83	62.74	88.69	91.09
2000	89.06	95.60	107.88	108.57	110.74	98.50	98.79	70.65	104.85	95.50	106.22	77.73	97.01
ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ	91.06	95.91	103.37	113.10	114.93	117.22	101.57	89.07	105.52	102.36	89.81	84.00	100.66

Πίνακας 4.4. Συγκεντρώσεις ανά μήνα του ρύπου NO ($\mu\text{gr}/\text{m}^3$) στο σταθμό Πατησίων.

ΕΤΗ	ΜΗΝΕΣ												ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ($\mu\text{gr}/\text{m}^3$)
	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	
1991	279.20	199.98	171.40	146.83	196.94	168.59	116.54	82.55	185.82	210.98	250.61	249.42	188.24
1992	303.82	225.60	157.60	168.55	139.61	152.10	106.99	69.21	123.41	256.28	239.54	191.56	117.86
1993	272.23	170.00	198.81	187.45	242.34	185.04	133.86	144.84	132.71	196.50	110.20	229.96	183.66
1994	211.27	178.19	172.91	163.95	162.07	119.53	93.79	86.10	160.40	155.69	194.19	241.07	161.60
1995	196.12	235.35	148.44	140.70	131.02	132.69	63.69	100.30	145.74	134.73	197.08	168.83	149.56
1996	112.03	143.86	108.42	142.23	147.87	122.72	97.90	71.34	136.50	156.34	214.76	213.26	138.94
1997	207.62	190.88	107.98	124.27	118.70	113.23	88.79	64.23	99.27	138.22	166.47	204.73	135.37
1998	218.48	175.78	109.88	129.43	106.80	94.36	90.88	54.07	104.27	150.06	169.48	148.68	129.35
1999	162.89	153.25	134.31	130.15	110.64	97.02	66.61	62.74	107.74	127.70	129.06	228.79	125.91
2000	136.04	141.81	139.54	116.30	108.29	83.82	88.40	44.37	120.71	115.90	208.80	180.91	123.74
ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ	209.97	181.47	144.93	144.99	146.43	126.91	94.74	77.98	131.66	164.24	188.02	205.72	151.42

4. Δίνεται μια χρονοσειρά κατανομών συγκεντρώσεων οξειδίων του αζώτου (NO_x) και ζητείται να υπολογιστεί η πιθανότητα δημιουργίας φωτοχημικής αιθαλομίχλης υπό διαφορετικό καθεστώς (υψηλών ή μη) συγκεντρώσεων υδρογονανθράκων και παρουσία ή μη ηλιοφάνειας.

Α/Α	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ			ΙΟΥΛΙΟΣ		
	NO_x (ppm)	HC (ppm)	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ	NO_x (ppm)	HC (ppm)	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ
1	0.25	X	•	0.26	*	☉
2	0.28	X	•	0.27	*	☉
3	0.26	X	☉	0.25	*	☉
4	0.30	X	☉	0.13	X	☉
5	0.08	*	☉	0.15	X	☉
6	0.10	*	☉	0.20	X	☉
7	0.29	*	☉	0.30	*	☉
8	0.32	*	☉	0.28	*	☉
9	0.35	*	☉	0.25	*	☉
10	0.02	*	☉	0.21	*	☉
11	0.18	*	☉	0.17	X	☉
12	0.29	X	•	0.31	*	☉
13	0.25	X	•	0.27	*	☉
14	0.27	X	•	0.26	*	☉
15	0.31	X	•	0.18	X	☉
16	0.13	*	☉	0.19	*	☉
17	0.15	*	☉	0.21	*	☉
18	0.26	*	•	0.28	*	☉
19	0.25	*	•	0.29	*	☉
20	0.28	*	•	0.32	*	☉
21	0.27	*	•	0.25	*	☉
22	0.28	*	•	0.22	*	☉
23	0.16	*	☉	0.14	X	☉
24	0.30	*	☉	0.35	*	☉
25	0.29	*	☉	0.27	*	☉
26	0.26	X	•	0.26	*	☉
27	0.25	X	•	0.13	X	☉
28	0.14	*	☉	0.15	X	☉
29	0.29	*	•	0.28	*	☉
30	0.27	*	•	0.25	*	☉
31	0.26	*	•	0.26	*	☉

X: Ελάχιστες συγκεντρώσεις υδρογονανθράκων
 *: Αυξημένες συγκεντρώσεις υδρογονανθράκων

• : Νεφοσκεπείς ουρανός
 ☉ : Ηλιοφάνεια