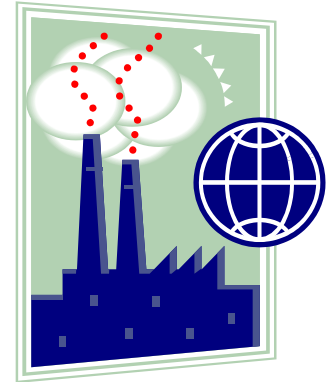


# Μηχανική Περιβάλλοντος

Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης



## Ενότητα 1

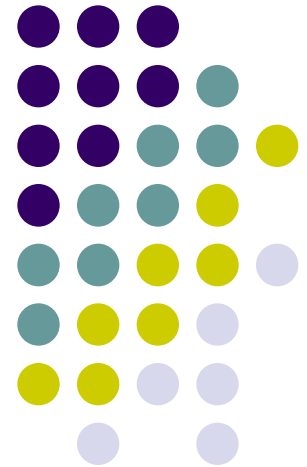
Γνωριμία με το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

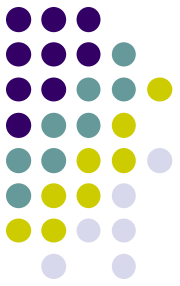
## Ενότητα 2

Η ιστορία της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

## Ενότητα 3

Διαβάθμιση του προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης





Los Angeles, CA, USA



Newark, NJ, USA



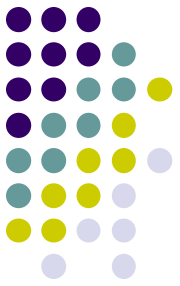


“Φυσική» σκόνη και ελεγχόμενη  
καύση καλλιεργειών



Πεκίνο, Κίνα

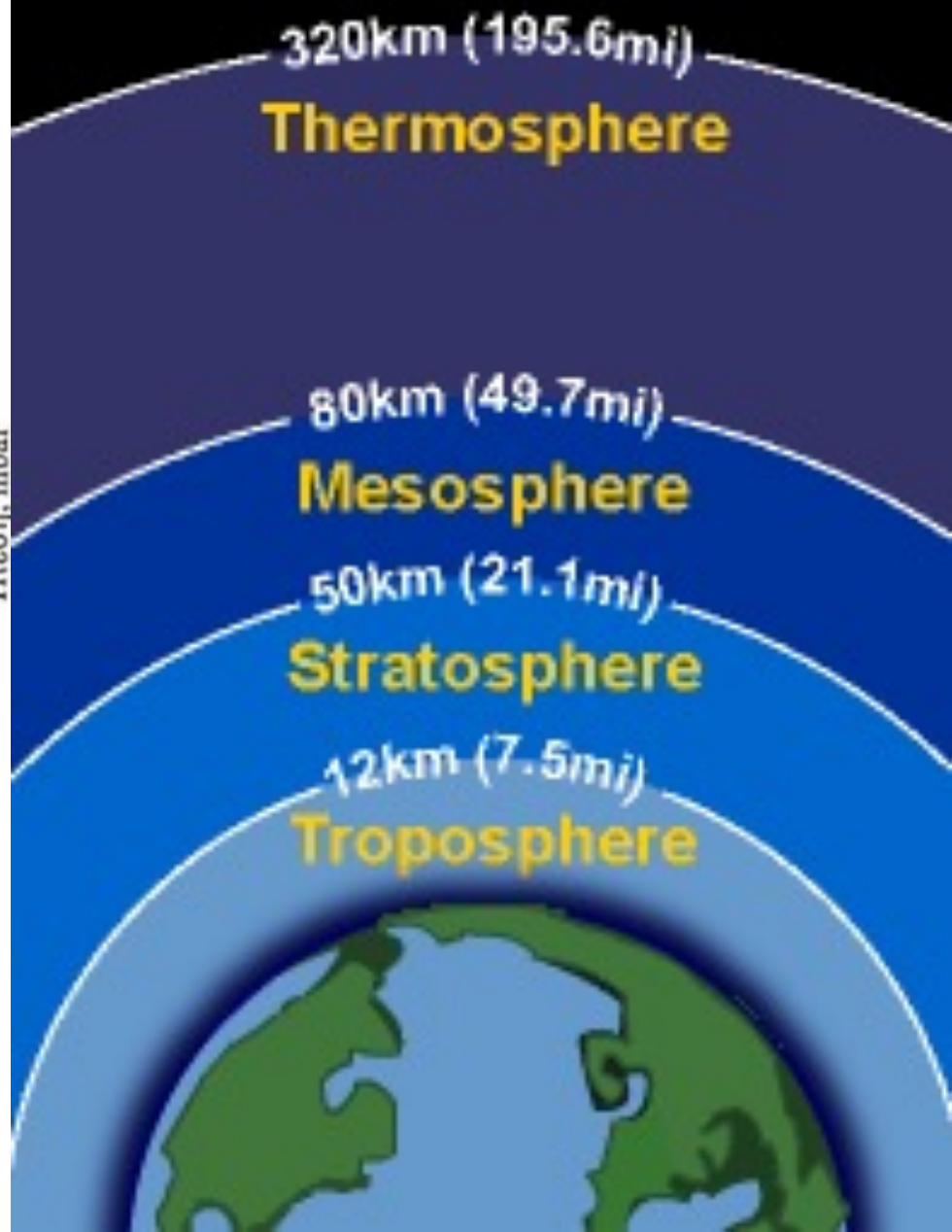
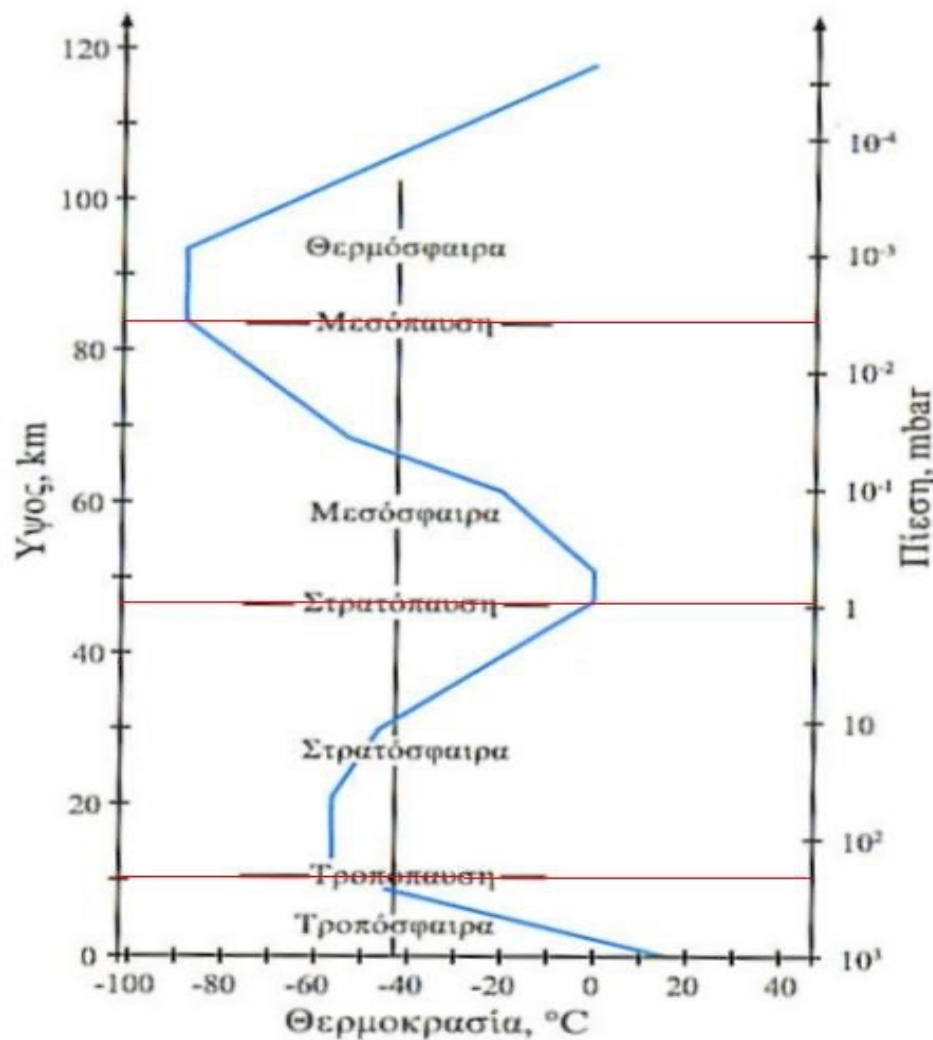
# Ενότητα 1

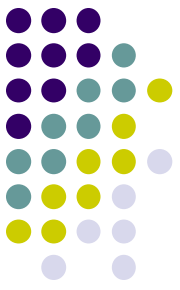


## Γνωριμία με το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Μια 1η προσέγγιση στη διάσταση του θέματος  
Θα αναλυθεί αργότερα διεξοδικά

# Η ατμόσφαιρα

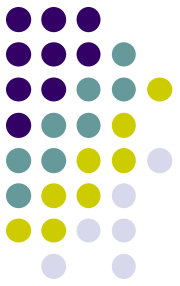




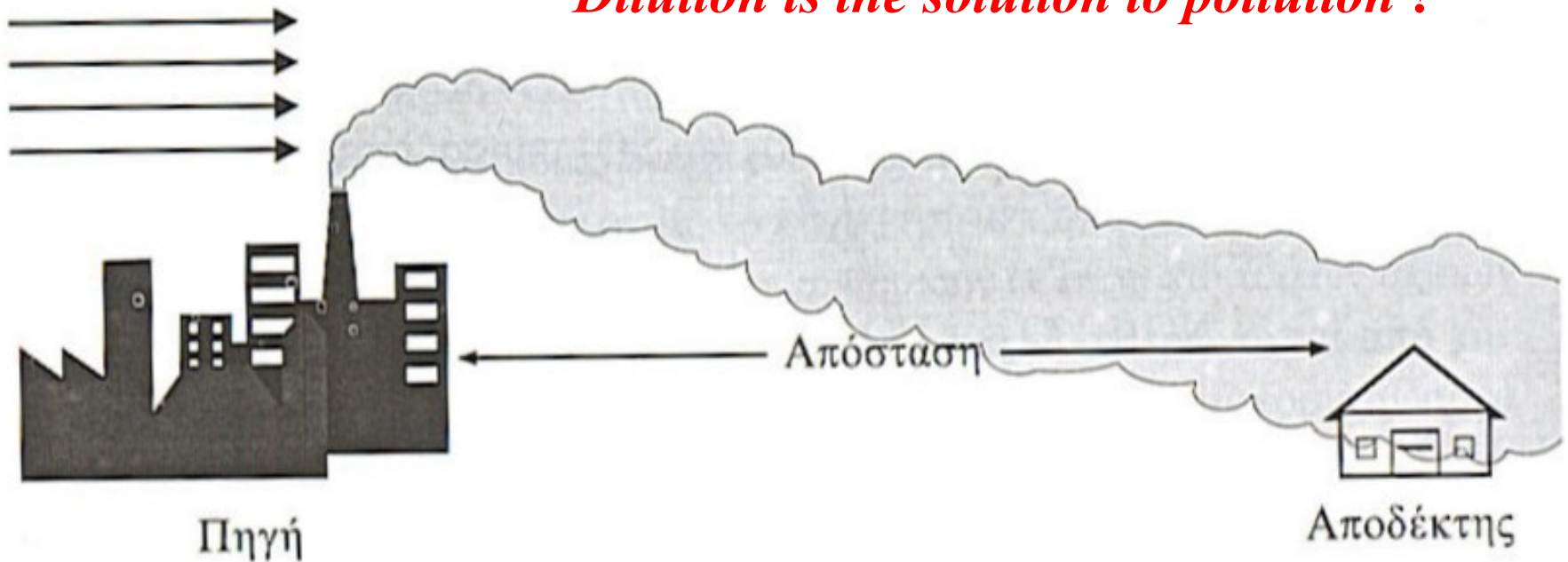
# Έννοιες

- **Πηγές** (sources) ρύπων, φυσικές / ανθρωπογενείς
- **Καταβόθρες** (sinks) ρύπων (έδαφος, βλάστηση, υδάτινες επιφάνειες)
- **Χρόνος ημιζωής** ρύπων ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ , CFCs)
- **Αποδέκτες** ατμοσφαιρικής ρύπανσης
- **Μεταφορά** (μηχανισμός μεταφοράς ρύπανσης από μια πηγή σε έναν αποδέκτη)
- **Διασπορά** (το σύνολο των διαδικασιών που κάνουν την πυκνότητα του νέφους ρύπανσης μικρότερη στον αποδέκτη από ότι ήταν στην πηγή εκπομπής)

# Έννοιες

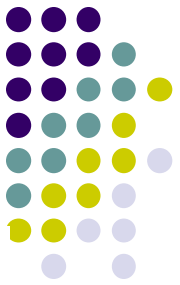


*Dilution is the solution to pollution ?*



Σχήμα. Μεταφορά και διασπορά νέφους ρύπανσης από την πηγή στον αποδέκτη.

# Ο καθαρός αέρας



	Ξηρός αέρας		Υγρός αέρας	
	ppm (vol)	μg/m <sup>3</sup>	ppm (vol)	μg/m <sup>3</sup>
Άζωτο (N <sub>2</sub> )	780,000	$8.95 \times 10^8$	756,500	$8.67 \times 10^8$
Οξυγόνο (O <sub>2</sub> )	209,400	$2.74 \times 10^8$	202,900	$2.65 \times 10^8$
Νερό (H <sub>2</sub> O)	-	-	31,200	$2.30 \times 10^7$
Αργό (Ar)	9,300	$1.52 \times 10^7$	9,000	$1.47 \times 10^7$
CO <sub>2</sub>	315	$5.67 \times 10^5$	305	$5.49 \times 10^5$
Νέο (Ne)	18	$1.49 \times 10^4$	17.4	$1.44 \times 10^4$
Ήλιο (He)	5.2	$8.50 \times 10^2$	5.0	$8.25 \times 10^2$
Μεθάνιο (CH <sub>4</sub> )	1.0-1.2	$6.56-7.87 \times 10^2$	0.97-1.16	$6.35-7.6 \times 10^2$
Κρυπτό (Kr)	1.0	$3.43 \times 10^3$	0.97	$3.32 \times 10^3$
N <sub>2</sub> O	0.5	$9.00 \times 10^2$	0.49	$8.73 \times 10^2$
Υδρογόνο (H <sub>2</sub> )	0.5	4.13	0.49	4.00
Ξένο (Xe)	0.08	$4.29 \times 10^2$	0.08	$4.17 \times 10^2$
Οργανικοί	0.02	-	0.02	-

Πίνακας. Η σύσταση του καθαρού αέρα σε ξηρή και υγρή βάση.  
(Boubel et al. "Fundamentals of air pollution", 1994)



# Μετατροπή ppm (vol) $\leftrightarrow$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$

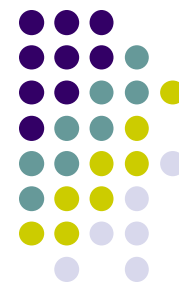


Για αποφυγή σύγχυσης όλες οι συγκεντρώσεις θα εκφράζονται σε:  
 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , στους  $25^{\circ}\text{C}$  και σε πίεση  $760 \text{ mm Hg}$

Αν υποθεθεί ότι ο αέρας συμπεριφέρεται ως ιδανικό αέριο, τότε:

$$1 \text{ ppm (vol) A} = \left| \frac{1 \text{ lit A}}{10^6 \text{ lit αέρα}} \right| = \left| \frac{1/22,4 \times \text{MB}_A \times 10^6 \mu\text{g}}{10^6 \times (298/273) \times 10^{-3} \text{ m}^3} \right| = 40,9 \times \text{MB}_A \mu\text{g}/\text{m}^3$$

# Ορισμοί



- Air pollution is the term used to describe the presence in the atmosphere of one or more air contaminants in quantities and/or characteristics for a duration that will be injurious to, or unreasonably interfere with, public health and welfare or other natural environmental processes (*Air Pollution Engineering Manual, US-EPA, AP-40, Research Triangle Park, N>C, 1973*)
- Ατμοσφαιρική ρύπανση είναι η παρουσία στην εξωτερική ατμόσφαιρα ενός ή περισσότερων ουσιών οι οποίες μπορεί να είναι επιβλαβείς ή επιζήμιες για την ανθρώπινη υγεία ή ευεξία, για την ύπαρξη των ζώων ή/και φυτών, ή των περιουσιών, ή αδικαιολόγητα παρεμβαίνουν στις απολαύσεις της ζωής και της περιουσίας, συμπεριλαμβανομένης και της υπαίθριας αναψυχής. (*Διοικητικός Κώδικας της Φλόριντα, 1982*)

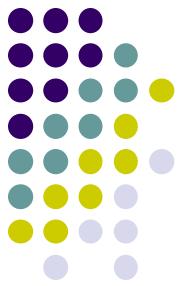
# Ορισμοί



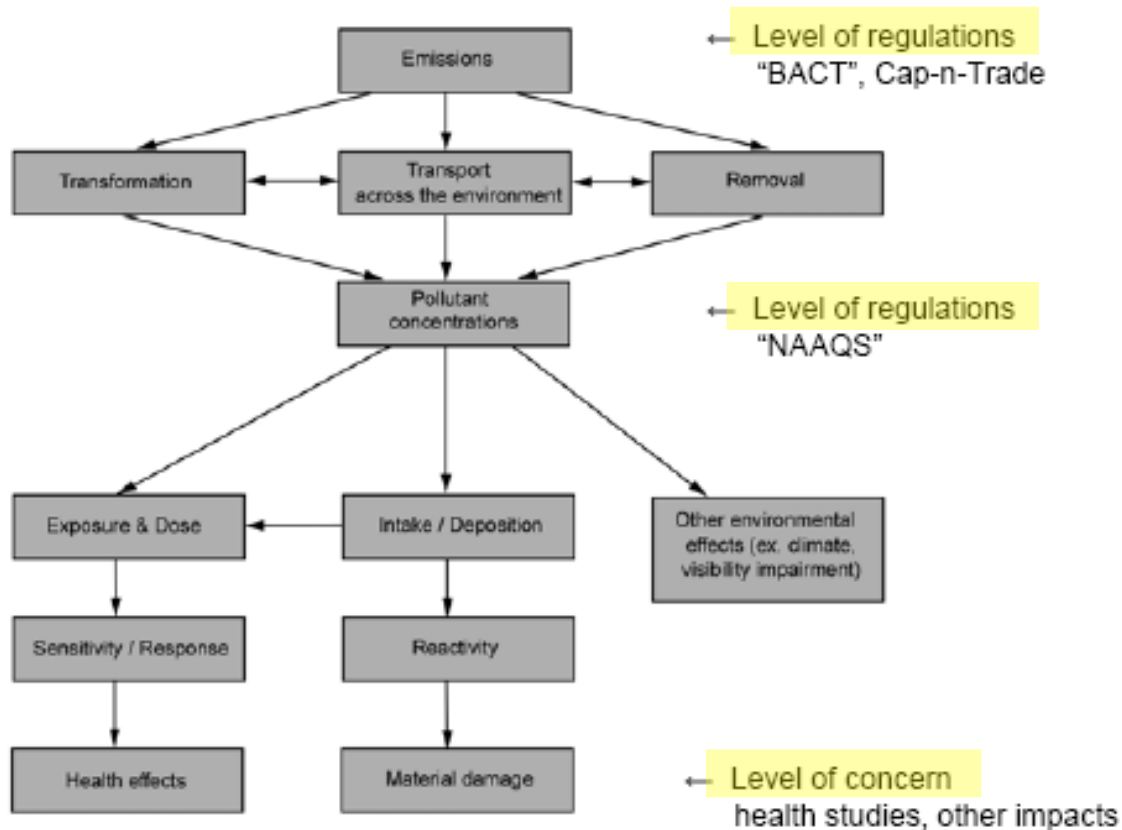
- Ατμοσφαιρική ρύπανση είναι η προσθήκη κάθε υλικού (μοριακής ή σωματιδιακής φύσης) στην ατμόσφαιρα που μας περιβάλλει η οποία θα έχει σαν αποτέλεσμα τη δηλητηρίαση της ζωής (βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα) στον πλανήτη. (*Γεντεκάκης, 2003*)
- Ατμοσφαιρική ρύπανση είναι η παρουσία στο περιβάλλον ρύπων, δηλ. κάθε είδους ουσιών, θορύβου, ακτινοβολίας, ή άλλων μορφών ενέργειας, σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια που μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα ή υλικές ζημιές και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του. (*N. 1650/86*)



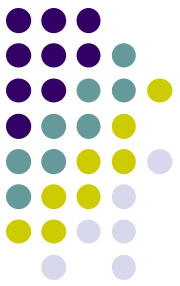
# Εισαγωγή στο πρόβλημα



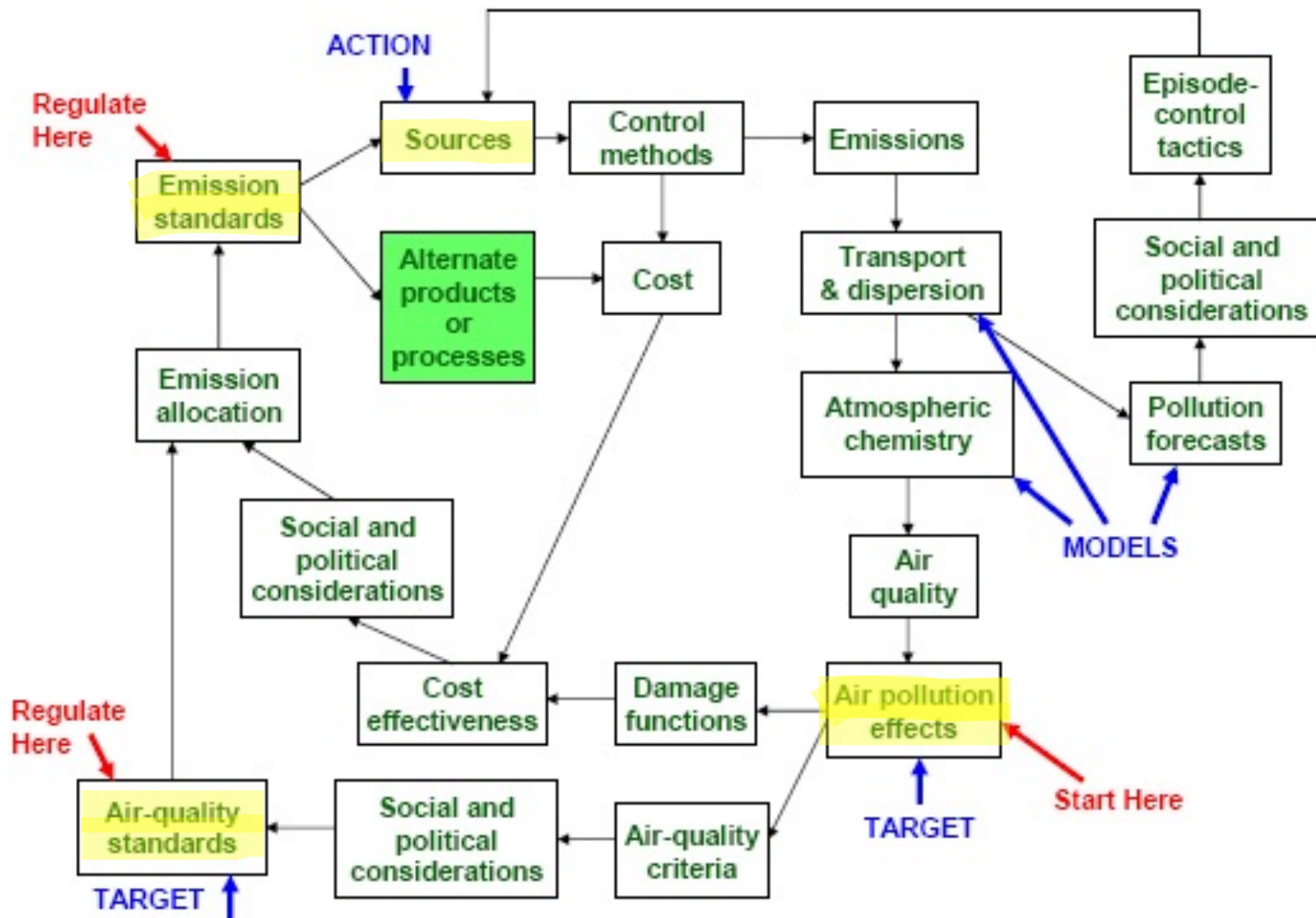
Framework for understanding air pollution problems  
(Nazaroff & Alvarez-Cohen, Figure 7.A.1, page 390, slightly modified)



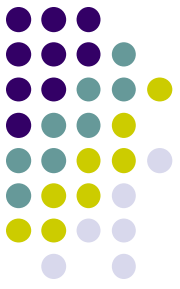
# Εισαγωγή στο πρόβλημα



## Components of an Air-Pollution Management System

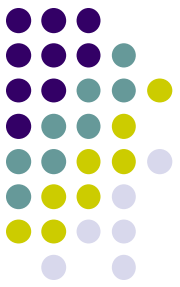


# Εισαγωγή στο πρόβλημα - Πηγές



- Μηχανές εσωτερικής καύσης (60%)
- Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (10-15%)
- Οικιακή θέρμανση (10%)
- Βιομηχανικές καύσεις / εκπομπές (20%)
- Ανεπιθύμητες καύσεις (5%)

# Πολυάριθμες μη ιδιαίτερα σημαντικές πηγές

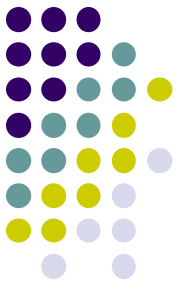


- Σωματίδια ύλης από ελαστικά (κίνηση-πέδηση)
- Οργανικά συστατικά αρωμάτων-καλλυντικών
- Αιωρούμενα σωματίδια (κατασκευή δρόμων, οικοδομών)
- Κάπνισμα (40% των ανθρώπων)-κλειστοί χώροι
- $H_2S$ ,  $H/C_s$  από φυσικές πηγές, από αεροσόλ για ψεκασμούς
- Αποσύνθεση της βλάστησης (δάση, έλη, αυλή)
- $VH/C_s$  από βενζίνη

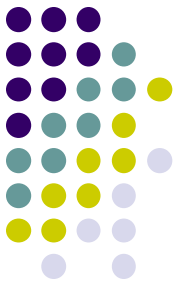
Πολυάριθμες άλλες μικρές πηγές → δυσκολία λεπτομερούς καταχώρησης και εκτίμησης



# Παραδείγματα εκπομπών της χημικής βιομηχανίας (σε ετήσια βάση)



- ◆ **Διυλιστήρια Πετρελαίου:** 3.8 δισεκατομμύρια kg σωματιδιακής ύλης, οξειδίων του θείου, υδρογονανθράκων, και μονοξειδίου του άνθρακα.
- ◆ **Διαδικασίες τήξεως** αλουμινίου, χαλκού, μολύβδου, ψευδαργύρου, κλπ: 3.8 δισεκατομμύρια kg σωματιδιακής ύλης και οξειδίων του θείου.
- ◆ **Χυτήρια σιδήρου:** 3.4 δισεκατομμύρια kg σωματιδιακής ύλης και μονοξειδίου του άνθρακα.
- ◆ Πολτοποίηση και επεξεργασία **χαρτιού:** 3 δισεκατομμύρια kg σωματιδιακής ύλης, μονοξειδίου του άνθρακα και οξειδίων του θείου.
- ◆ **Παραγωγή κωκ** (χρησιμοποιείται στη χαλυβουργία): 2 δισεκατομμύρια kg σωματιδιακής ύλης, οξειδίων του θείου και μονοξειδίου του άνθρακα.
- ◆ **Τσιμεντοβιομηχανίες:** 0.8 δισεκατομμύρια kg σωματιδιακής ύλης.
- ◆ **Μονάδες παρασκευής φωσφορούχων λιπασμάτων:** 284 εκατομμύρια kg σωματιδιακής ύλης και ενώσεων του φθορίου.



# Κατηγορίες ρύπων

## Πρωτογενείς

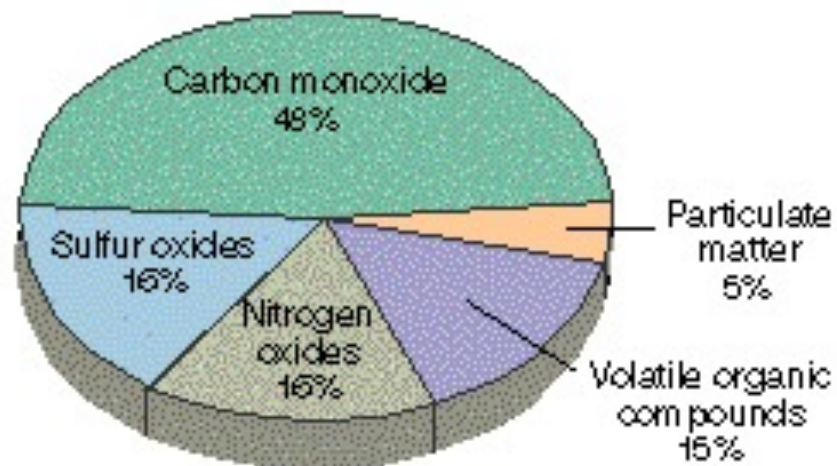
1. CO, CO<sub>2</sub>
2. SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub> και ενώσεις θείου (OCS, CH<sub>3</sub>SCH<sub>3</sub>, κτλ.)
3. N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>: NO, NO<sub>2</sub> και NH<sub>3</sub>
4. CH<sub>4</sub>, H/C, VOCs
5. Σωματιδιακή ύλη

## Δευτερογενείς (π.χ. O<sub>3</sub>)

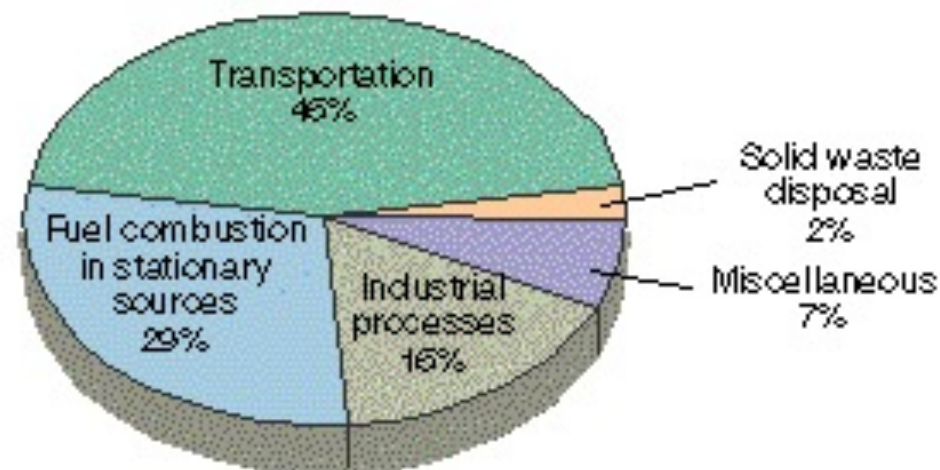


## Κατηγορίες ρύπων – Ρύποι-κριτήρια (ΗΠΑ)

Criteria Pollutant	Primary / Secondary	Source(s)	Effect(s)
CO <i>Carbon Monoxide</i>	P	Incomplete combustion	Impairs oxygen-carrying capacity of blood
NO <sub>2</sub> <i>Nitrogen Dioxide</i>	S	From NO in combustion	Respiratory irritant Visibility impairment Acid deposition
O <sub>3</sub> <i>Ozone</i>	mostly S	From NO and NO <sub>2</sub>	Coughing, Chest pain Lung damage
SO <sub>2</sub> <i>Sulfur Dioxide</i>	P	Sulfur in fuels, esp. coal	Lung irritant Acid deposition
PM <sub>10</sub> and PM <sub>2.5</sub> <i>Particulate Matter</i>	both P and S	Industrial combustion Other industrial activities	Visibility impairment Respiratory impairment
Pb <i>Lead</i>	P	Industrial processes Lead pipes, solder	Blood poisoning Kidney damage Mental retardation



(a) Primary Pollutants



(b) Primary Sources

© 1998 Wadsworth Publishing Company/ITP

# Οι κυριότεροι πρωτογενείς ρύποι και οι πηγές τους



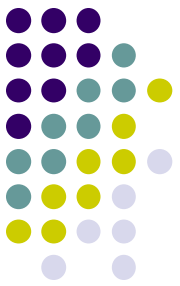
ΠΗΓΗ	ΡΥΠΟΣ (εκατομμύρια τόνοι/έτος)					
	CO	SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub>	NO, NO <sub>2</sub>	H/C	Σωματίδια	Σύνολα
<b>ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ:</b>						
Αυτοκίνητο →	67.3	0.3	7.0	12.7	0.7	88.0
Άλλα	3.9	0.1	1.0	1.1	0.5	6.6
Σύνολο	71.2	0.4	8.0	13.8	1.2	94.6
<b>ΚΑΥΣΕΙΣ:</b>						
Παρ. Ηλεκτρικής Ενέργειας	0.1	14.0	3.5	-	2.3	19.9
Βιομηχανία →	0.3	5.5	3.1	0.1	3.0	12.0
Οικιακή θέρμανση	1.3	1.8	0.5	0.6	0.4	4.6
Άλλα	0.2	0.7	0.4	-	0.3	1.6
Σύνολο	1.9	22.0	7.5	0.7	6.0	38.1
Επεξεργασία Στερεών Αποβλήτων	4.5	0.1	0.7	1.4	1.2	7.9
Διάφορες κατεργασίες	7.8	7.2	0.2	3.5	5.9	24.6
Διάφορα	1.2	0.6	0.2	4.2	0.4	6.6
<b>ΣΥΝΟΛΑ</b>	<b>86.6</b>	<b>30.3</b>	<b>16.6</b>	<b>23.6</b>	<b>14.6</b>	<b>172.8</b>

# Επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

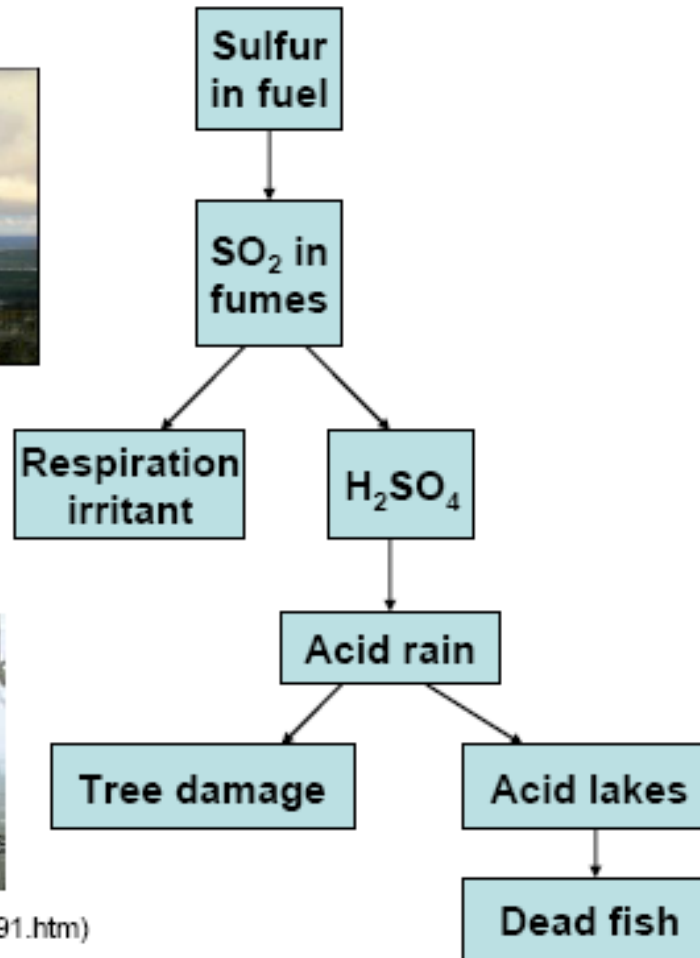


1. Στην ανθρώπινη υγεία
2. Στην πανίδα
3. Στη χλωρίδα
4. Στη μετεωρολογία

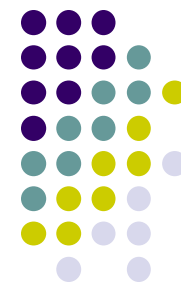
# Από το SO<sub>2</sub>



(<http://www.robl.w1.com/Pix/I-900991.htm>)



# Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία

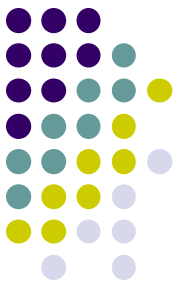


Σοβαρά επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης με SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub> με σημαντικές επιπτώσεις στη δημόσια υγεία.

Χρονολογία	Τοποθεσία	Προκαλούμενοι θάνατοι	Ασθενήσαντες
Δεκέμβρης, 1930	Βέλγιο (Muese Valley)	63	6000
Οκτώβρης, 1948	Donaoga, Pa	20	6000
26-30 Νοεμ., 1948	Λονδίνο	700-800	δεν υπάρχουν στοιχεία
21 Νοεμ., 1950	Μεξικό (Poza Rica)	22	320
5-9 Δεκ., 1952	Λονδίνο	4000	δεν υπάρχουν στοιχεία
Νοέμβρης, 1953	Νέα Υόρκη, πολιτεία	δεν υπάρχουν στοιχεία	δεν υπάρχουν στοιχεία
3-6 Ιαν., 1956	Λονδίνο	1000	δεν υπάρχουν στοιχεία
5-10 Δεκ., 1957	Λονδίνο	700-800	δεν υπάρχουν στοιχεία
26-31 Ιαν., 1959	Λονδίνο	200-250	δεν υπάρχουν στοιχεία
5-10 Δεκ., 1962	Λονδίνο	700	δεν υπάρχουν στοιχεία
7-22 Ιαν., 1963	Λονδίνο	700	δεν υπάρχουν στοιχεία
9 Ιαν.-12 Φεβ., 1963	Νέα Υόρκη, πολιτεία	200-400	δεν υπάρχουν στοιχεία
23-25 Νοεμ., 1966	Νέα Υόρκη, πολιτεία	δεν υπάρχουν στοιχεία	δεν υπάρχουν στοιχεία
24-30 Νοεμ., 1966	Νέα Υόρκη, Πόλη	168	δεν υπάρχουν στοιχεία



# Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία

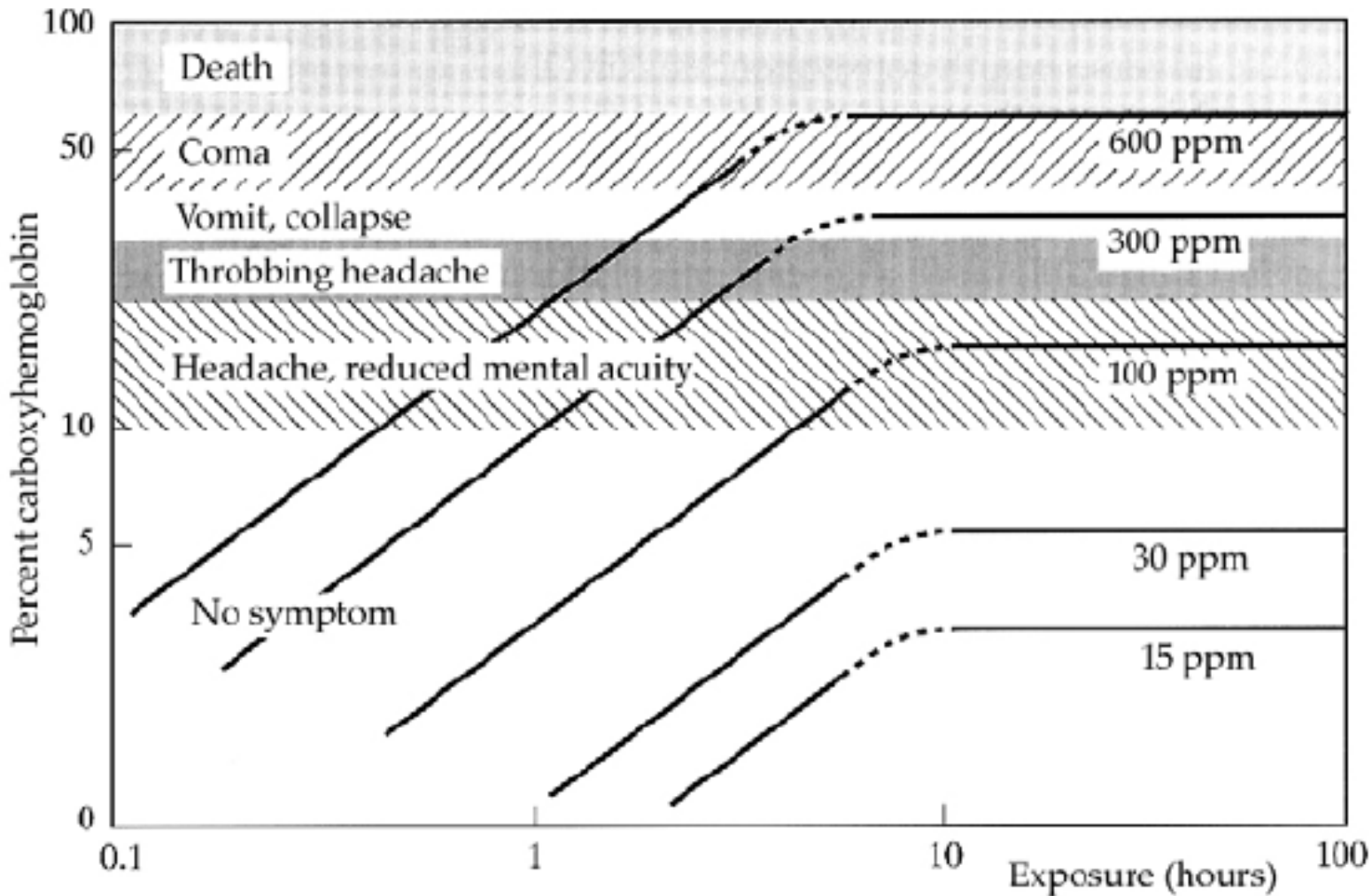
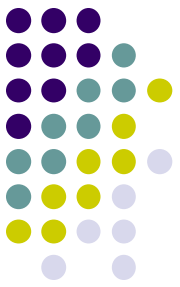


Πίνακας Επιπτώσεις στη Υγεία και Δόση Αντίδρασης για το SO<sub>2</sub> και TSP

Περιοχή	Σωματίδια μg/m <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> , μg/m <sup>3</sup>	Μέση τιμή χρόνου	Επίπτωση μέτρησης
London	2000	1040	24 hr	Θνησιμότητα
	750	710	24 hr	Θνησιμότητα
	500	500	24 hr	Επιδείνωση της βρογχίτιδας
New York City	145	286	24 hr	Αυξημένη επικράτηση των αναπνευστικών συμπτωμάτων
Birmingham, AL	200	26	24 hr	Αυξημένη επικράτηση των αναπνευστικών συμπτωμάτων
London	200	400	1 week	Αυξημένη συχνότητα εμφάνισης αναπνευστικών νοσημάτων
Britain	200	200	6 months	Βρογχίτιδα, ασθένεια, απουσία από την εργασία
Britain	70	90	1 year	Μολύνσεις του κάτω αναπνευστικού

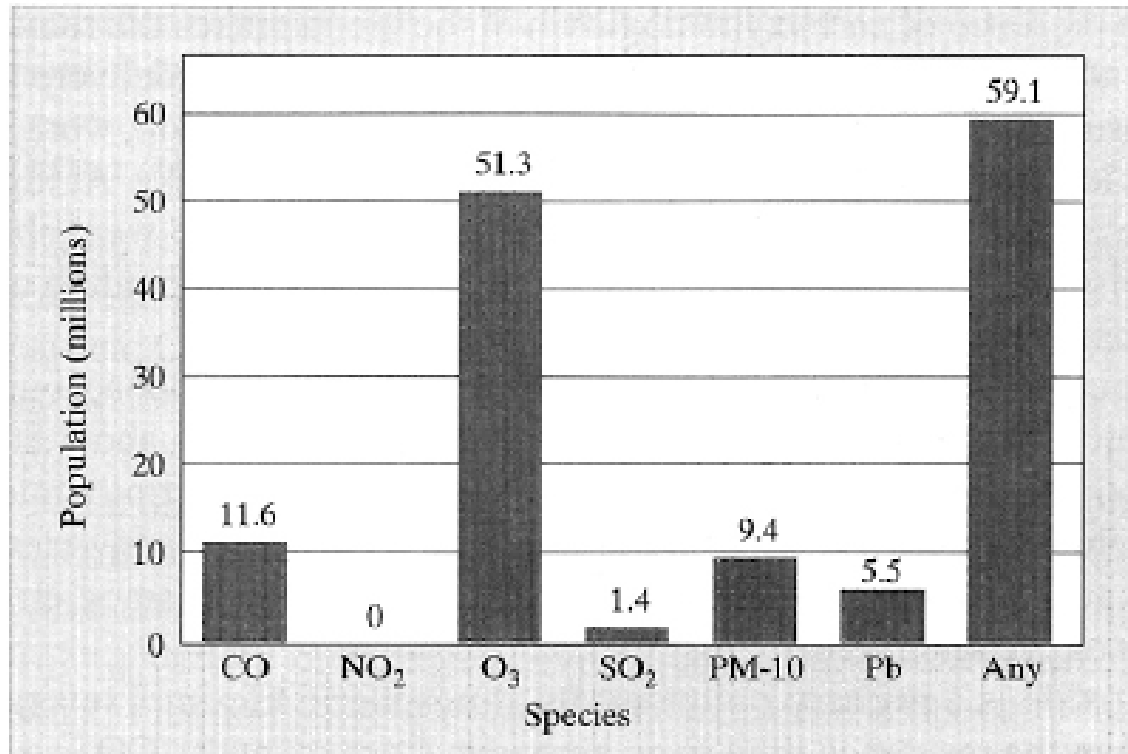
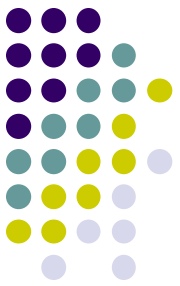
Προσαρμοσμένο από το National Research Council, 1979.

# Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία

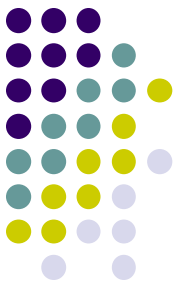


Effects of exposure to carbon monoxide  
(From Seinfeld, 1986; Masters, 1998)

# Υπερβάσεις στις ΗΠΑ



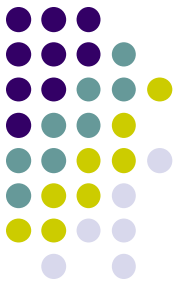
**Figure 7.A.2** United States population living in counties that did not meet the NAAQS for air pollutants (population data from 1990 and air pollution data from 1993) (USEPA, 1994). The ozone standard in effect at the time was 120 ppb for a 1-hour averaging period.



# Επιπτώσεις στην πανίδα

- Επίδραση της αέριας ρύπανσης στην πανίδα παρόμοια / αναλογική με την επίδραση στον άνθρωπο (αξιωματικά)
- Έλλειψη βιβλιογραφικών αναφορών
- Η πλέον επιβλαβής δραστηριότητα είναι η αδιάκριτη και υπέρμετρη χρήση εντομοκτόνων.

# Επιπτώσεις στην γλωρίδα



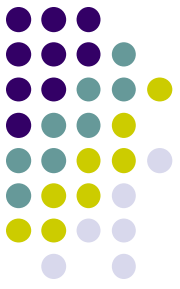
- Άμεσες (σοβαρό επεισόδιο ρύπανσης)
- Έμμεσες (μακροχρόνια έκθεση σε αυξημένα επίπεδα ρύπων)
- Οι γεωργικές απώλειες εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ανέρχονται σε 500.000.000 \$/έτος  
(*US Department of Agriculture, Γεντεκάκης 2003*)

# Κύριες πηγές βλαβερών για τη χλωρίδα ρύπων



Ρύπος	Πηγή				
	Αυτοκίνητο	Βιομηχανία	Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας	Οικιακή Θέρμανση	Διαχείριση Σκουπιδιών
SO <sub>2</sub>	1	9	12	3	1
H/C → O <sub>3</sub> , PAN	12	4	1	1	1
NO <sub>x</sub> → O <sub>3</sub> , PAN	6	2	3	1	1
HF, SiF <sub>4</sub>	-	1	-	-	-
Άλλα	2	8	4	2	2
<b>Σύνολα</b>	21	24	20	7	5
<b>%</b>	28	30	26	9	7

# Επιπτώσεις στην μετεωρολογία

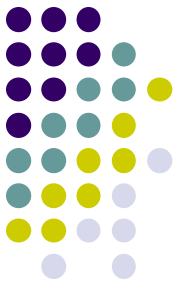


Βροχή, χαλάζι, χιόνι

(αποτέλεσμα υγροποίησης υδρατμών πάνω σε μικροσωματίδια)

- αυξημένες βροχοπτώσεις
- φαινόμενα λειψυδρίας
- πυκνές ομίχλες
- βίαιες καταιγίδες, θύελλες
- αύξηση της μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας (έως 5° C)
- μείωση της ηλιοφάνειας
- φαινόμενο θερμοκηπίου (greenhouse effect)

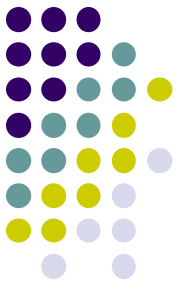
# Εμείς τι κάνουμε ;



- Κινήσεις οργανώσεων (ΜΚΟ, ΟΗΕ)
- Κινήσεις κρατών, θεσπίσεις μέτρων
- Ελεγχόμενες ενέργειες προσαρμοσμένες σε συμφέροντα
- Παγκόσμιες συνδιασκέψεις για το Περιβάλλον, Ρίο, Γιοχάνεσμπουργκ, Κοπεγχάγη, κτλ.  
Ευχολόγια, άρνηση λήψης πρακτικών μέτρων
- Ανάγκη για συνοδοιπορία της βιομηχανίας
- Συνείδηση του καθένα η προστασία του περιβάλλοντος



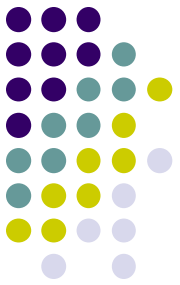
# Πρόβλημα



Υποθέστε ότι ένα μέσο αυτοκίνητο καταναλώνει 10 lit/100 Km, διασχίζει 20.000 Km/έτος και ζυγίζει 1.500 Kg. Επιπλέον υποθέστε ότι η βενζίνη ζυγίζει 0,7 Kg/lit και περιέχει 85 % κβ άνθρακα.

Είναι αληθής η δήλωση ότι κάθε αυτοκίνητο εκπέμπει το βάρος του σε CO<sub>2</sub> κάθε χρόνο ;

# Λύση



$$\frac{20.000 \text{ Km}}{\text{year}} \left| \frac{10 \text{ lit}}{100 \text{ km}} \right| \frac{0.7 \text{ Kg}}{\text{lit}} \left| 85 \% \text{ C} \right| \frac{44}{12} \left| = 4.363 \text{ Kg CO}_2 \right| \text{year}$$

# Ενότητα 2



## Ιστορία της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Ιστορική αναδρομή στο πρόβλημα  
Ορόσημο η βιομηχανική επανάσταση

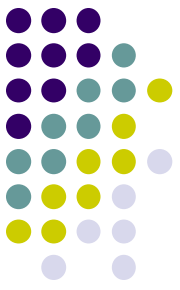
# Πριν τη βιομηχανική επανάσταση



- Καπναέρια στο χώρο διαβίωσης
- Λονδίνο 1661 (Κάρολος Β')
- Μεταλλουργία, κεραμική

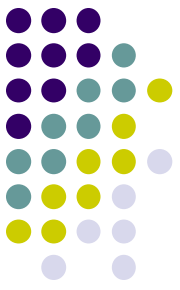


Άποψη καμίνου κυπέλλωσης στο αρχαίο Λαύριο



# Μετά τη βιομηχανική επανάσταση

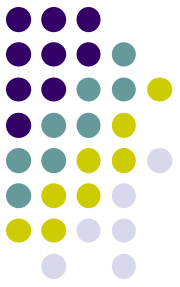
- Καπνός, ιπτάμενη τέφρα από καύση πετρελαίου, κάρβουνου
- 1853, 1856 οι πρώτες νομοθετικές παρεμβάσεις για την καταπολέμηση της ρύπανσης στο Λονδίνο
- 1880 οι πρώτοι εθνικοί νόμοι για τον περιορισμό καπνού και τέφρας στις ΗΠΑ
- Έλεγχος ρύπανσης (κυκλώνες, φίλτρα συλλογής σωματιδιακής ύλης)



# Περίοδος 1900-1925

- Αντικατάσταση της ατμομηχανής από τον ηλεκτρικό κινητήρα
- Μεταφορά εκπομπών καπνού και ιπτάμενης τέφρας στο χώρο του σταθμού παραγωγής ηλεκτρ. ενέργειας
- Αυτοκίνητα (4.100 το 1900, 2.300.000 το 1920)
- Αντικατάσταση του κάρβουνου από το πετρέλαιο (μείωση των εκπομπών ιπτάμενης τέφρας)
- Τεχνολογικές αλλαγές (ανακάλυψη ηλεκτροστατικού φίλτρου, Cottrell, California Univ.)

# Περίοδος 1925-1950

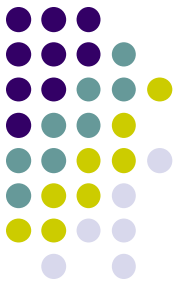


- Πρώτα μεγάλα επεισόδια ρύπανσης
- Εμφάνιση φωτοχημικού νέφους στο Λος Άντζελες
- 1ο εθνικό συνέδριο ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Pasadena, CA, 1949
- Σταδιακή χρήση του φυσικού αερίου
- Αύξηση αριθμού αυτοκινήτων

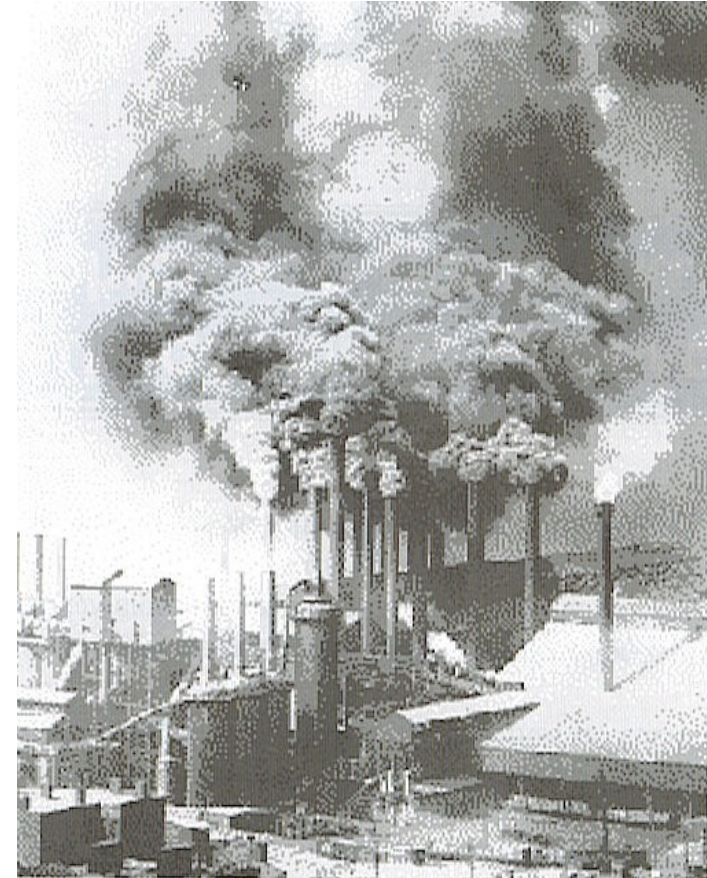


Το φωτοχημικό νέφος της Σιγκαπούρης

# Περίοδος 1950-1980

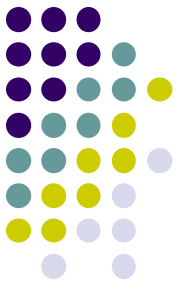


- 4000 θάνατοι στο Λονδίνο (1952)
- Ψήφιση του νόμου “Clean Air Act” (1956)
- Ατμοσφαιρική ρύπανση και νομοθετική ρύθμιση σε πολλές χώρες του κόσμου
- Ίδρυση IUAPPA (International Union of Air Pollution Prevention Associations), 1964
- Ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων για την πρόβλεψη της εξέλιξης της ρύπανσης
- Παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα σε όλο τον κόσμο





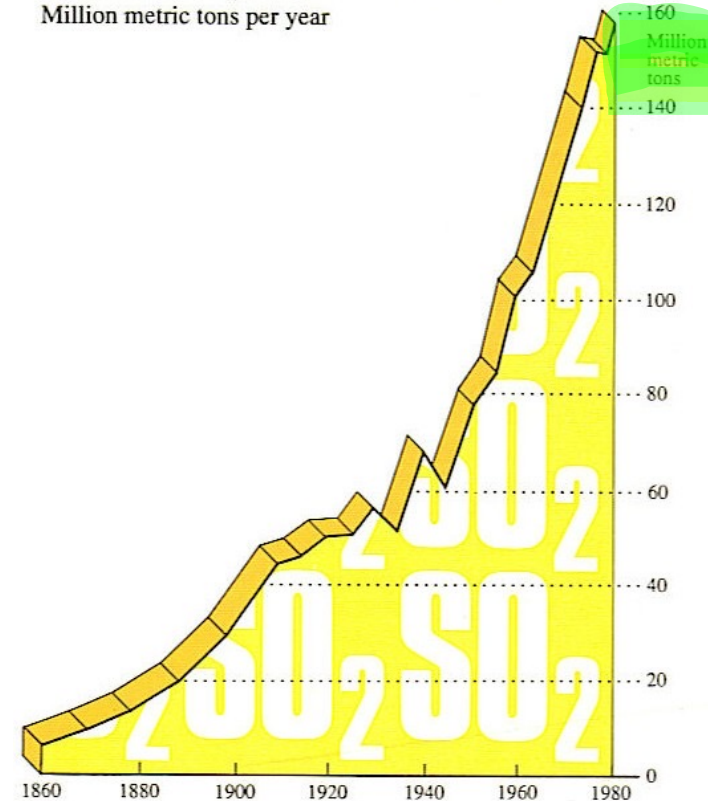
# Δεκαετίες 1980, 1990



- Κατανόηση της ανάγκης για ανάπτυξη περιβαλλοντικής συνείδησης
- Ανάπτυξη περιβαλλοντικών οργανισμών / υπουργείων σε όλο τον κόσμο
- Φιλοσοφία της πρόληψης
- Δημοσιότητα σε μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα
  - Long-range transport
  - Όξινη βροχή

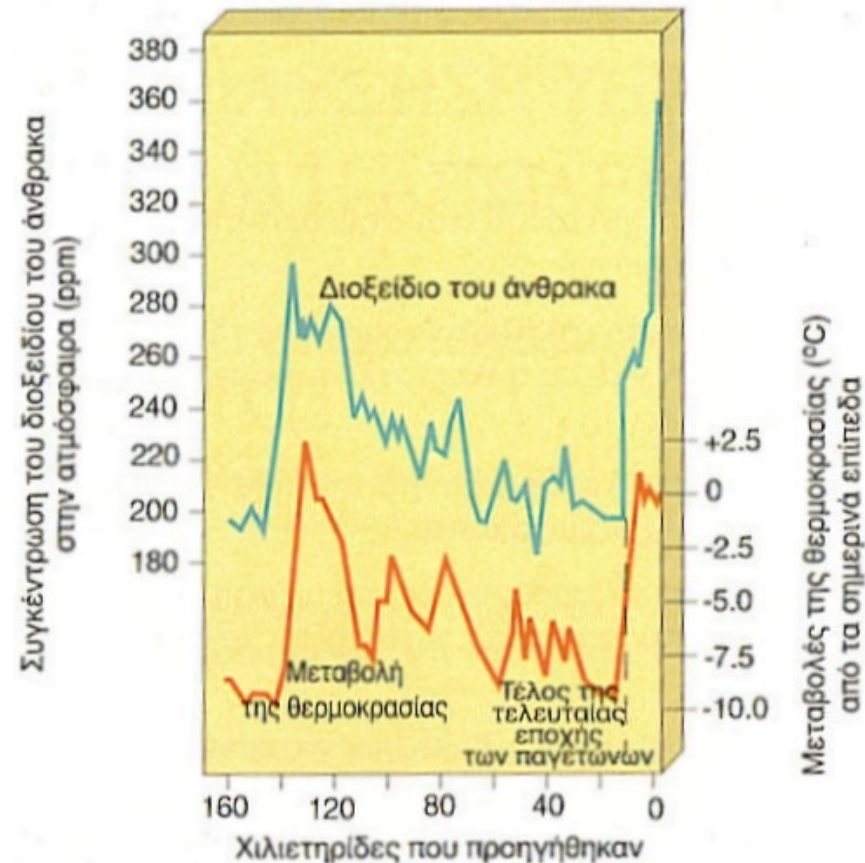
Global sulfur dioxide emissions, 1860 – 1980

Million metric tons per year

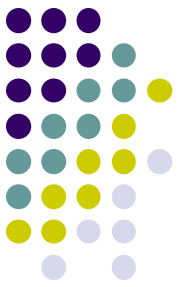


# Δεκαετίες 1980, 1990

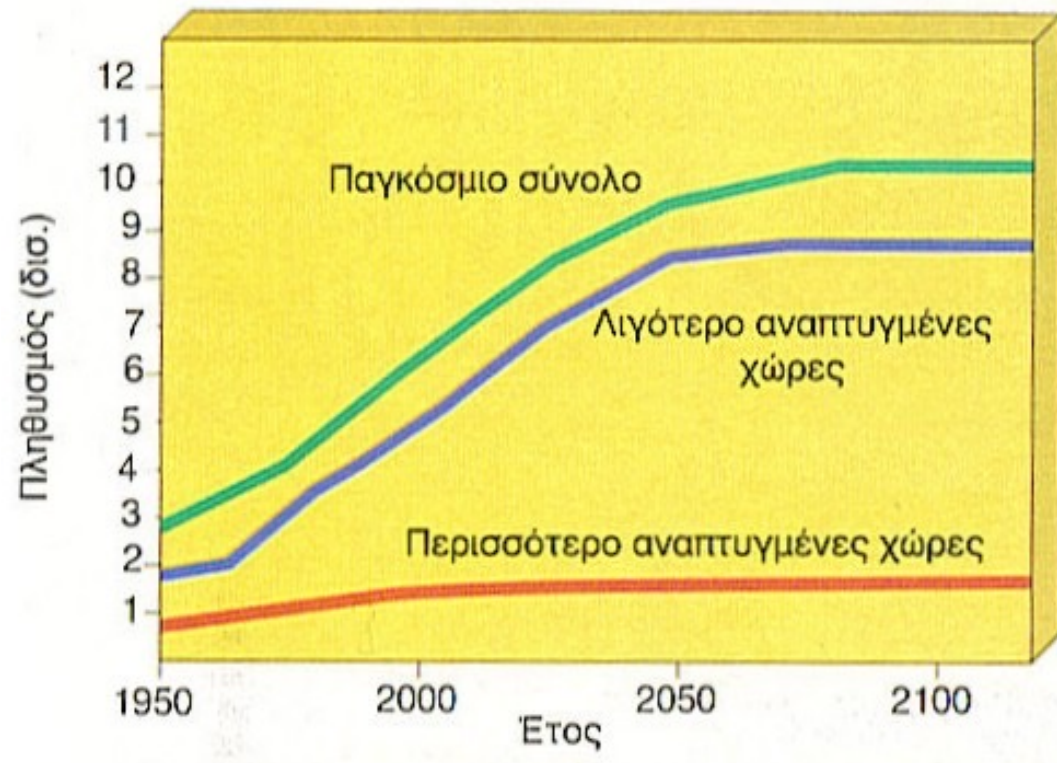
- Δημοσιότητα σε μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα
  - Φαινόμενο θερμοκηπίου
  - Μείωση στρατοσφαιρικού όζοντος
- Πρωτόκολλο Montreal (1987) μείωση παραγωγής των CFCs μέχρι το 2000
- Συνδιάσκεψη των ΗΕ για την ανάπτυξη και το περιβάλλον (Rio de Janeiro, 1992)



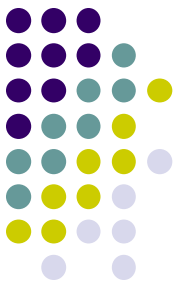
# Το μέλλον



- Όξυνση ατμοσφαιρικής ρύπανσης
  - Αύξηση πληθυσμού
  - Αύξηση συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων
- Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας?
- Επιλογή ορυκτών / πυρηνικών καυσίμων ?

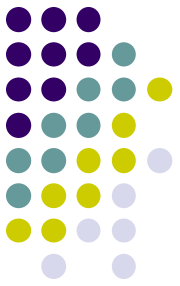


# Ενότητα 3



## Διαβάθμιση της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

System	Length scale	Time scale	Examples
Indoor environment	10 m	1 hour	Radon in basement Tobacco smoke Airplane cabin air
Industrial plumes	1 km	10 minutes	Toxic organics Mercury and other metals
Urban airshed	10 to 100 km	day-night cycle	Ground-level ozone Carbon monoxide Particulate matter
Regional / continental	1000 km	several days to a week	Acid deposition
Planetary atmosphere	20,000 km	decades	Chernobyl-type accidents Stratospheric ozone depletion Climate change



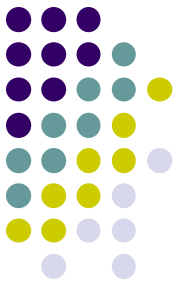
# Ενότητα 3

## Διαβάθμιση της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

### 5 επίπεδα-κλίμακες

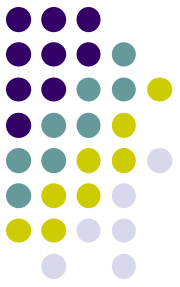
1. τοπική
2. αστική
3. περιφερειακή
4. διηπειρωτική
5. παγκόσμια

# Τοπική κλίμακα



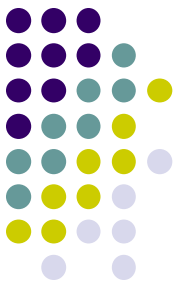
- π.χ. CO που εκπέμπεται από αυτοκίνητα προκαλεί αυξημένες τοπικές συγκεντρώσεις κοντά σε οδικές αρτηρίες
- Τοπικές ιδιαιτερότητες υποβοηθούν θετικά ή αρνητικά (μετεωρολογικές συνθήκες, τοπογραφία, έδαφος κτλ.)

# Αστική κλίμακα (1-50 Km)



- Έκλυση πρωτογενών ρύπων  
(CO, SO<sub>2</sub>, σωματίδια, κτλ.)
- Μετατροπή σε δευτερογενείς ρύπους  
(O<sub>3</sub>, PAN, κτλ.)
- Ιδιαιτερότητες  
(φωτοχημεία, τοπογραφία, αυτοκίνηση κτλ.)

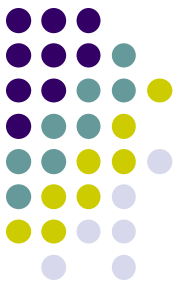
# Περιφερειακή (50-1000 Km) & Διηπειρωτική κλίμακα (100-2000 Km)



- Μεταφορά και διασπορά αστικών ρύπων σε ευρύτερη έκταση
- Χημικώς σταθεροί πρωτογενείς ρύποι οι οποίοι επιβιώνουν μεταφερόμενοι σε μεγάλες αποστάσεις (π.χ.  $\text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$  θειϊκά άλατα υπό μορφή aerosol  $\rightarrow$  πυρήνες συμπύκνωσης  $\rightarrow$  όξινες σταγόνες βροχής)



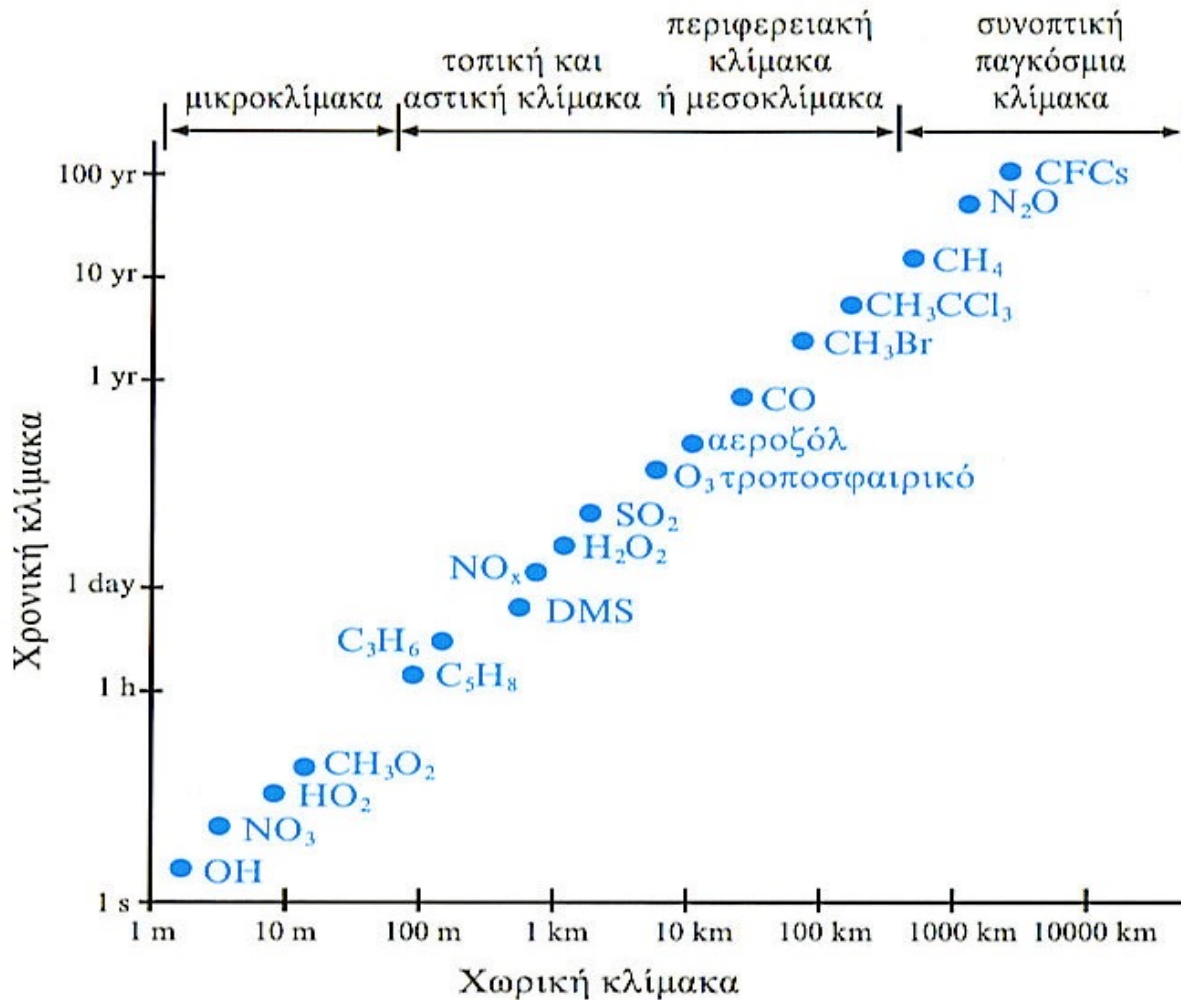
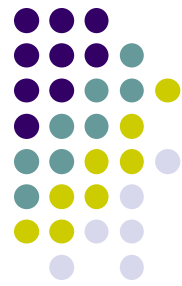
# Διηπειρωτική κλίμακα



Χάρτης της Κ. Ευρώπης που απεικονίζει το πρόβλημα της όξινης βροχής που έχει βασική προέλευση την Γερμανία, Πολωνία, Αγγλία.

■ : έντονης, □ : μεσαίας, □ : και ελαφρότερης διάστασης πρόβλημα.

# Παγκόσμια κλίμακα ( >5000 Km)



Σχήμα 3-2. Χωρική και χρονική κλιμάκωση διαφόρων ατμοσφαιρικών οντοτήτων.