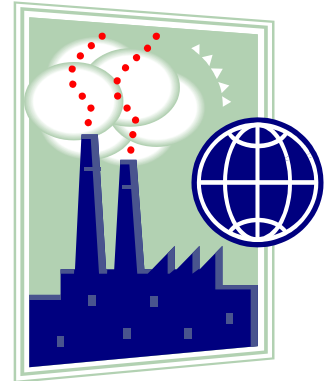


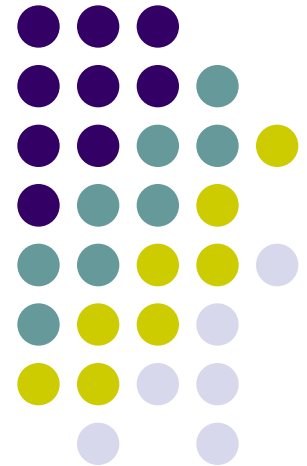
Μηχανική Περιβάλλοντος

Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης

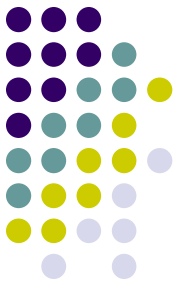
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης



*Ρυπασμένη ατμόσφαιρα,
οι ρυπογόνοι παράγοντες*



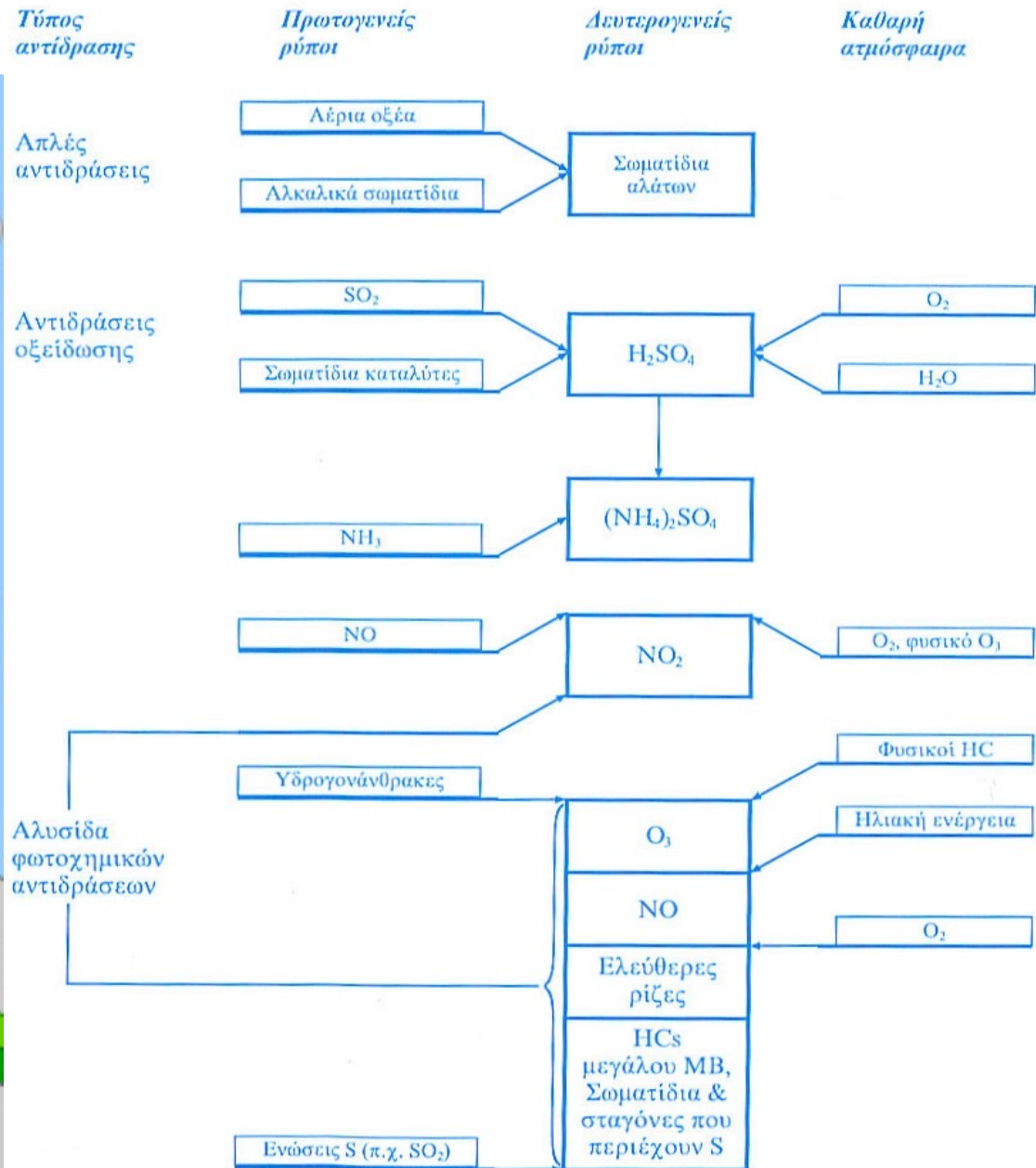
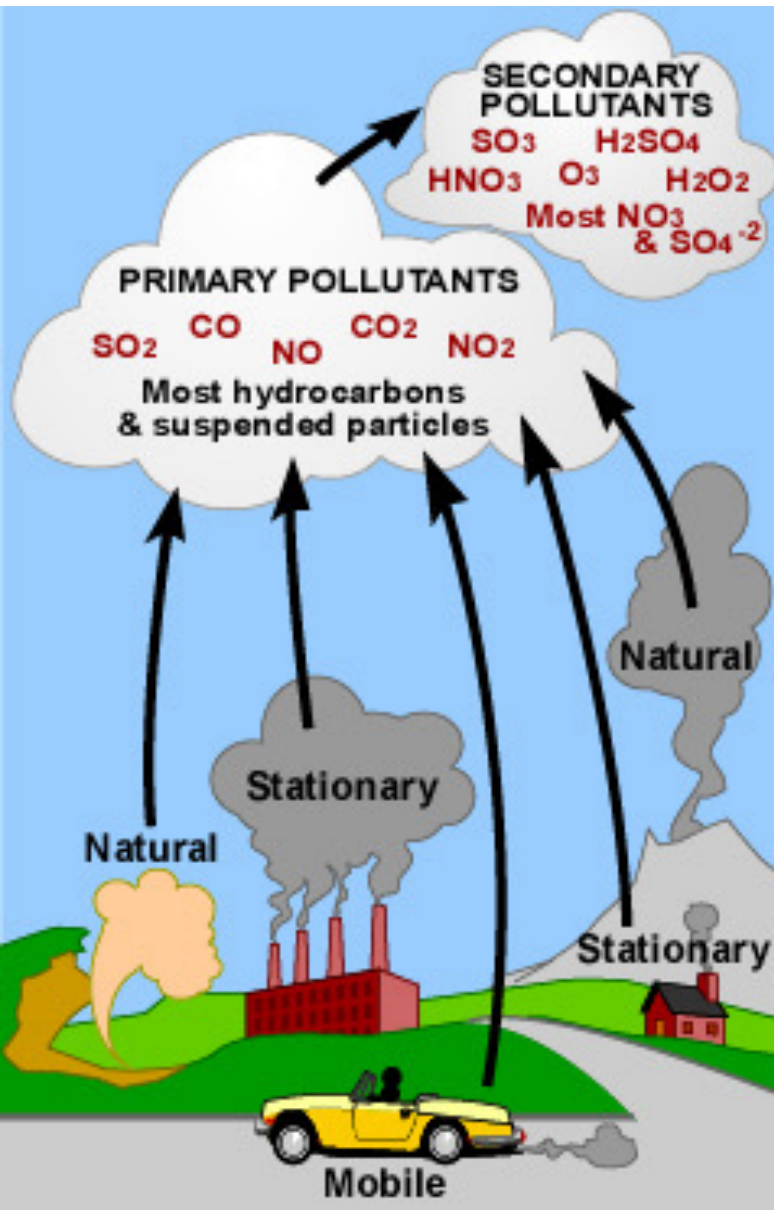
Ο καθαρός αέρας

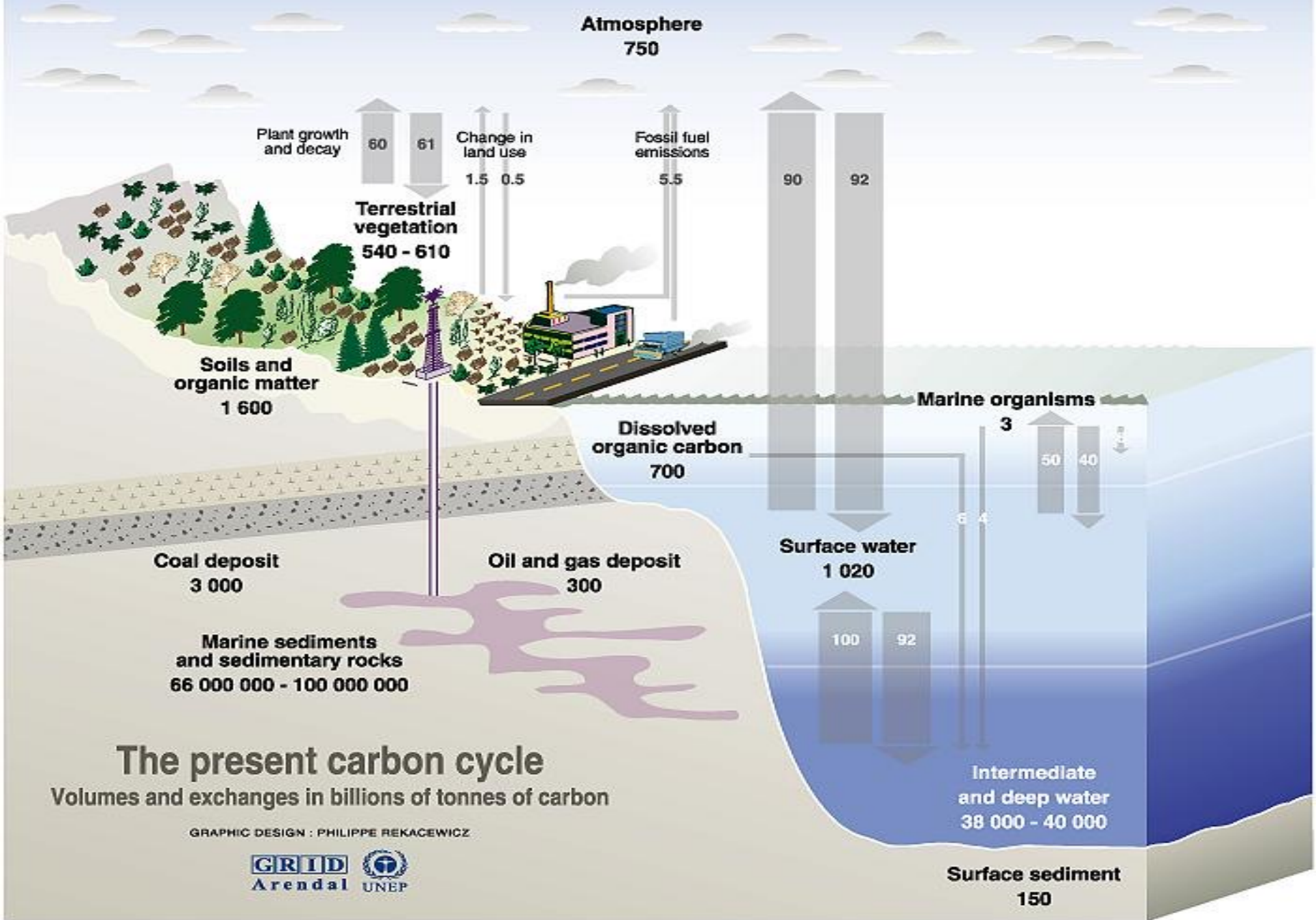


Πίνακας. Η σύσταση του καθαρού αέρα σε ξηρή και υγρή βάση.
(*Bouhel et al. "Fundamentals of air pollution", 1994*)

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

Πρωτογενείς-Δευτερογενείς ρύποι





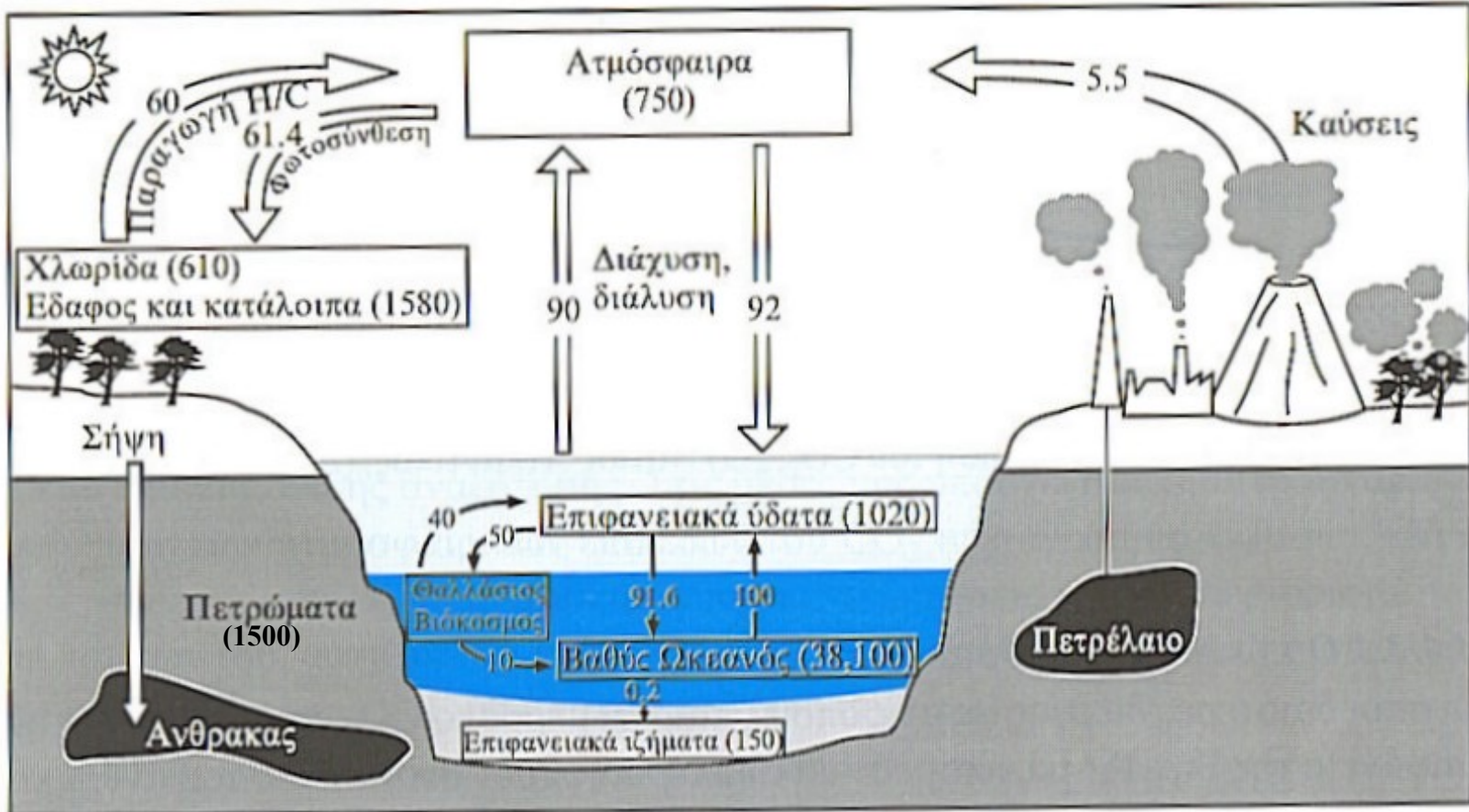
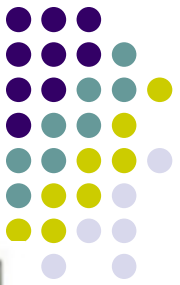
The present carbon cycle

Volumes and exchanges in billions of tonnes of carbon

GRAPHIC DESIGN : PHILIPPE REKACEWICZ

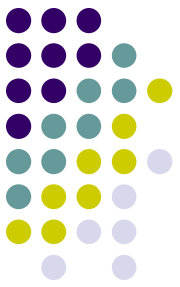


Ο κύκλος του C στη φύση



Σχήμα. Μετακίνηση του C μεταξύ ατμόσφαιρας-πανίδας-χλωρίδας-ωκεανών-πετρωμάτων. (αριθμοί σε δισεκατομμύρια τόνους C / έτος).

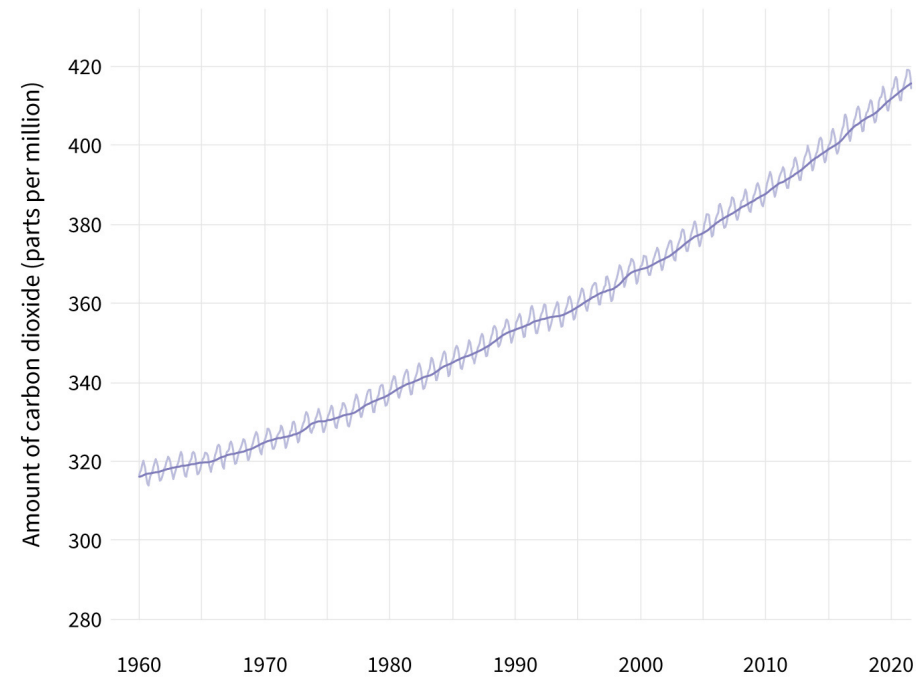
Εκπομπές CO₂



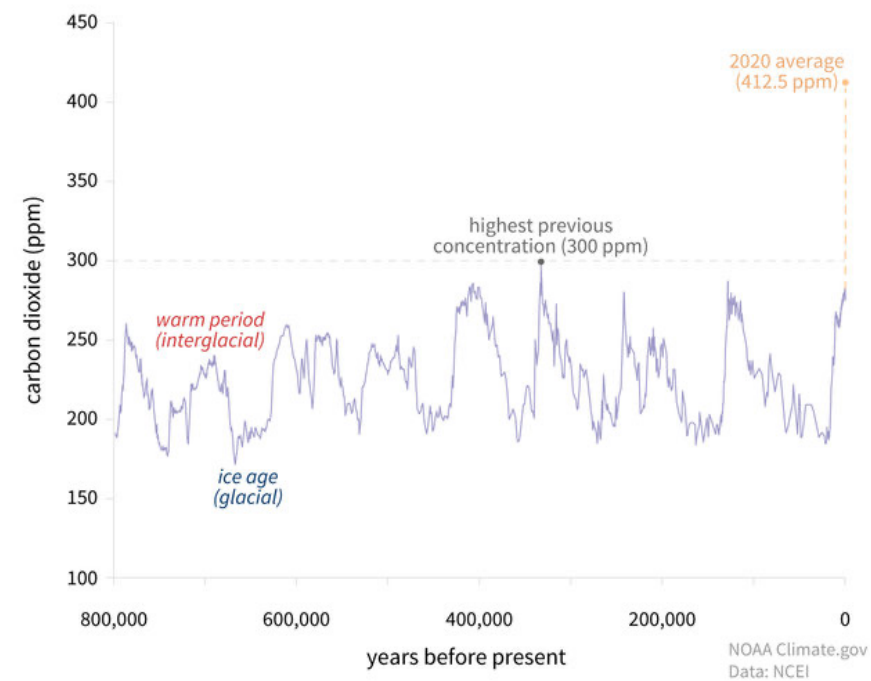
Πίνακας. Εκπομπές CO₂ από ανθρώπινες δραστηριότητες στην ατμόσφαιρα.

Προέλευση	Εκπομπές CO ₂ (10 ⁹ τόνοι / έτος)
Καύση άνθρακα	7
Καύση πετρελαίου	5
Καύση φυσικού αερίου	2
Άλλα	1
Σύνολο	15

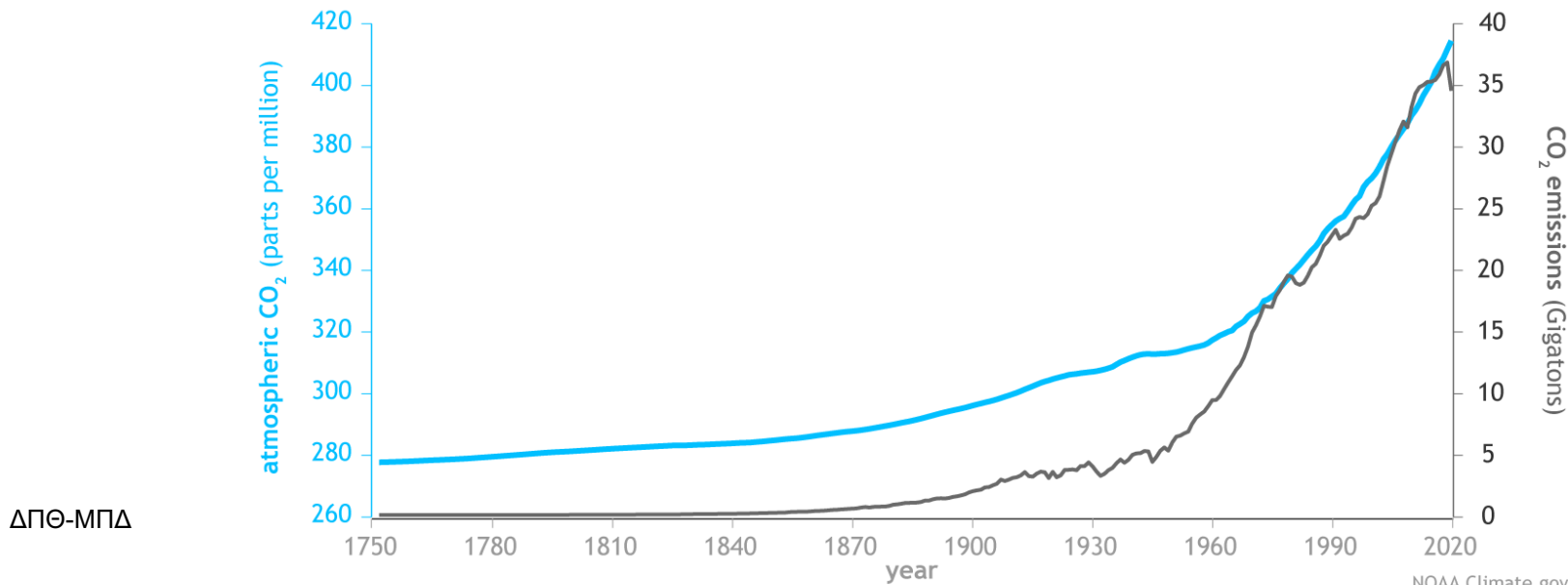
ATMOSPHERIC CARBON DIOXIDE (1960-2021)



CARBON DIOXIDE OVER 800,000 YEARS

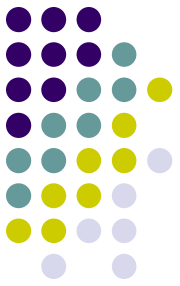


Carbon dioxide emissions and atmospheric concentration (1750-2020)



ΔΠΘ-ΜΠΔ

CO – Γενικά

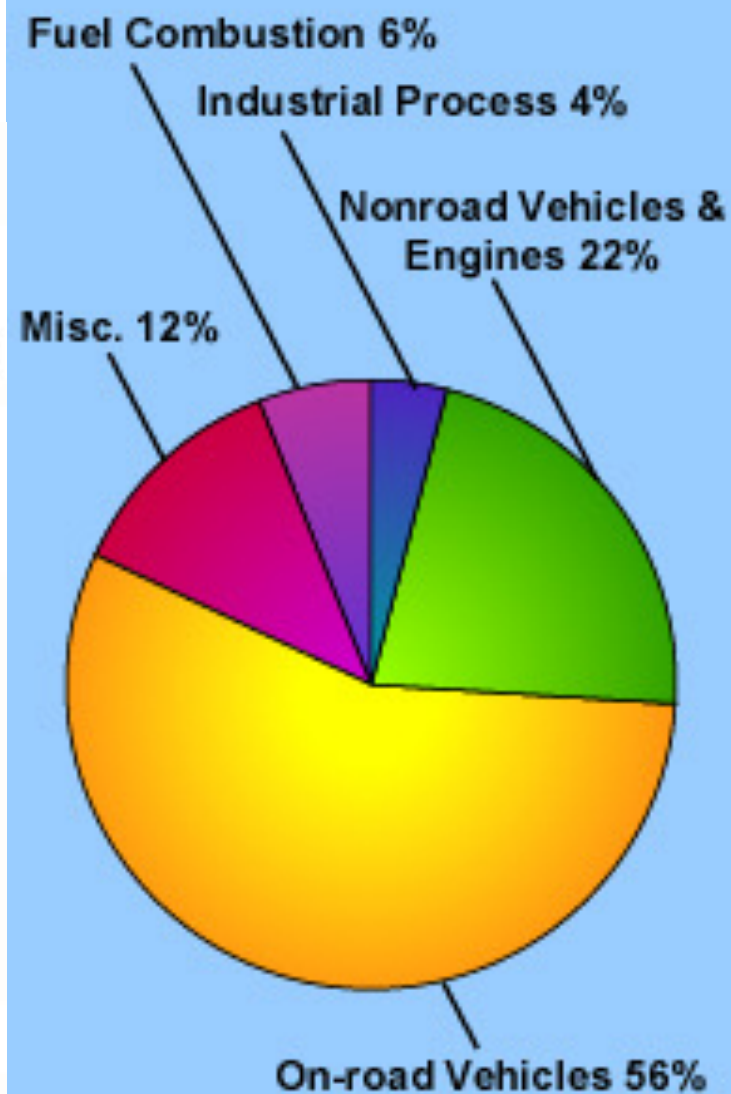
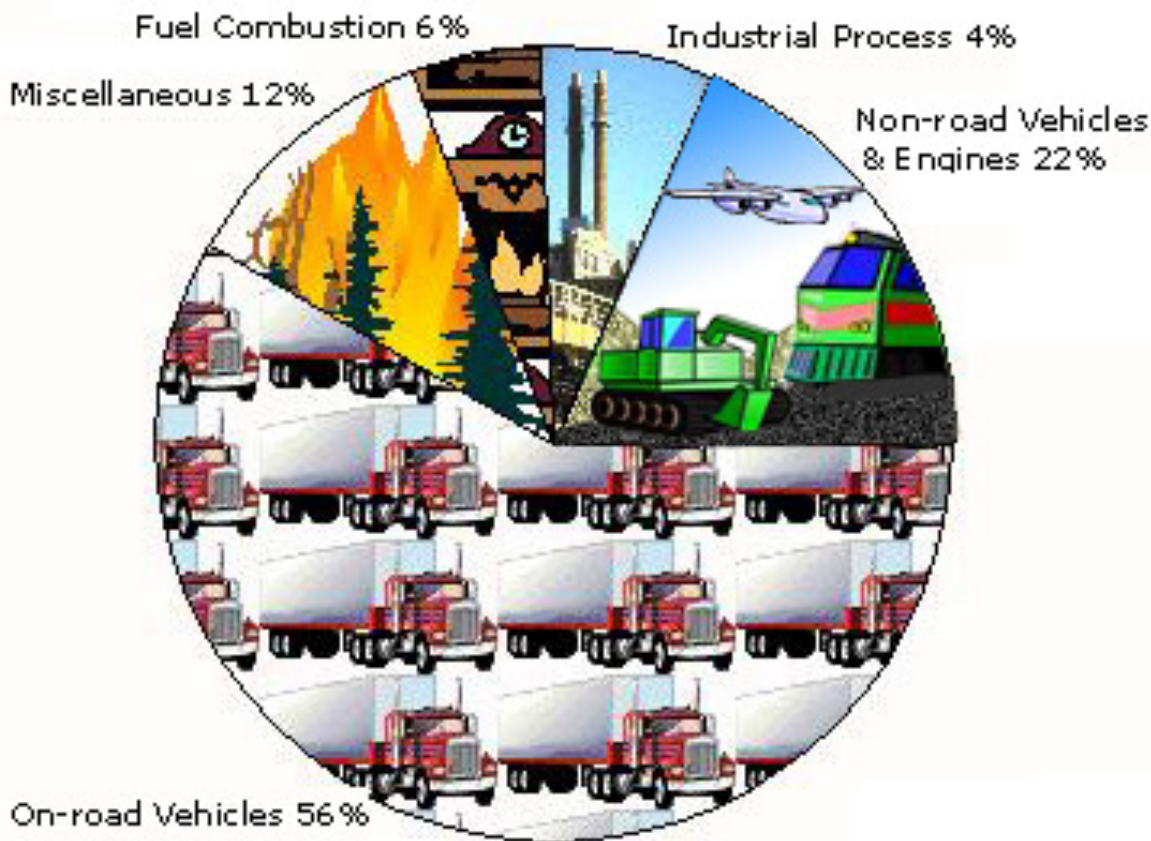


- Αέριο άχρωμο, άοσμο, ελάχιστα διαλυτό στο νερό, αναφλέξιμο
- Από ατελή καύση HCs (αυτοκίνητα, - 70%, στιγμιαία καύση μίγματος με αέρα)
- Η παραγωγή CO (-26,4 Kcal/g-mole) αντί CO₂ (-94 Kcal/g-mole) έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια του 2/3 της διαθέσιμης ενέργειας

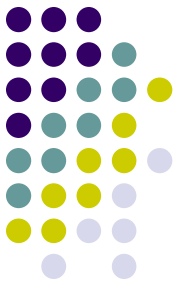
CO – Πηγές



Sources of CO

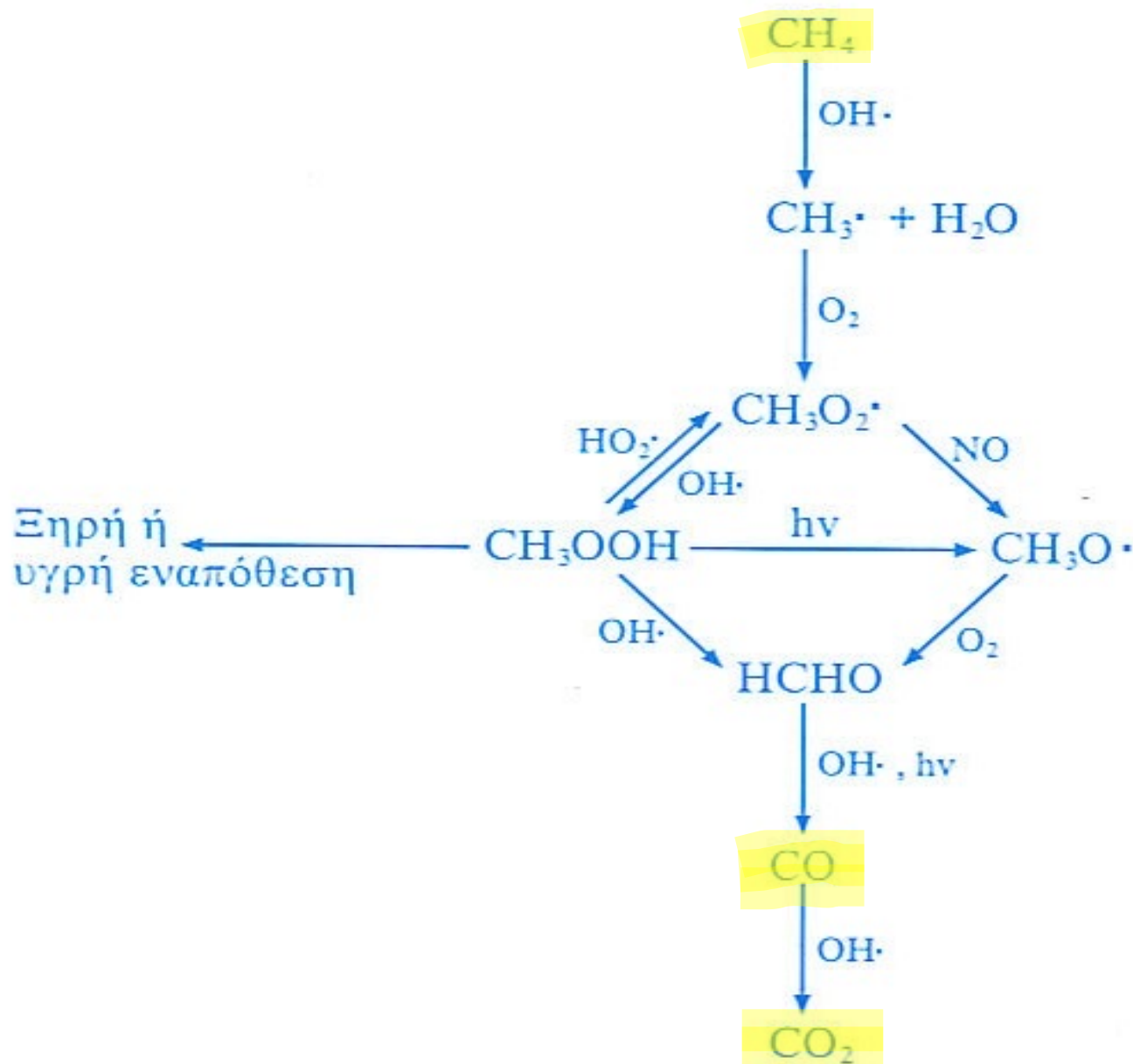


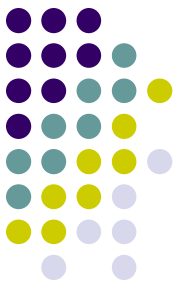
CO – Φυσικές πηγές παραγωγής



- Ατμοσφαιρική οξείδωση του CH_4 (80% του CO των μη κατοικημένων περιοχών)
- Μεταφορά από επιφάνειες ωκεανών, αποσύνθεση χλωροφύλλης (12% της συνολικής έκλυσης CO)
- Ηφαίστεια, δασικές πυρκαγιές

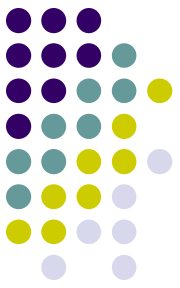
Ατμοσφαιρική οξείδωση του CH₄





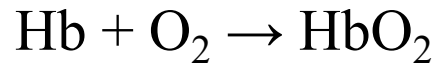
CO – Φυσικοί μηχανισμοί απομάκρυνσης

- Χρόνος παραμονής στην ατμόσφαιρα: 4 μήνες
- Επικρατέστερος μηχανισμός στην κατώτερη στρατόσφαιρα
$$\text{CO} + \text{OH}^- \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}^- \quad (\text{H}_2\text{O} + h\nu \rightarrow \text{OH}^- + \text{H}^-)$$
- Μηχανισμός στην τροπόσφαιρα
$$\text{CO} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \text{ (βακτήρια εδάφους)} \rightarrow \text{CO}_2$$
$$\text{CO} + 3\text{H}_2 \text{ (βακτήρια εδάφους)} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$$
- $\text{CO} + \text{O}^- \rightarrow \text{CO}_2$
- Ρυθμός απορρόφησης από μύκητες, φυτά: $2 \mu\text{g/s/m}^2$

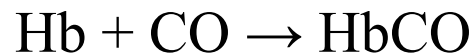


CO – Τοξικότητα

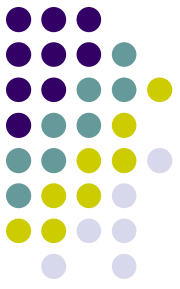
- Το CO ανταγωνίζεται τη δέσμευση του O₂ από την αιμοσφαιρίνη του αίματος, παράγοντας καρβοξυ-αιμοσφαιρίνη, που δεν έχει πλέον την ικανότητα δέσμευσης και μεταφοράς O₂



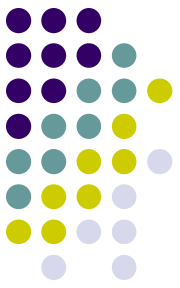
- Η χημική συγγένεια του CO με την αιμοσφαιρίνη είναι 210 φορές μεγαλύτερη από αυτή του O₂ με αποτέλεσμα να αρκούν μικρές μερικές πιέσεις (συγκεντρώσεις) CO για να δεσμεύσουν μεγάλες ποσότητες αιμοσφαιρίνης σχηματίζοντας καρβοξυ-αιμοσφαιρίνη



CO – Τοξικότητα



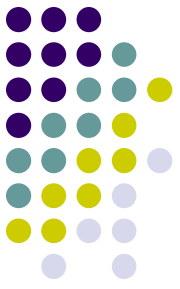
- Στον καθαρό αέρα (δηλ. 0,1 ppm CO) το αίμα του ανθρώπου έχει 0,5% καρβοξυ-αιμοσφαιρίνη
- Οι καπνιστές (περίπου 400 ppm CO στον καπνό) έχουν επίπεδα καρβοξυ-αιμοσφαιρίνης της τάξης του 5-10%
- Μηχανικοί συνεργείων, τροχονόμοι (δηλ. 5-20 ppm CO) μέχρι 18% καρβοξυ-αιμοσφαιρίνη



HCs - Υδρογονάνθρακες

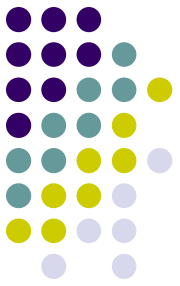
- Διαχωρισμός σε:
 - CH₄ (δεν συμμετέχει σε φωτοχημικές αντιδράσεις, σε αστικές περιοχές 1,0 - 1,5 ppm,)
 - VOCs (τάση ατμών $p > 0,1$ mm Hg σε 20°C, 760 mm Hg)
- Πηγές: φυσικές (16×10^8 τόνοι/έτος CH₄)
ανθρωπογενείς (1×10^8 τόνοι/έτος HCs με 90% CH₄)
- PAHs ιδιαίτερα τοξικοί και καρκινογόνοι (βενζόλιο)
- Ιδιαίτερη συνεισφορά των HCs στη δημιουργία του φωτοχημικού νέφους

ΡΟ – Φωτοχημικά Οξειδωτικά



- Προϊόντα πολύπλοκων ατμοσφαιρικών αντιδράσεων οργανικών ουσιών, ΗCs και ΝΟx υπό την παρουσία ηλιακού φωτός
- Αναφέρεται κυρίως σε αζωτο-οξείδια, όζον, νιτρικά υπεροξυ-ακύλια που αναπτύσσονται στο φωτοχημικό νέφος
- Πρωτογενή συστατικά Φ.Ν. : ΗCs, ΝΟ,
- Δευτερογενή συστατικά Φ.Ν. : αλδεύδες, ΝΟ₂, Ο₃, ΡΑΝ

Φωτοχημικό Νέφος / Αιθαλομίχλη



- Παραγωγή NO στις υψηλές θερμοκρασίες των μηχανών εσωτερικής καύσης

- Παραγωγή NO₂ από την οξείδωση του NO



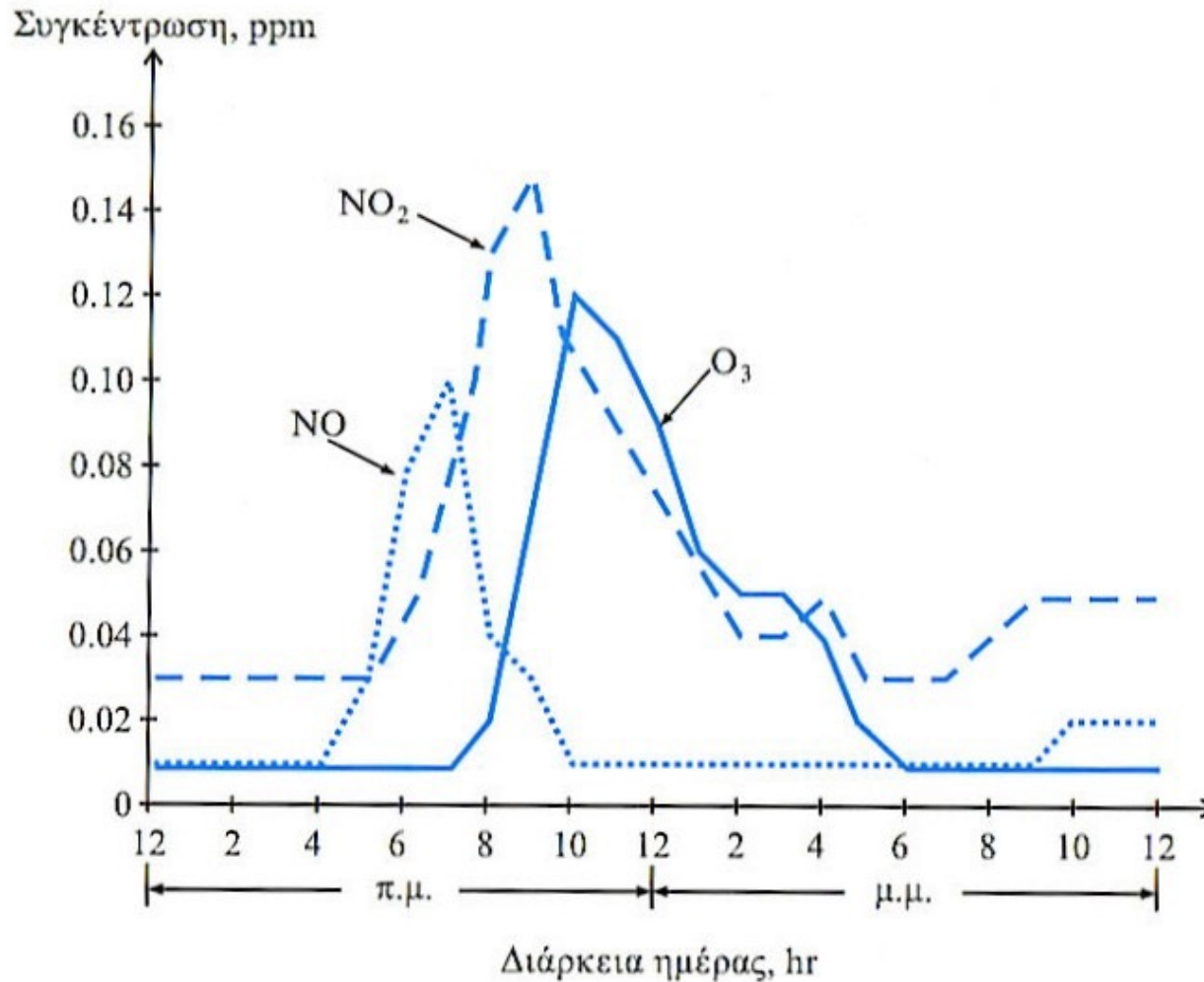
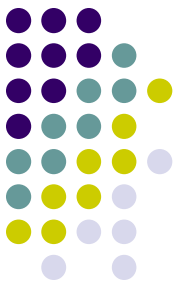
- Φωτόλυση NO₂ σε $\lambda < 3800 \text{ \AA}$ και παραγωγή ατομικού οξυγόνου



- Παραγωγή όζοντος

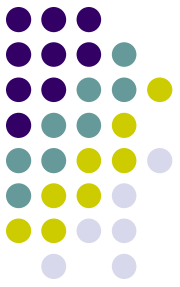


Φωτοχημικό Νέφος



Σχήμα. Ημερήσια μεταβολή των ρύπων NO, NO₂ και O₃ στο Los Angeles

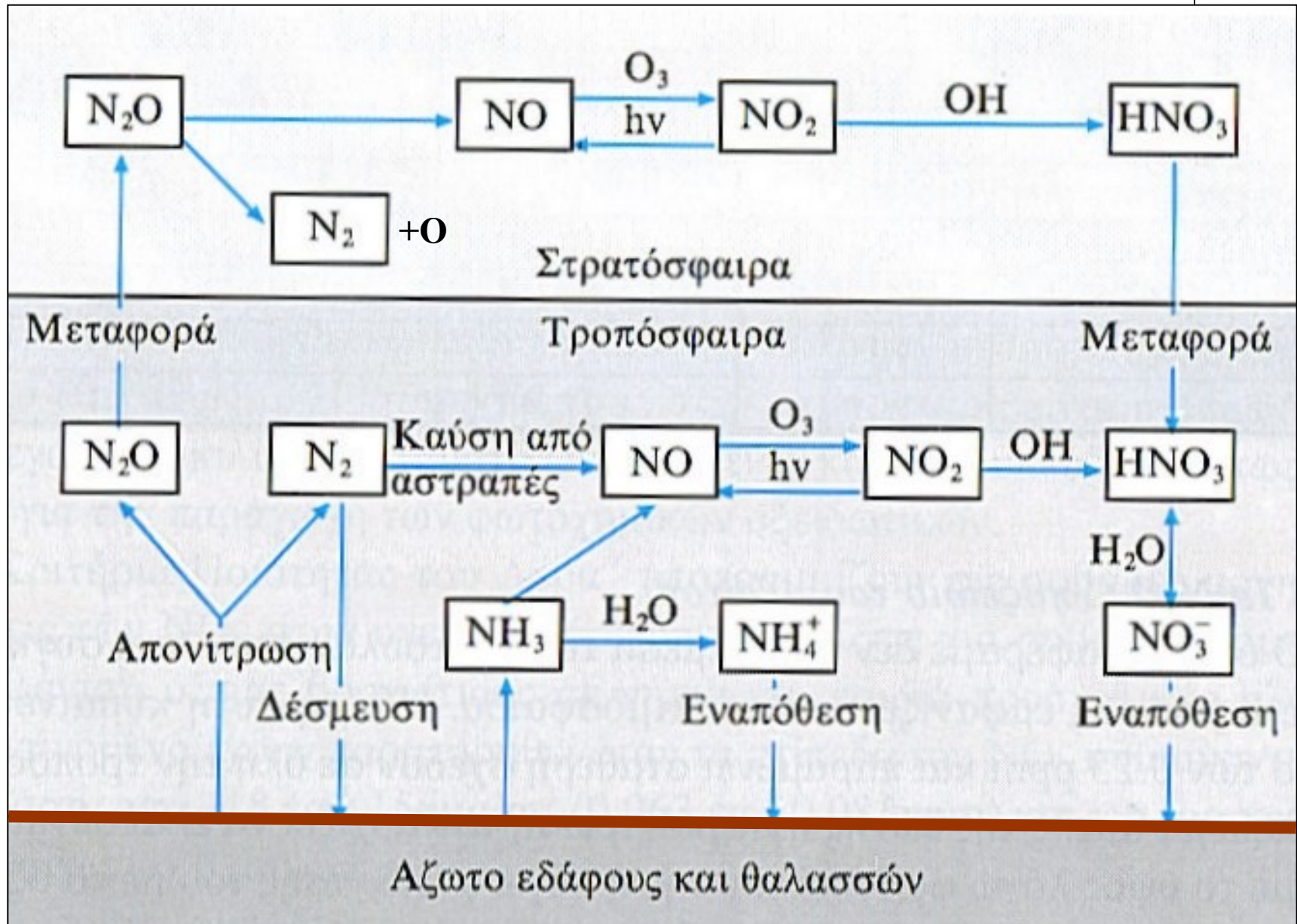
Φωτοχημικό Νέφος / Αιθαλομίχλη



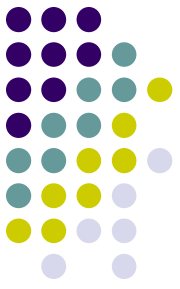
- Φωτοχημική αιθαλομίχλη: έντονη απορρόφηση του κυανού και κίτρινου μέρους του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας από το NO₂
- Στρώμα αέρα πάχους 2 Km με συγκέντρωση NO₂ 0,1 ppm ελαττώνει την ένταση του κυανού και υπεριώδους φωτός > 90% μέσα από οριζόντια διαδρομή περίπου 15 Km.

Δραστηριότητα	NO _x (τόνοι / ημέρα)		HCs (τόνοι / ημέρα)	
	Αθήνα	Θεσσαλονίκη	Αθήνα	Θεσσαλονίκη
Βιομηχανία	61,0	7,7	41,0	0,3
Τροχοφόρα	64,1	5,3	42,0	5,2
Θέρμανση	4,5	2,1	0,9	0,5

Ο κύκλος του N₂ στην ατμόσφαιρα



Κύκλος του αζώτου

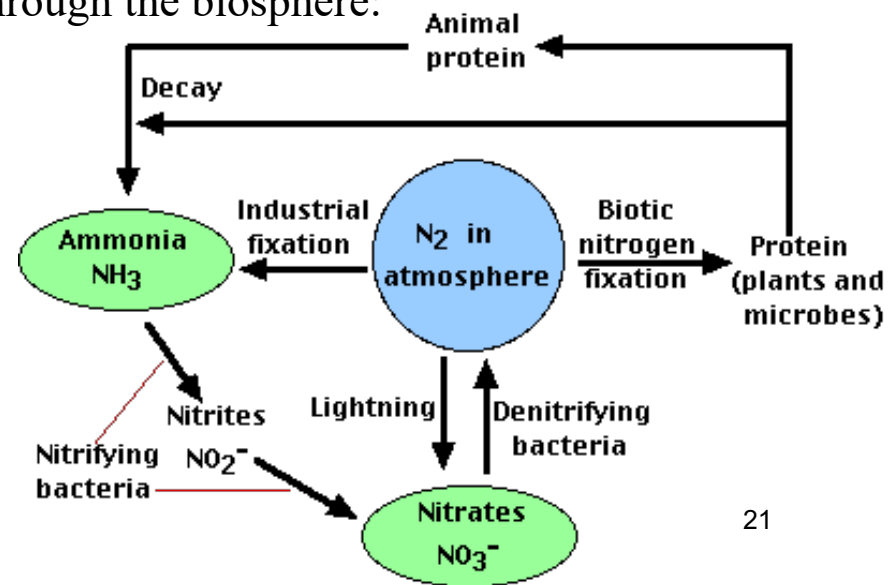


- All life requires nitrogen-compounds, e.g., proteins and nucleic acids.
- Air, which is 79% nitrogen gas (N_2), is the major reservoir of nitrogen.
- But most organisms **cannot use** nitrogen in this form.
- **Plants** must secure their nitrogen **in "fixed" form**, i.e., incorporated in compounds such as:
 - nitrate ions (NO_3^-)
 - ammonia (NH_3)
 - urea ($(NH_2)_2CO$)
- **Animals** secure their nitrogen (and all other) compounds **from plants (or animals)** that have fed on plants).

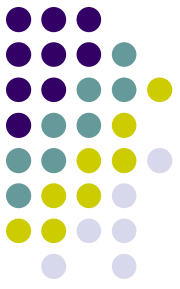
Four processes participate in the cycling of nitrogen through the biosphere:

- [nitrogen fixation](#)
- [decay](#)
- [nitrification](#)
- [denitrification](#)

Microorganisms play major roles in all four of these.



Κύκλος του αζώτου



Nitrogen Fixation

The nitrogen molecule (N_2) is quite inert. To break it apart so that its atoms can combine with other atoms requires the input of substantial amounts of energy.

Three processes are responsible for most of the nitrogen fixation in the biosphere:

- **atmospheric fixation** by lightning
- **biological fixation** by certain microbes — alone or in a symbiotic relationship with plants
- **industrial fixation**

Atmospheric Fixation

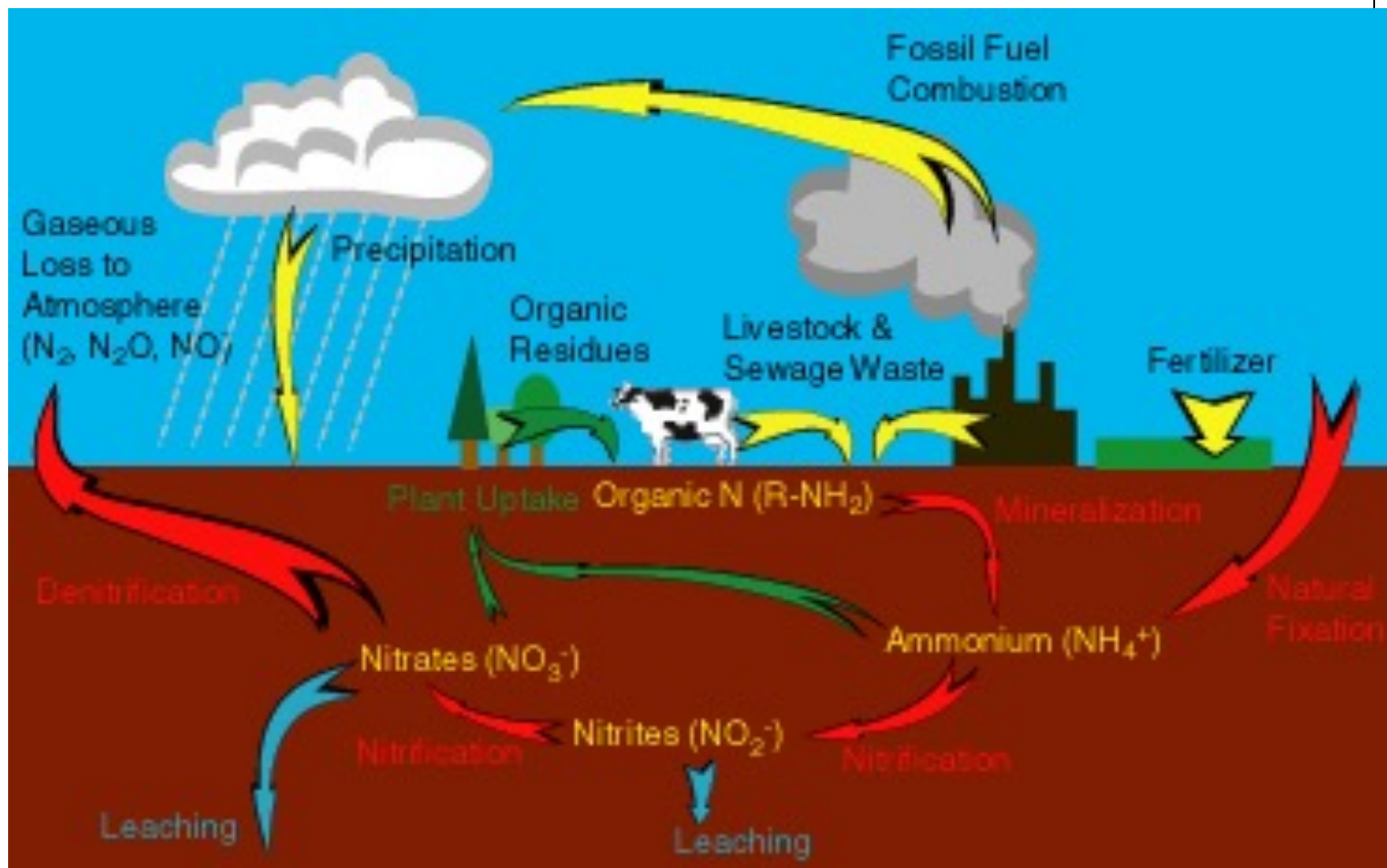
The enormous energy of lightning breaks nitrogen molecules and enables their atoms to combine with oxygen in the air forming nitrogen oxides. These dissolve in rain, forming nitrates, that are carried to the earth.

Atmospheric nitrogen fixation probably contributes some **5– 8% of the total nitrogen fixed**.

Industrial Fixation

Under great pressure, at a temperature of 600°C , and with the use of a catalyst, atmospheric nitrogen and hydrogen (usually derived from natural gas or petroleum) can be combined to form ammonia (NH_3). **Ammonia can be used directly as fertilizer**, but most of it is further processed to **urea** and ammonium nitrate (NH_4NO_3).

Κύκλος του αζώτου

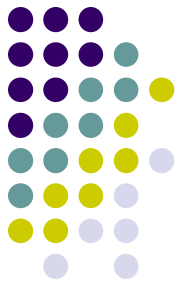


Κίτρινα βέλη: ανθρωπογενείς πηγές του N_2 στο περιβάλλον

Κόκκινα βέλη: μικροβιακές μετατροπές του N_2

Μπλε βέλη: φυσικές δυνάμεις που επενεργούν στο N_2

Πράσινα βέλη: φυσικές, μη-μικροβιακές διαδικασίες που επηρεάζουν το σχηματισμό και την τύχη του N_2 .



Atmospheric nitrogen (N_2)

Rain storms deposit inorganic, atmospheric nitrogen, directly into the soil



Runoff

Animal and plant residues deposit organic nitrogen into the soil

legume plants convert inorganic atmospheric nitrogen into plant-usable form

Factories produce nitrogen fertilizers. Municipal waste management facilities produce nitrogen-containing sludge

Volatilization - Urea fertilizers and manure on or near the soil surface turn to ammonia gas and escape back into the atmosphere

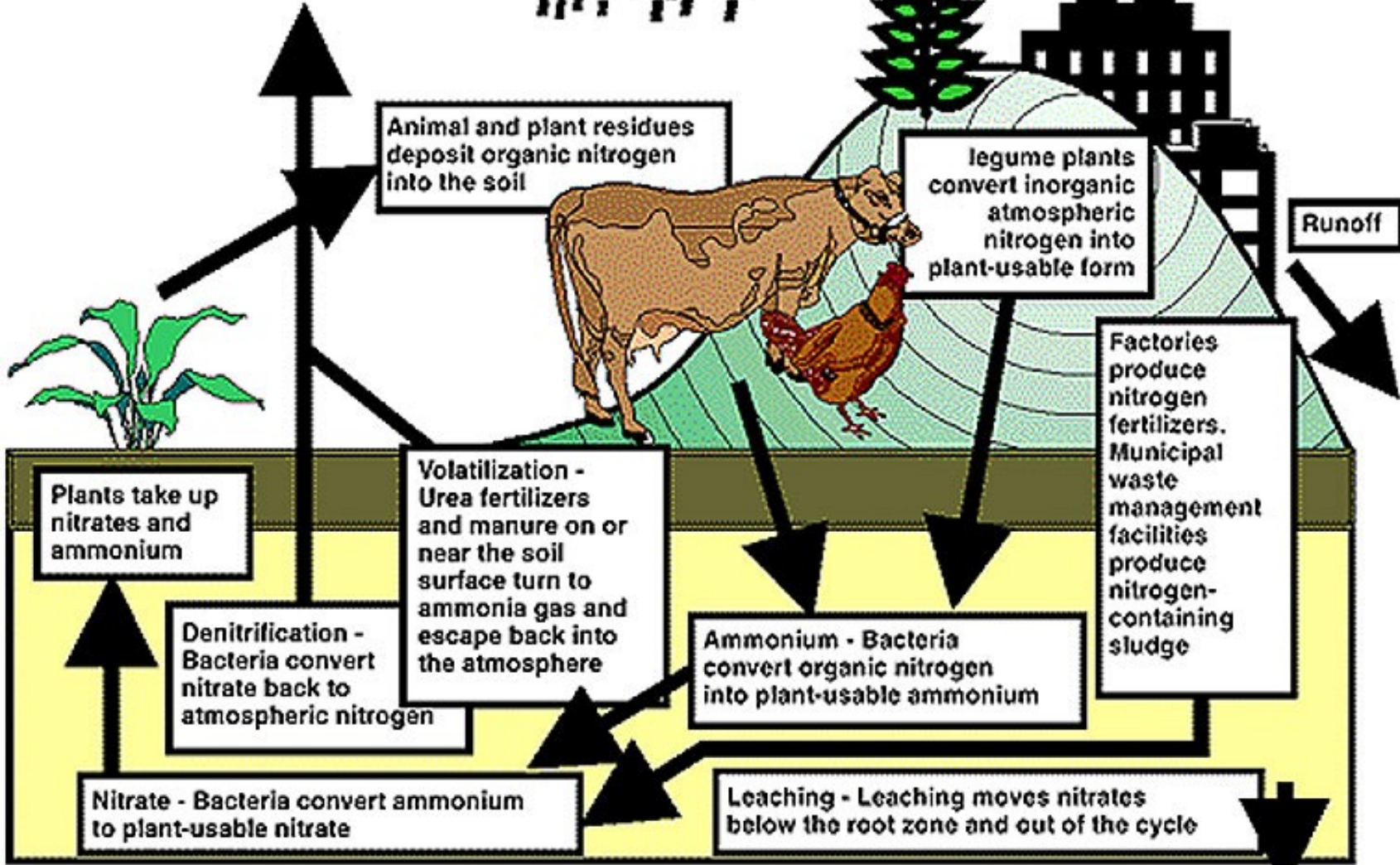
Ammonium - Bacteria convert organic nitrogen into plant-usable ammonium

Denitrification - Bacteria convert nitrate back to atmospheric nitrogen

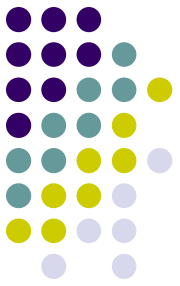
Plants take up nitrates and ammonium

Nitrate - Bacteria convert ammonium to plant-usable nitrate

Leaching - Leaching moves nitrates below the root zone and out of the cycle



NO_x – NH₃



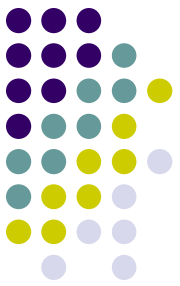
- Τα NO_x με ανθρωπογενή προέλευση περίπου το 6% της συνολικής ποσότητας NO_x
- Άνθρακας > πετρέλαιο > φυσικό αέριο
- Συνεισφορά βιολογικών δραστηριοτήτων:
 - NO: 0,5 Gt/yr
 - N₂O: 0,6 Gt/yr
 - NH₃: 3,7 Gt/yr
(1 Gt = 1 δισ. τόνοι)

«Κριτήρια Ποιότητας της Ατμόσφαιρας»

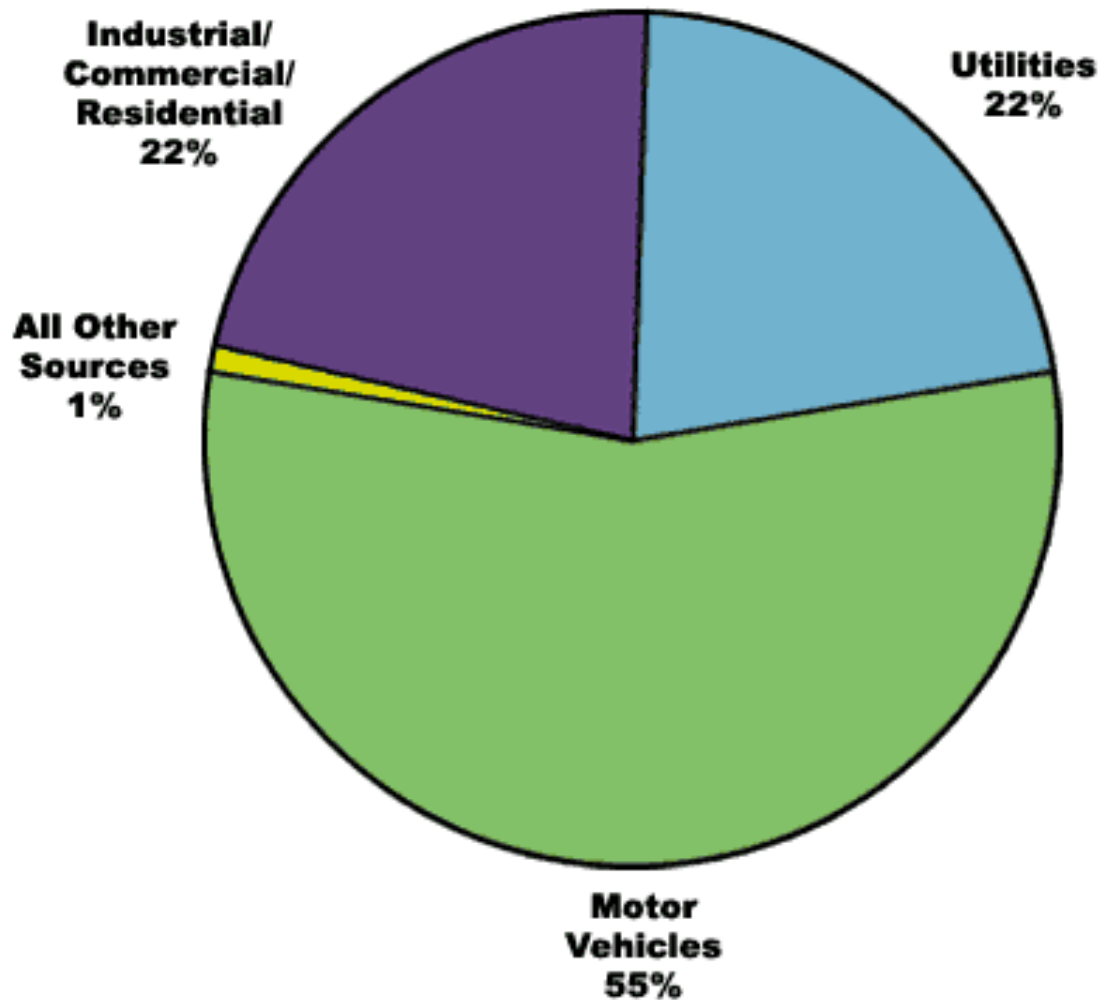
Επίδραση του NO₂ σε ανθρώπους και χλωρίδα

NO ₂	Άνθρωποι	Χλωρίδα
Συγκέντρωση (ppb)	63 - 83	250
Έκθεση (μήνες)	> 6	>8
Αποτέλεσμα	Οξεία βρογχίτιδα σε παιδικό πληθυσμό	Πτώση φύλλων, μείωση παραγωγής

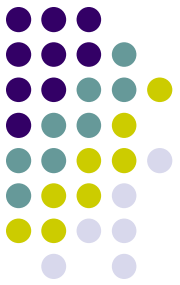
Εκπομπές NO_x



Manmade Sources of NO_x Emissions - 2003

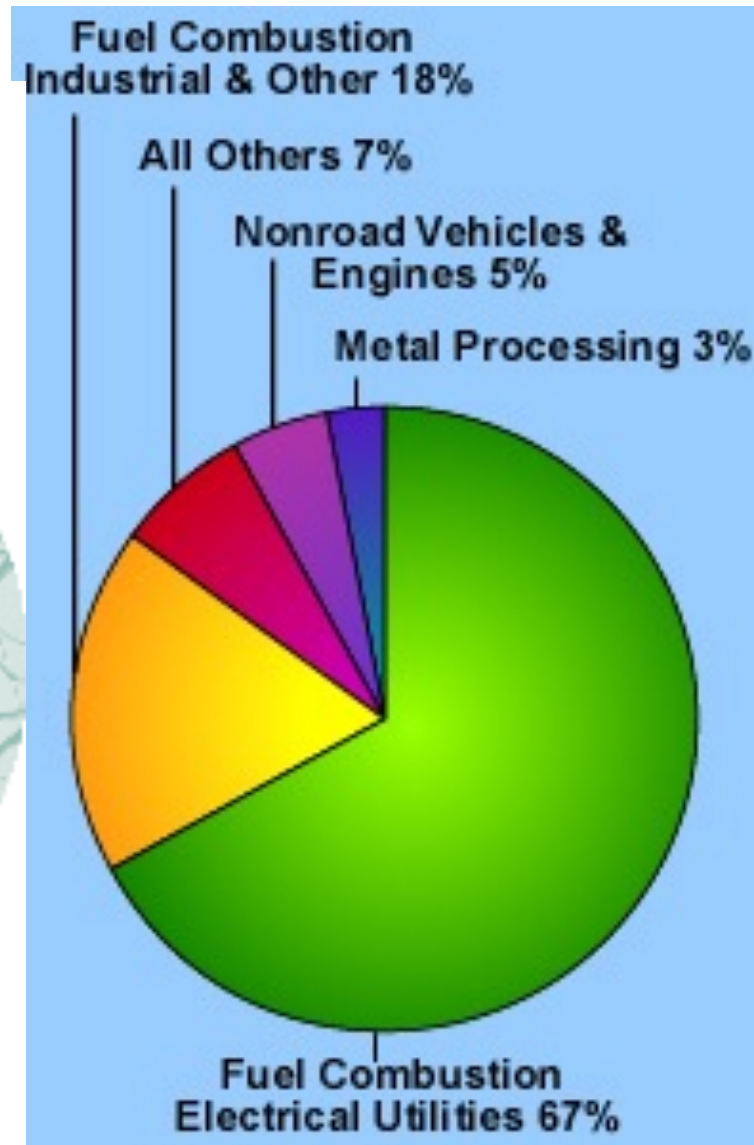
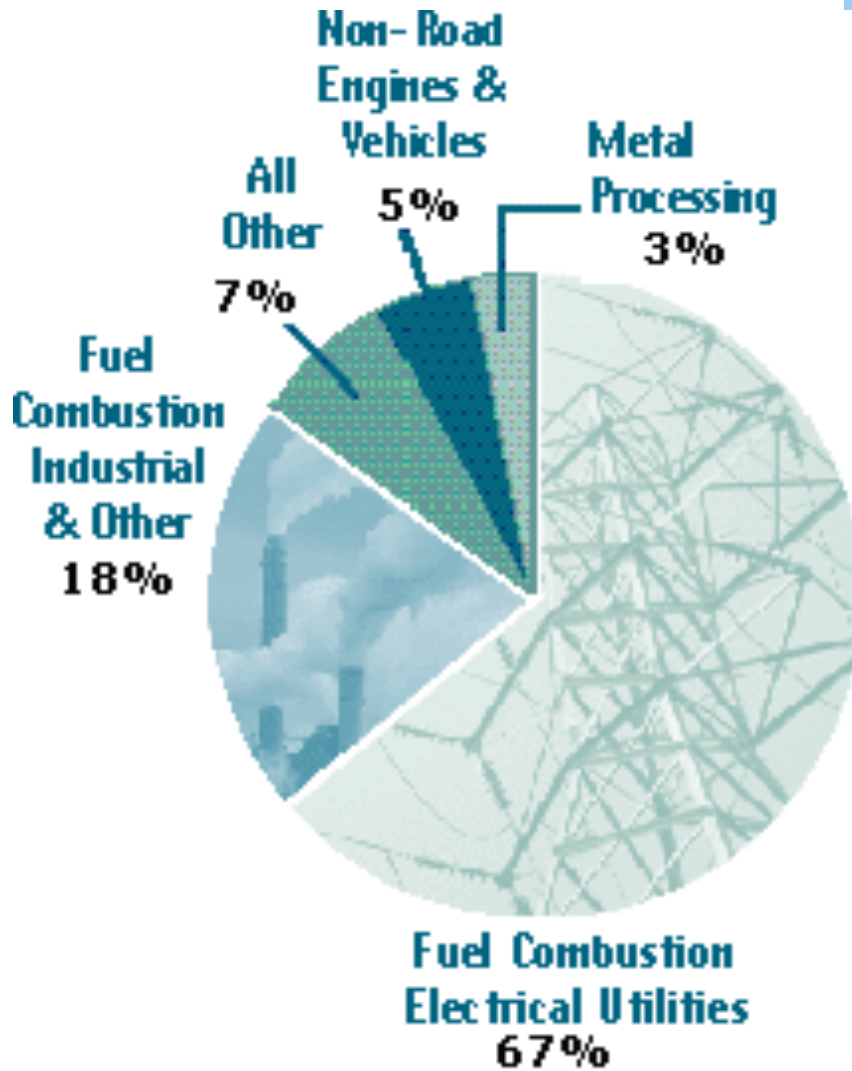
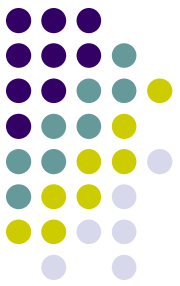


NH₃



- Φυσική προέλευση μέσω βακτηριδίων (37×10^8 τόνοι/έτος), κατά 99% φυσικός «ρύπος»
- Ανθρωπογενής προέλευση (4×10^6 τόνοι/έτος, 0,1%)
- Σχηματισμός aerosol (NH₄NO₃, NH₄Cl, (NH₄)₂SO₄) και άρα διατήρηση στην ατμόσφαιρα και μεταφορά
- Ατμοσφαιρική συγκέντρωση: 5 μg/m³
- Χρόνος ημι-ζωής: 7 ημέρες

SO₂ - Πηγές

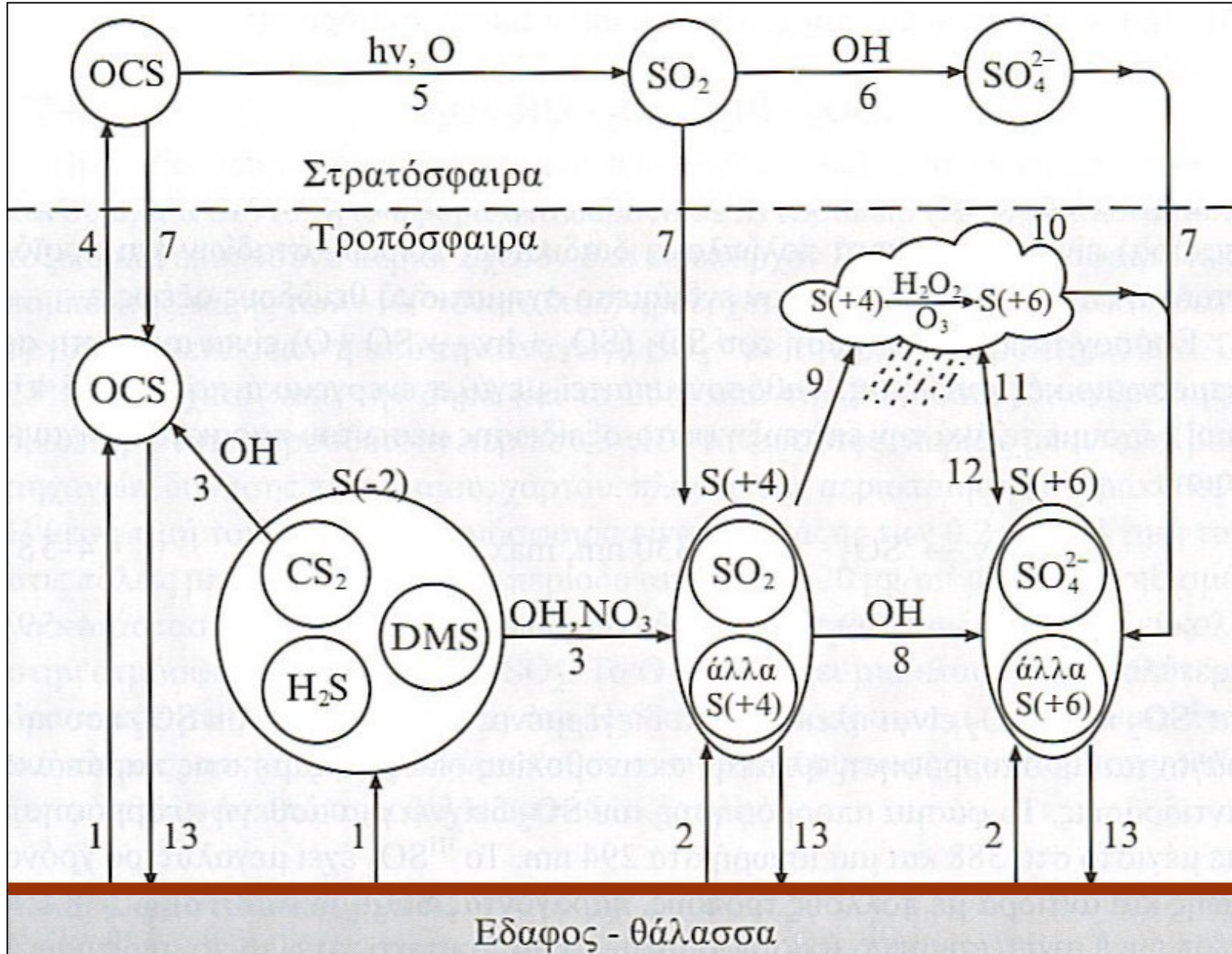
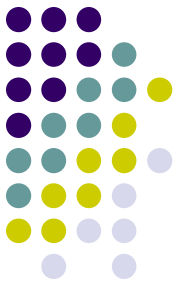


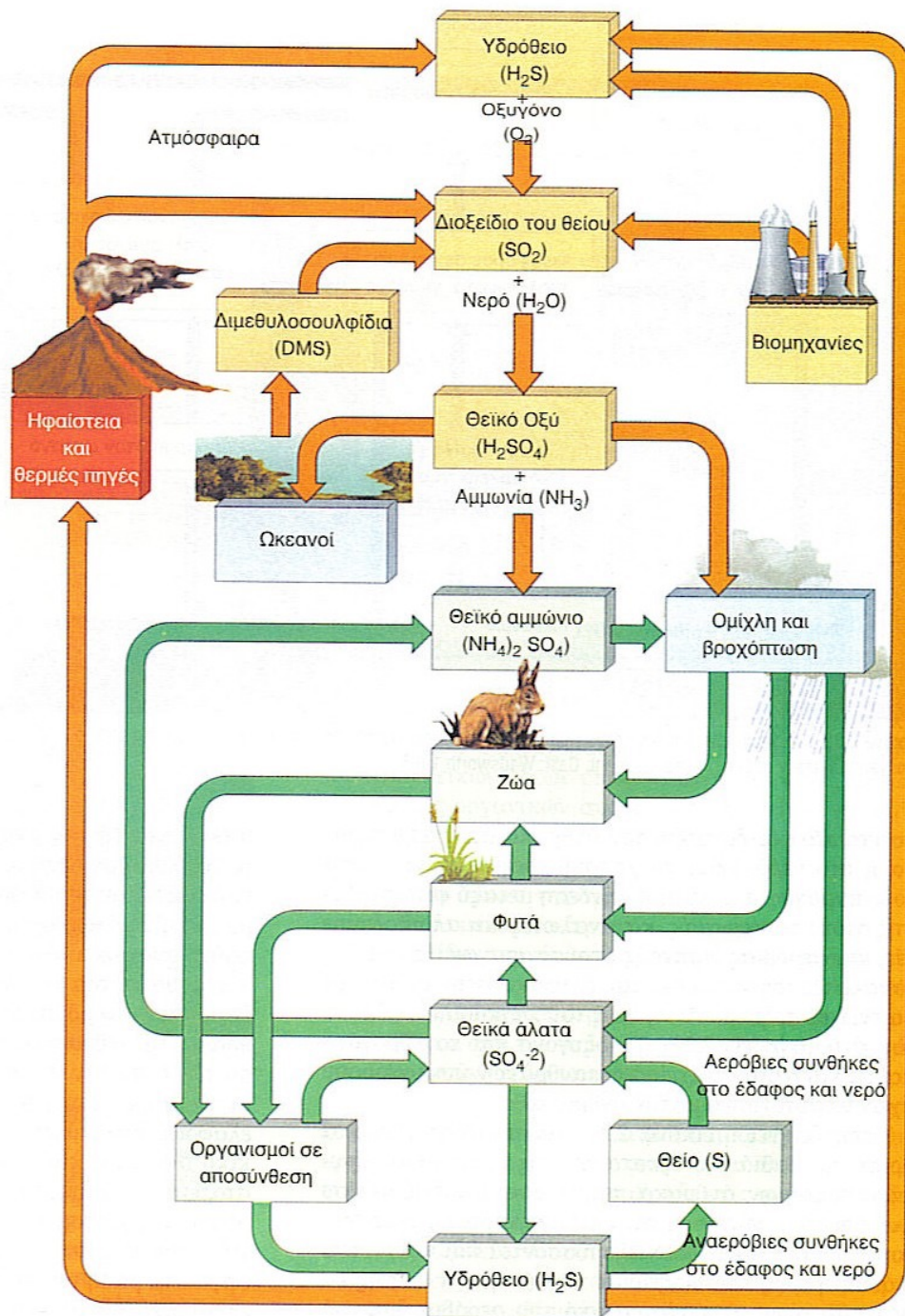
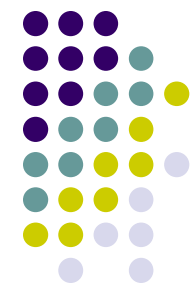
Οι ενώσεις S (κακόφημες-δύσοσμες)



Ένωση στο Περιβάλλον	Οξειδωτική βαθμίδα	Μορφή που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα
H ₂ S	-2	Αέρια
CH ₃ SCH ₃ (DMS)		Αέρια
CS ₂		Αέρια
OCS		Αέρια
CH ₃ SH		Αέρια
CH ₃ SSCH ₃	-1	Αέρια
S	0	Αέρια
CH ₃ SOCH ₃		Αέρια
SO ₂	+4	Αέρια
HSO ₃ ⁻		Υγρή
SO ₃ ²⁻		Υγρή
SO ₄ ²⁻ , H ₂ SO ₄ HSO ₄ ⁻	+6	Υγρά/αεροζόλ Αέρια υγρά/αεροζόλ Υγρά/αεροζόλ

Ο κύκλος του S στην ατμόσφαιρα

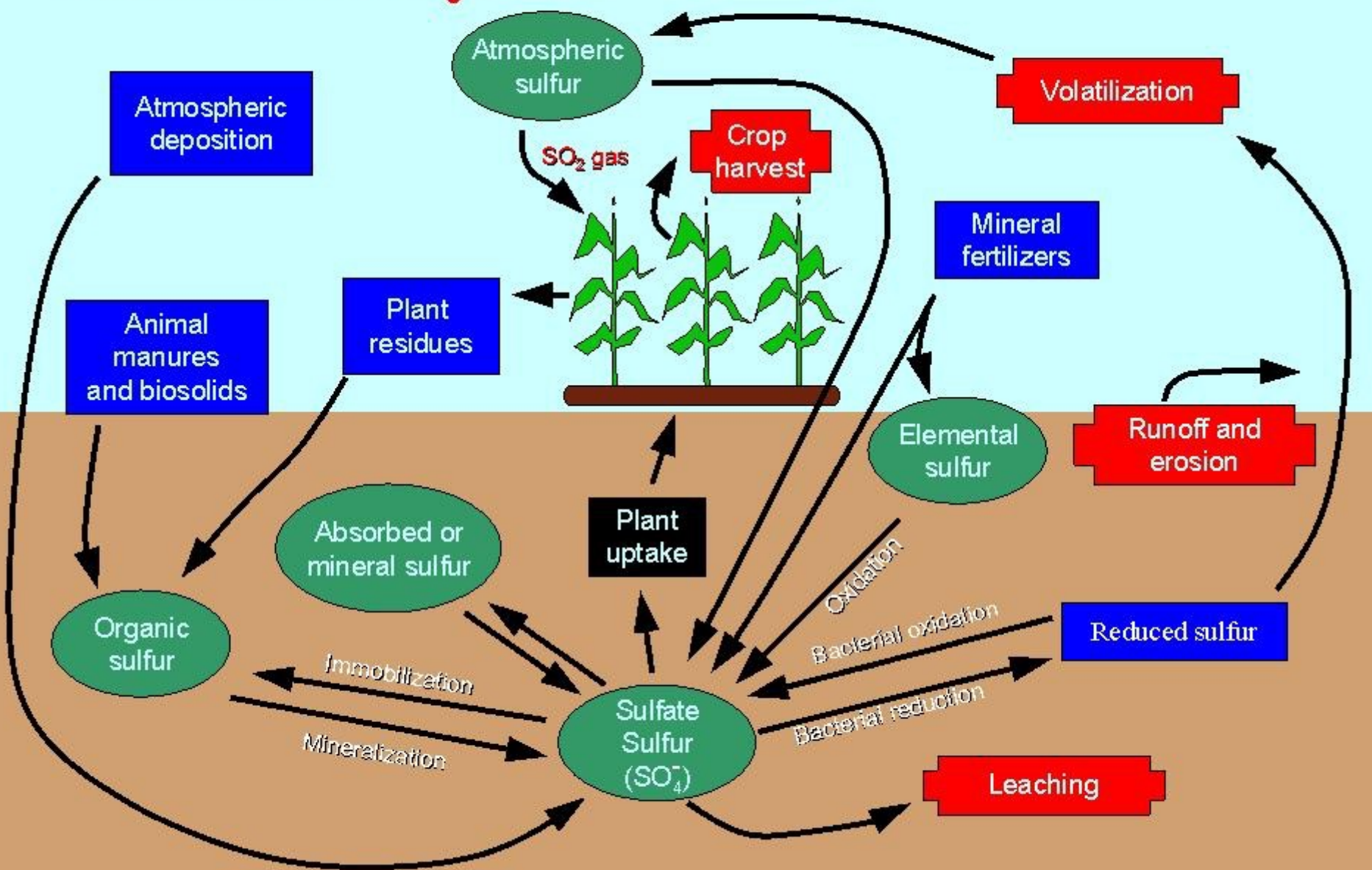




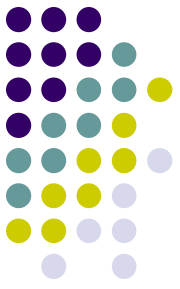
Ο κύκλος του S

The Sulfur Cycle

Component Input to soil Loss from soil

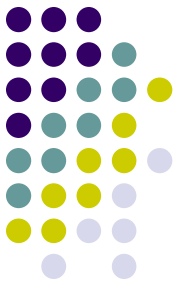


Διοξείδιο του Θείου (SO₂)



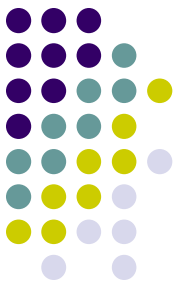
- Πηγές (ανθρωπογενείς / φυσικές = 0,5 / 1)
 - Ηφαίστεια, θερμές πηγές
 - Καύση C (0-6% κ.β. σε S) (>100 εκ. τόνοι S/έτος)
 - Καύση & διύλιση πετρελαίου (<0,05% κβ S) (>30 εκ. τόνοι S/έτος)
 - Μεταλλουργικές βιομηχανίες (φρύξη σουλφιδίων) (>20 εκ. τόνοι S/έτος)
- Μεγάλη ευαισθησία του ανθρώπινου οργανισμού (όριο αντίληψης 0,3 ppm, δυσαρέσκεια 1 ppm, αναπνευστικές διαταραχές 5 ppm)
- Η πλειονότητα των προαναφερθέντων επεισοδίων ρύπανσης οφείλεται στο SO₂ και στις επικρατούσες ευνοϊκές συνθήκες για παραγωγή H₂SO₄
- Υψηλή ευαισθησία και της χλωρίδας στο SO₂
- Υψηλή ευαισθησία και διαφόρων υλικών στο SO₂ (μεταλλικές κατασκευές, οικοδομικά υλικά, μπογιά, υφάσματα, μάρμαρα – φαινόμενο γυψοποίησης)
- Η οξείδωση του SO₂ που είναι ο κύριος «καταστροφικός» μηχανισμός, επηρεάζεται από θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ύπαρξη σωματιδίων-καταλύτες (Mn, Fe, Cu, Cr₂O₃, Al₂O₃ κτλ.)

Υδρόθειο (H₂S)

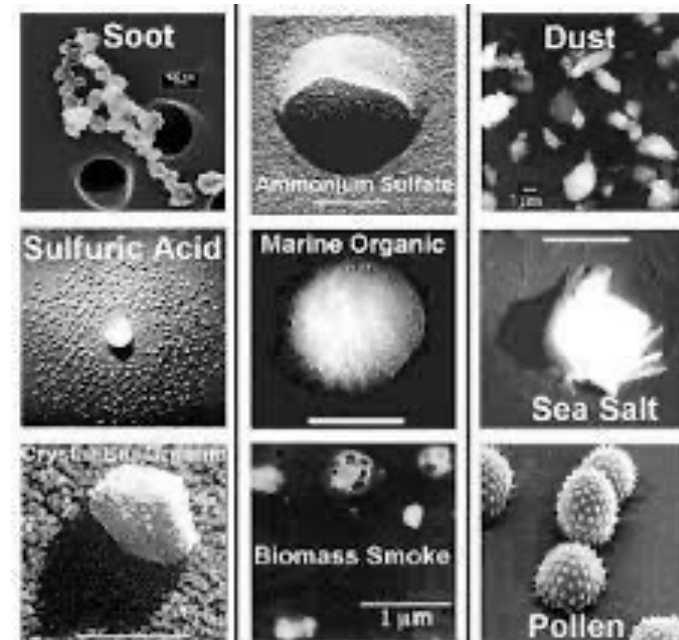


- Πηγές
 - Ανθρωπογενείς (βιομηχανίες πετρελαίου χάρτου, πλαστικών $\sim 10^8$ τόνοι/έτος)
 - Φυσικές (ηφαίστεια, αναερόβια αποσύνθεση οργανικών ενώσεων $\sim 3 \times 10^6$ τόνοι/έτος)
- Μέση ατμοσφαιρική συγκέντρωση $\sim 0,2$ ppb
- Συνήθης αστική ατμοσφαιρική συγκέντρωση ~ 15 ppb
- Αστική ατμοσφαιρική συγκέντρωση σε περίοδο αιχμής ~ 90 ppb
- «Βιομηχανικός» ρύπος
 - Κατώφλι οσμής : περίπου **1 ppm**
 - Αναισθησία : περίπου **15 ppm**

PM - Αιωρούμενα σωματίδια



- Αιωρούμενη σωματιδιακή ύλη-αεροζόλ
- Ποικίλλουν σε αριθμό, μέγεθος, σχήμα, επιφάνεια, χημική σύσταση και διαλυτότητα.
- Διαθέτουν μια σειρά μορφολογικών, φυσικών, χημικών και θερμοδυναμικών ιδιοτήτων
- Είδη ατμοσφαιρικών ρύπων σωματιδιακής φύσης βάσει της φυσικής τους κατάστασης
 - ❖ Σκόνη (1-1000 μm)
 - ❖ Αναθυμιάσεις (0.03-0.3 μm)
 - ❖ Καπνός (0.5-1.0 μm)
 - ❖ Ιπτάμενη τέφρα (1.0-1000 μm)
 - ❖ Αιθάλη
 - ❖ Καταχνιά (0.07-10 μm)
 - ❖ Ομίχλη (από 2-200 μm)
 - ❖ Αχλύς (haze)



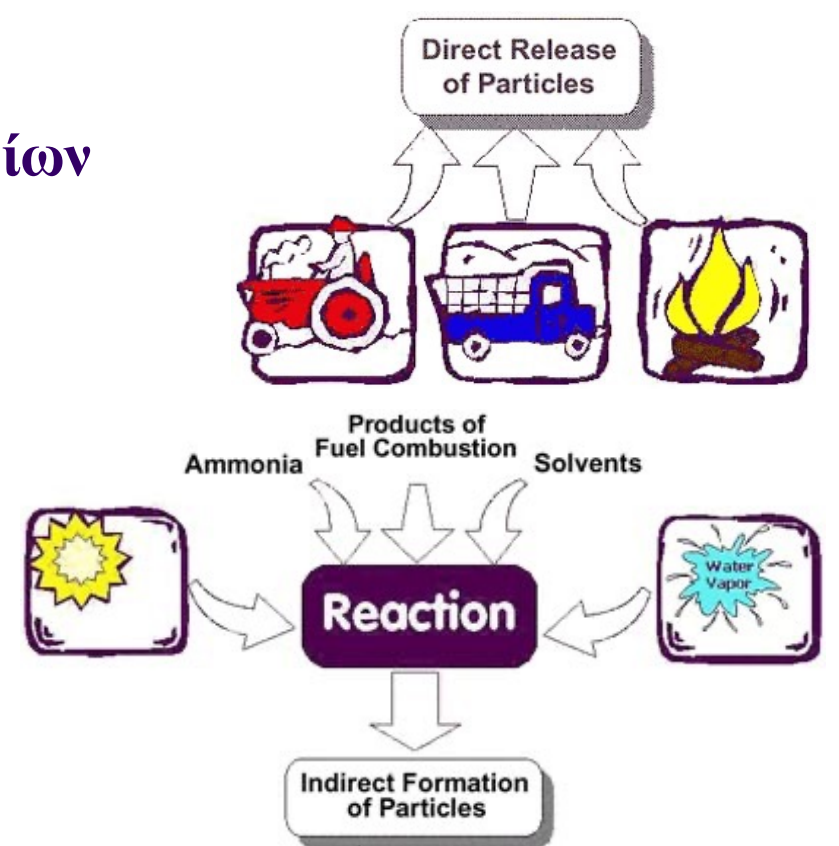
Πηγές εκπομπής αιωρούμενων σωματιδίων

Πρωτογενή σωματίδια

- ❖ Φυσικές πηγές εκπομπής (διάβρωση και αποσάθρωση εδάφους, ανεμοθύελλες, ηφαίστεια, θάλασσα, πυρκαγιές, βιολογικές πηγές)
- ❖ Ανθρωπογενείς εκπομπές (οικιακή θέρμανση, μεταφορές, παραγωγή ενέργειας, επεξεργασία αποβλήτων)

Δευτερογενή σωματίδια

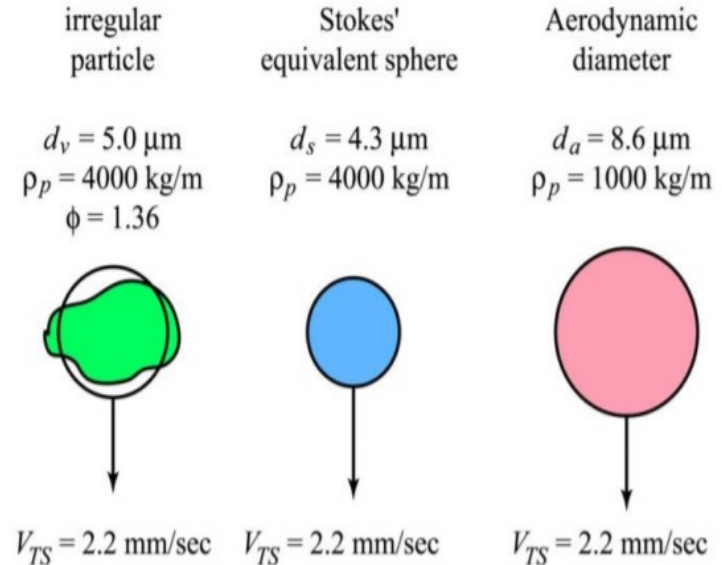
- ❖ Ανόργανα σωματίδια (οξείδωση πρωτογενών αερίων)
- ❖ Οργανικά σωματίδια (αντιδράσεις βιογενετικών εκπεμπόμενων ειδών)



Ταξινόμηση των αιωρούμενων σωματιδίων ανάλογα με το μέγεθος τους

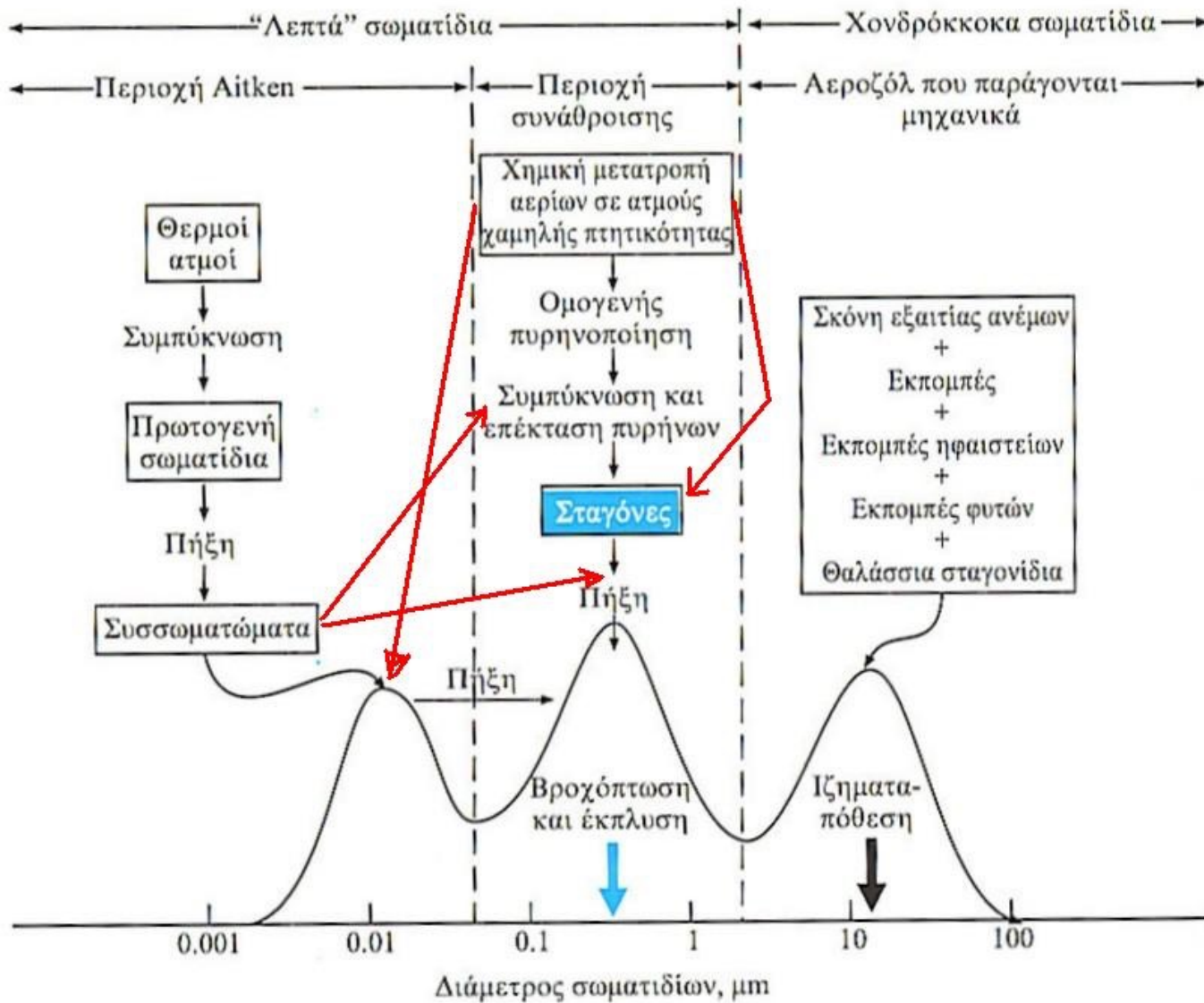
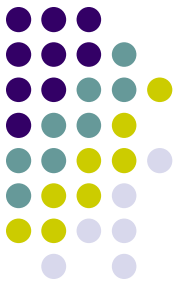


- Στις κατανομές κατά μέγεθος ως κριτήριο κατάταξης χρησιμοποιείται το μέγεθος της “ισοδύναμης διαμέτρου” του σωματιδίου
 - Η διάμετρος Stokes (D_p)
 - Η αεροδυναμική διάμετρος (D_a)
- Ταξινόμηση σωματιδίων $> 0.5\mu\text{m}$
- 1987/1997 (US EPA) – PM_{10} / $\text{PM}_{2.5}$
 - PM_{10} περιλαμβάνουν τα $\text{PM}_{2.5}$ σε ποσοστό 40-90%



Comparison of equivalent volume diameter, Stokes diameter, and aerodynamic diameter.

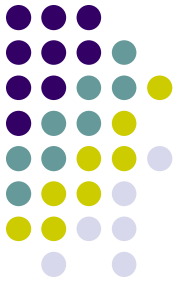
Σωματιδιακοί ρύποι



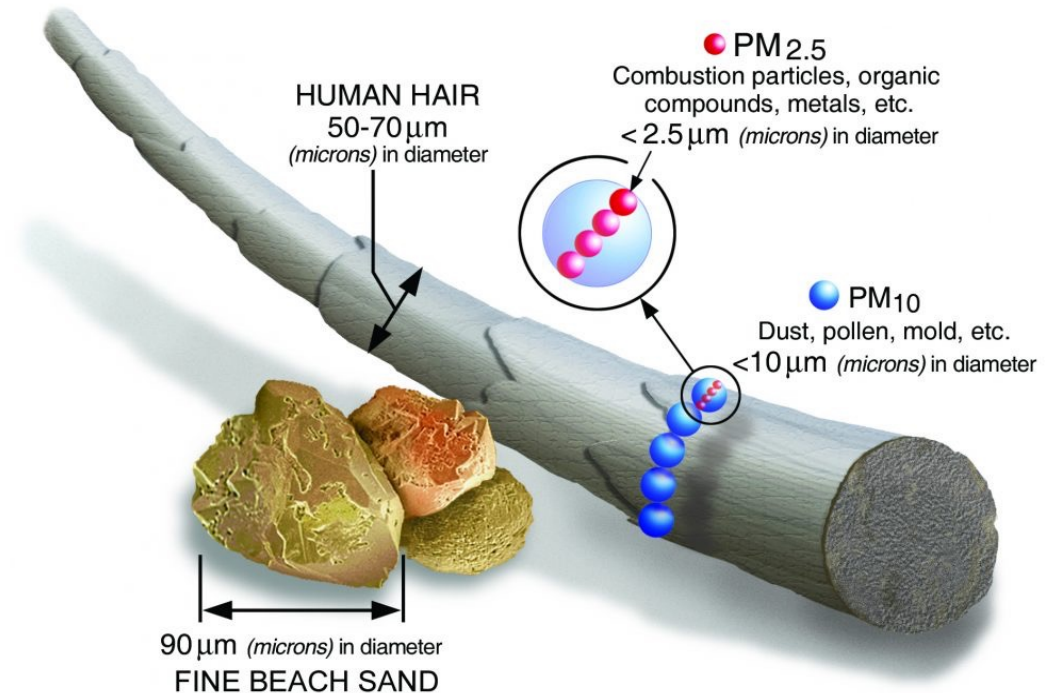
Σχηματική αναπαράσταση της κατανομής επιφανείας ατμοσφαιρικού aerosol.

Πηγή: *Atmospheric chemistry and physics of air pollution, Seinfeld*

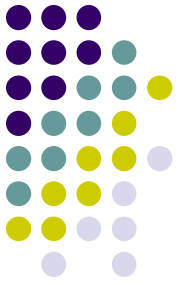
Ταξινόμηση των αιωρούμενων σωματιδίων ανάλογα με το μέγεθος τους



- Ολικά αιωρούμενα στερεά
(Total Suspended Particulates)
- Τα αδρομερή (coarse mode)
 - ❖ Μέγεθος $>2,5 \mu\text{m}$
- Λεπτομερή αιωρούμενα σωματίδια (fine mode)
 - ❖ Υποκατηγορία πυρήνα, μέγεθος 0.01 έως $0.1 \mu\text{m}$
 - ❖ Υποκατηγορία συσσώρευσης, μέγεθος 0.1 έως $2.5 \mu\text{m}$



Κατάταξη αιωρούμενων σωματιδίων με βάση την διεισδυτικότητα στον ανθρώπινο οργανισμό



- **Εισπνεύσιμα σωματίδια**

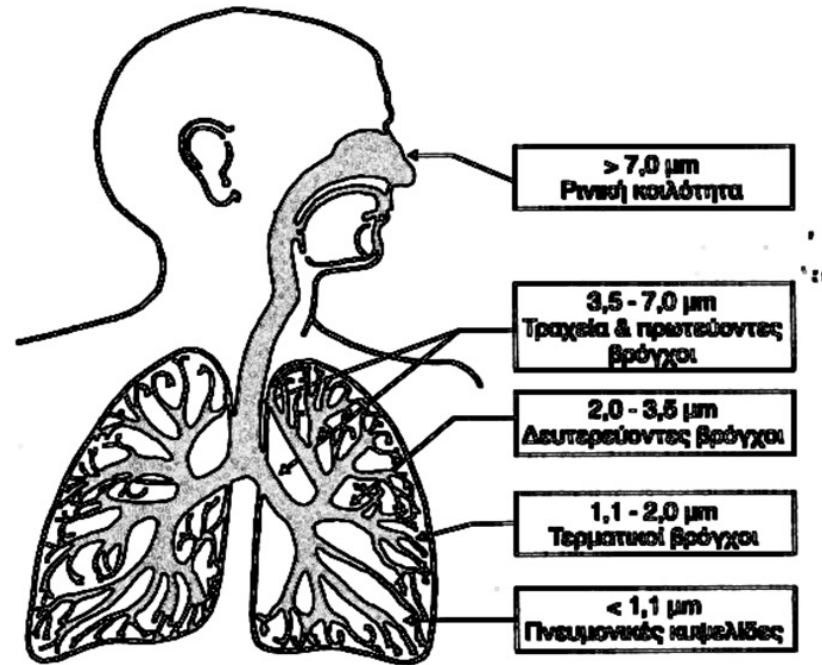
$D_a < 10\mu\text{m}$ εισέρχονται στο ανώτερο σύστημα της αναπνευστικής οδού

- **Θωρακικά σωματίδια**

$D_a < 7\mu\text{m}$ διαπερνούν το ανώτερο τμήμα της αναπνευστικής οδού

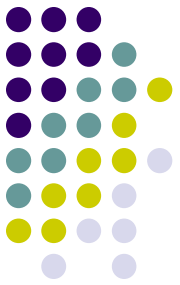
- **Αναπνεύσιμα σωματίδια**

$D_a \leq 2.5\mu\text{m}$, διεισδύουν έως τα βάθη των πνευμόνων



Διείσδυση σωματιδίων στο αναπνευστικό σύστημα.

Σωματιδιακοί ρύποι



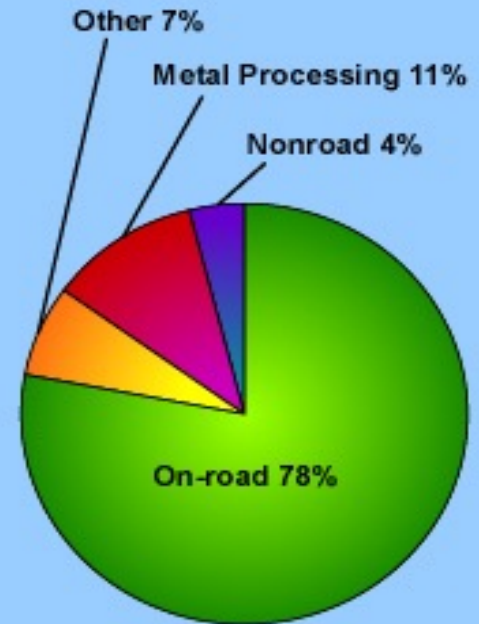
Global estimates of particles of natural origin < 20μm in diameter	
Source	Emissions (Tg yr ⁻¹)
Soil and rock debris	50-250
Forest fires	1-50
Sea salt	300
Volcanic debris	25-150
Particles formed from gaseous emissions of H ₂ S, NH ₃ , NO _x , HCs	345-1100
Total natural particles	721-1850

Estimated annual anthropogenic particulate matter emissions in the US	
Source category	Emissions (Tg yr ⁻¹)
Fuel combustion and industrial processes	10
Industrial processes fugitive emissions	3.3
Nonindustrial fugitive emissions	110-370
Transportation	1.3
TOTAL	125-385

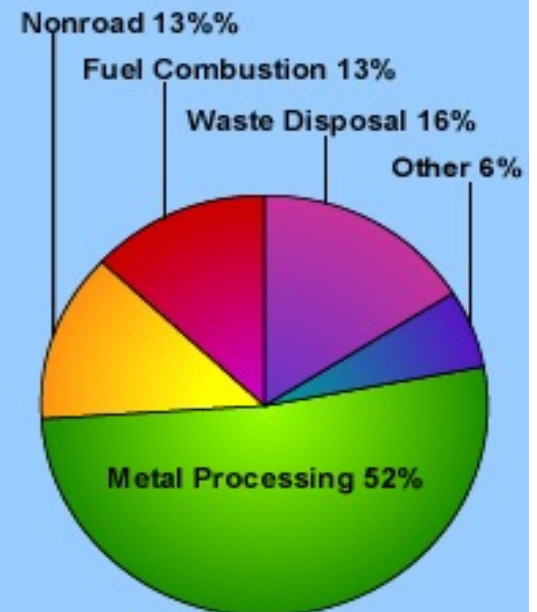
Άλλοι ρύποι

- Αλογόνα
 - Χλώριο (Cl) και παράγωγα
 - Φθόριο (F) και παράγωγα
 - Freons
- Μόλυβδος (Pb)
- Κάδμιο (Cd)
- Υδράργυρος (Hg)

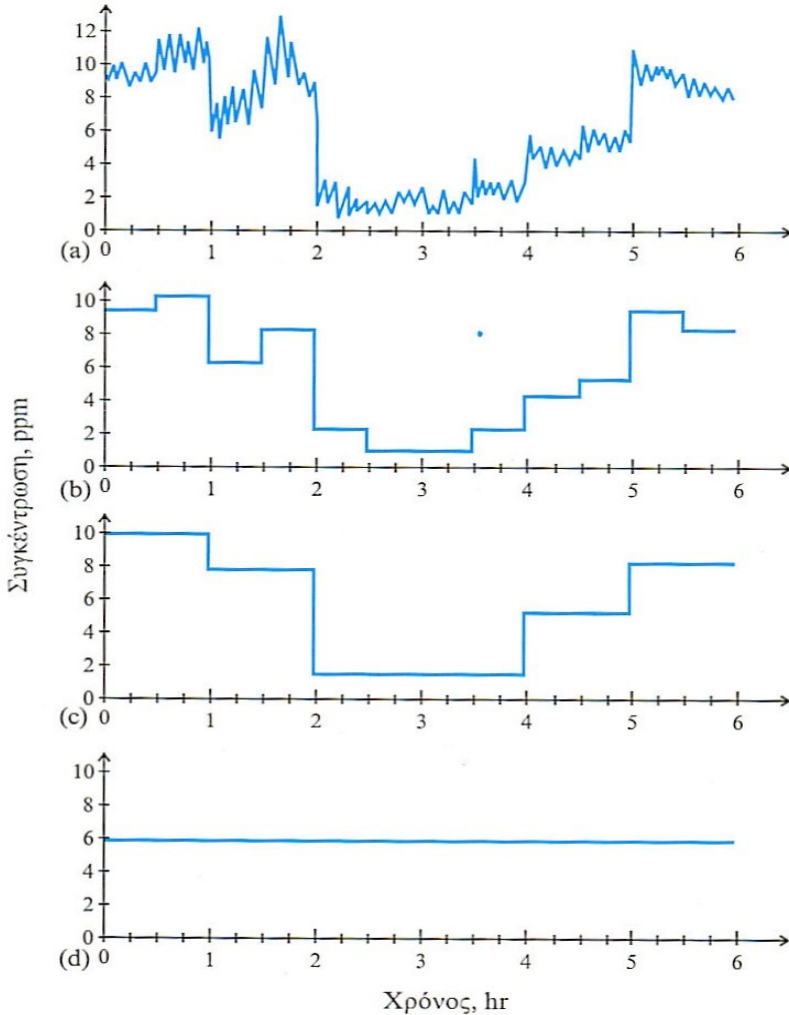
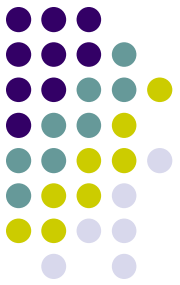
1970 Lead Emission Sources



1997 Lead Emission Sources



Μετρήσεις ρύπων

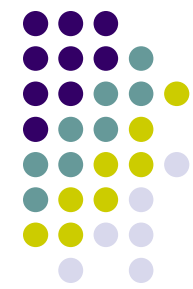


Συνεχής καταγραφή

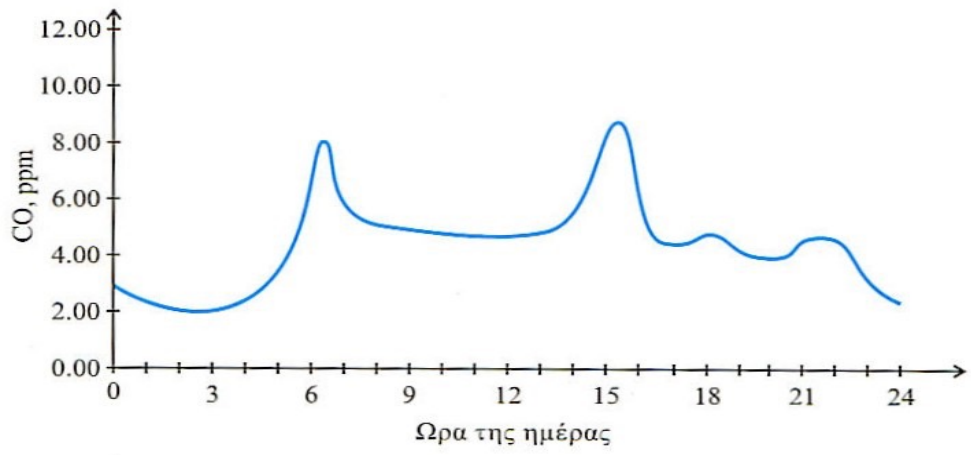
Μη συνεχής καταγραφή
(0,5 hrs)

1 hr

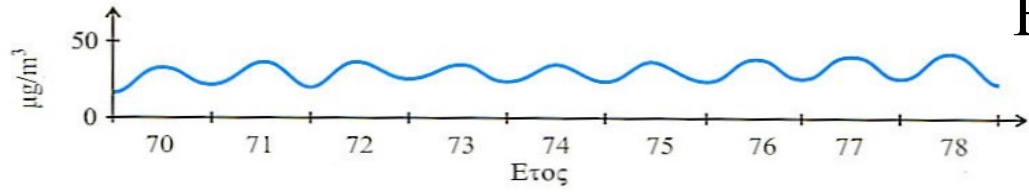
6 hrs



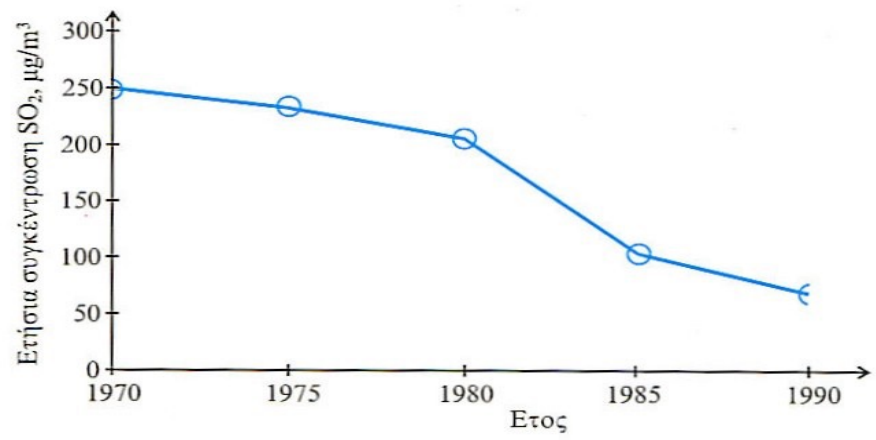
Κύκλοι διακύμανσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης



Ημερήσιος κύκλος
(CO σε πόλη των ΗΠΑ)

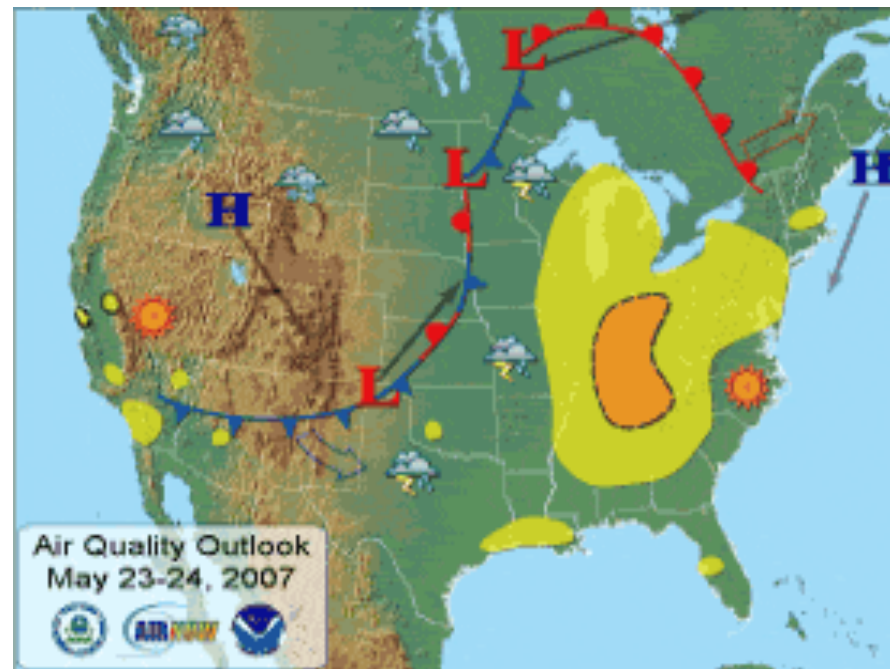


Εποχιακός κύκλος
σε αστικό περιβάλλον) (ΟΑΣ



Ετήσιος κύκλος
(SO₂ στο Μιλάνο)

Χρονικοί κύκλοι



Πίνακας. Συγκεντρώσεις διαφόρων ρύπων σε διαφορετικούς χρονικούς κύκλους

Ρύπος	Πόλη	Μέγιστη μέση τιμή συγκέντρωσης σε ppb, για διαφορετικούς κύκλους			
		1hr	1 μέρα	1 μήνας	1 έτος
CO	Νέα Υόρκη	30,896	11,713	6,014	5,217
SO ₂	Μαϊάμι	2,537	228	27	13
O ₃	Λος Άντζελες	290	72	38	23

Διάταξη βέλους (arrowhead chart)

