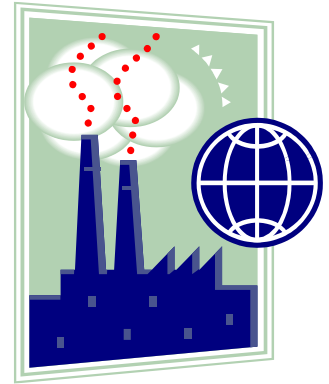


Περιβαλλοντική Μηχανική

Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης



Ενότητα 1

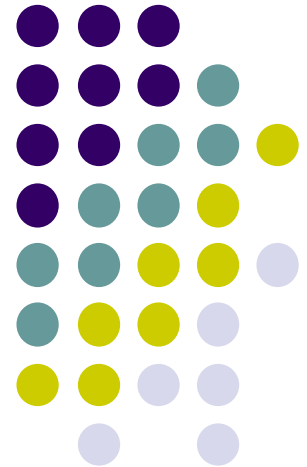
Γνωριμία με το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Ενότητα 2

Η ιστορία της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Ενότητα 3

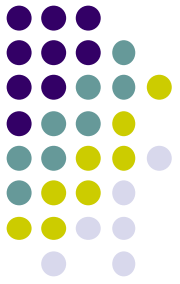
Διαβάθμιση του προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης



Περιεχόμενα



- Σύνθεση κατώτερης ατμόσφαιρας
- Χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας
- Τροπόσφαιρα – Στρατόσφαιρα – Μεσόσφαιρα – Ιονόσφαιρα – Μαγνητόσφαιρα
- Μεταβολή της συγκέντρωσης CO₂ στην ατμόσφαιρα
- Πηγές του προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης
- Κατηγορίες ρύπων
- Μεθάνιο (CH₄), Υποξείδιο του αζώτου (N₂O), Όζον (O₃) και Αλογονούχες ενώσεις
- Τρύπα του όζοντος
- Διοξείδιο του θείου και όξινη βροχή
- Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, στην πανίδα και στην χλωρίδα
- Ιστορία της ατμοσφαιρικής ρύπανσης
- Πρωτόκολλο του Κιότο
- Διαβάθμιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης



Los Angeles, CA, USA



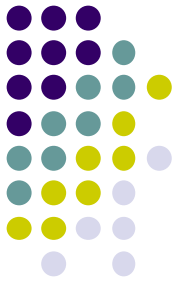
Newark, NJ, USA



“Φυσική» σκόνη και ελεγχόμενη
καύση καλλιεργειών

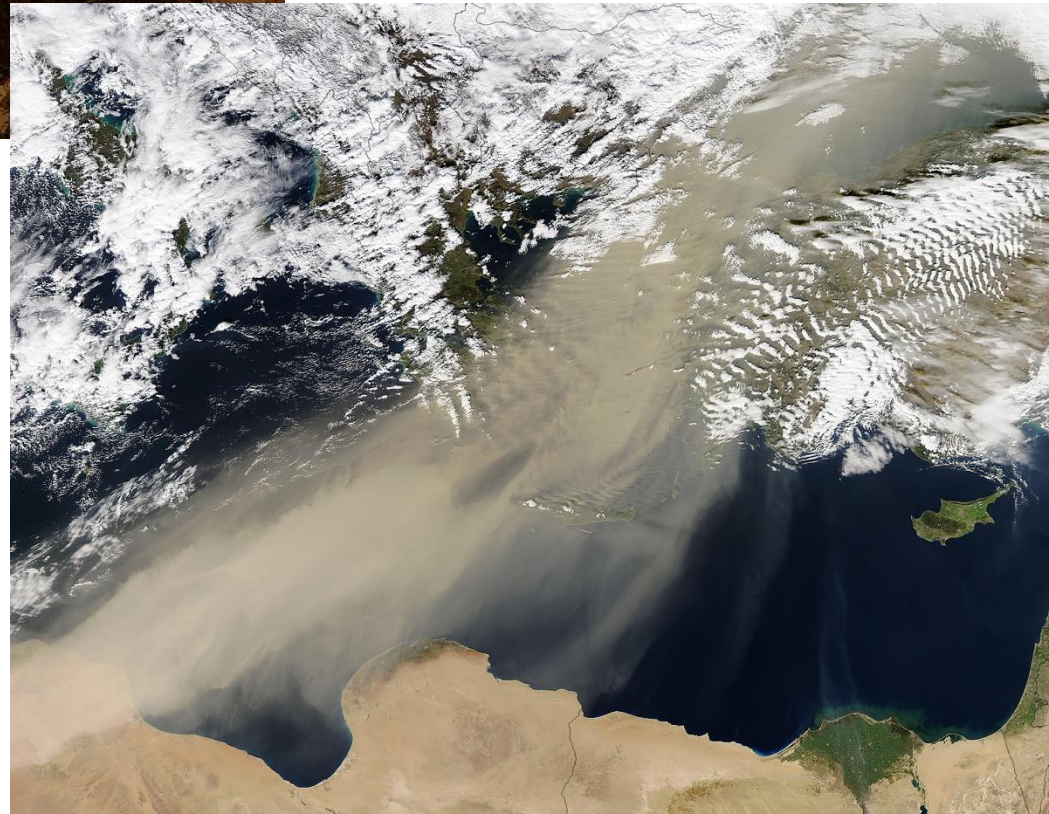


Πεκίνο, Κίνα

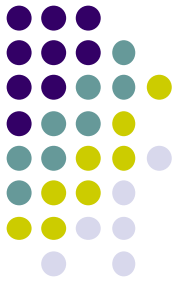


Saharan dust, Athens

Saharan dust



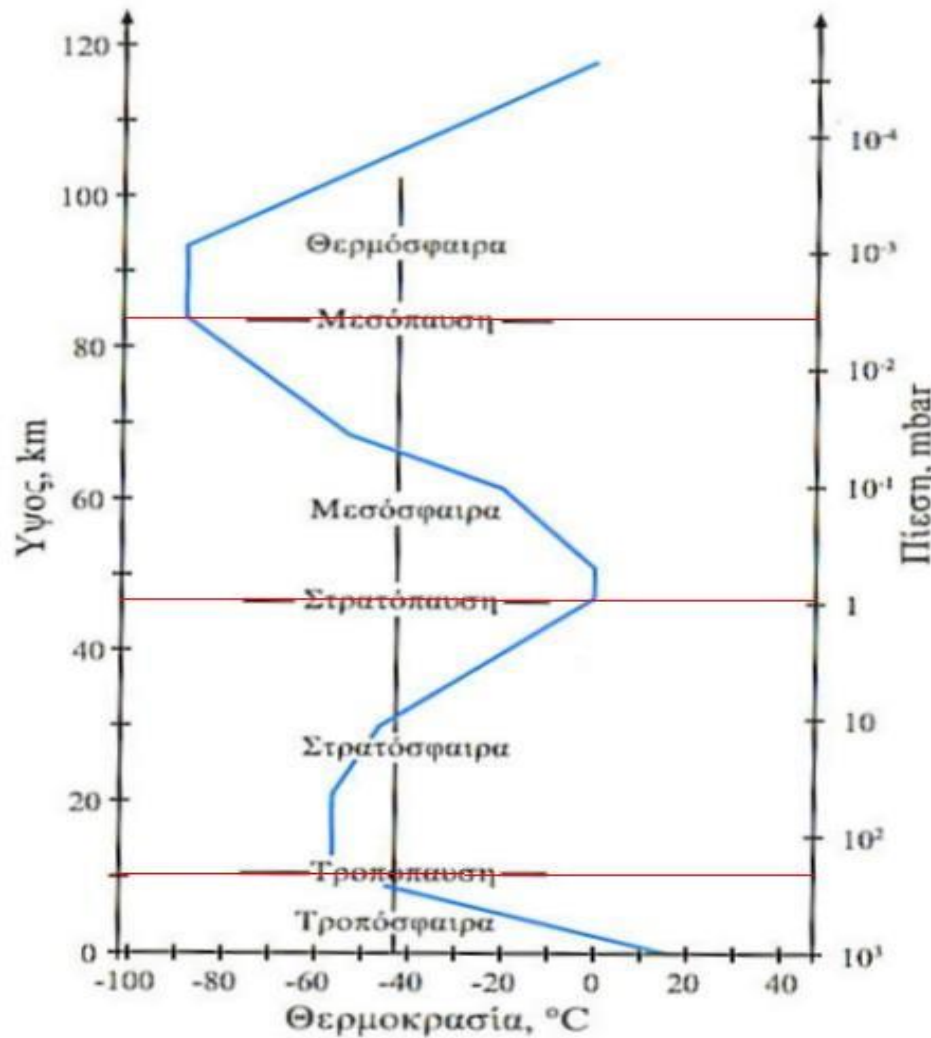
Ενότητα 1



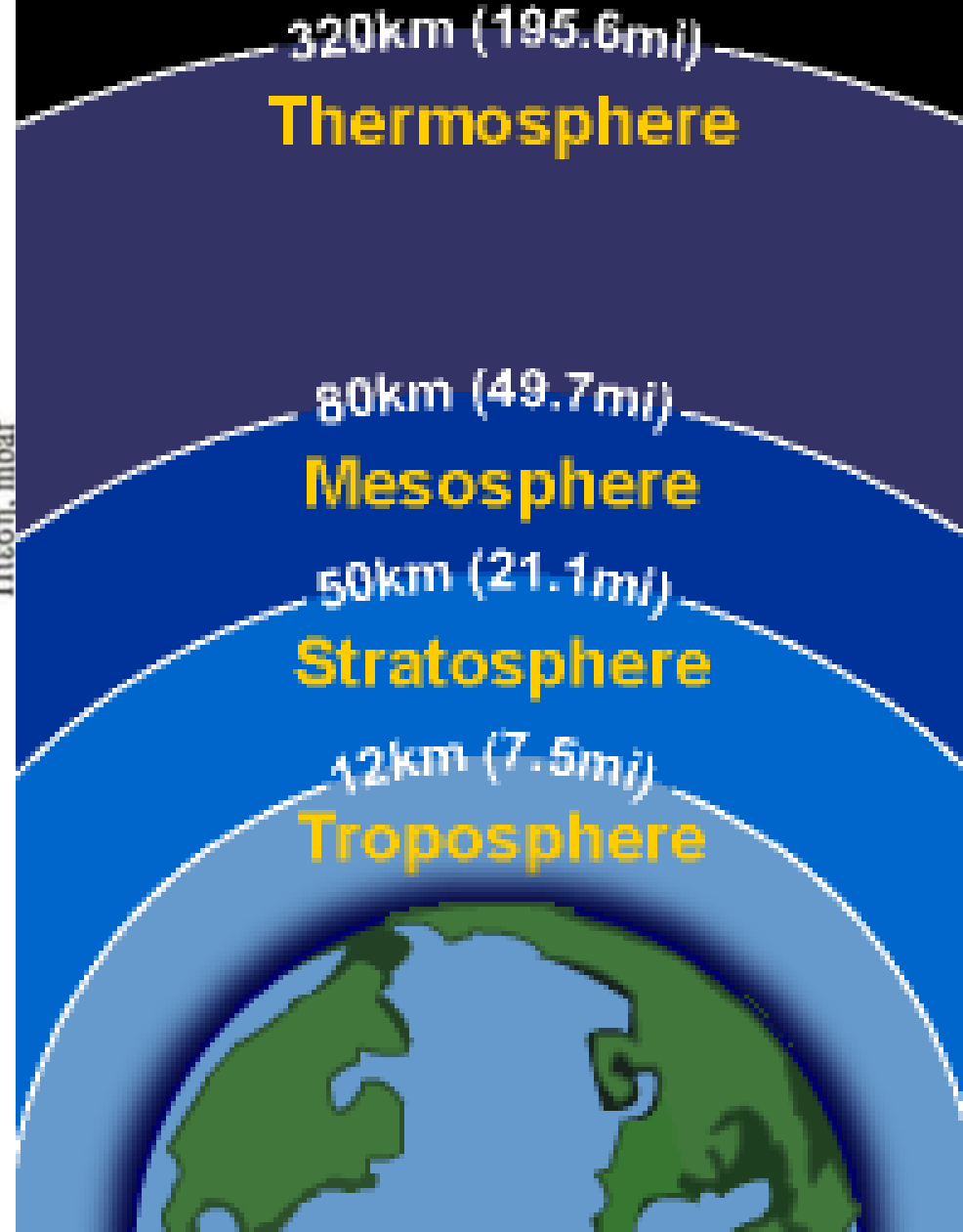
Γνωριμία με το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

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

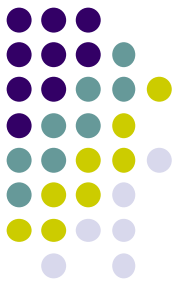
Η ατμόσφαιρα



ΔΠΘ-ΜΠΔ

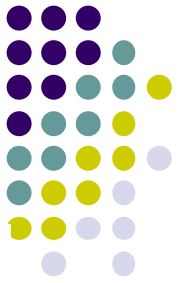


Σύνθεση κατώτερης ατμόσφαιρας



Συστατικό του αέρα	Μοριακός Τύπος	Περιεκτικότητα (%)
Άζωτο	N ₂	78,084
Οξυγόνο	O ₂	20,946
Αργό	Ar	0,934
Διοξείδιο του άνθρακα	CO ₂	0,037
Νέο	Ne	0,00182
Ήλιο	He	0,000524
Μεθάνιο	CH ₄	0,00015
Κρυπτό	Kr	0,000114
Υδρογόνο	H ₂	0,00005

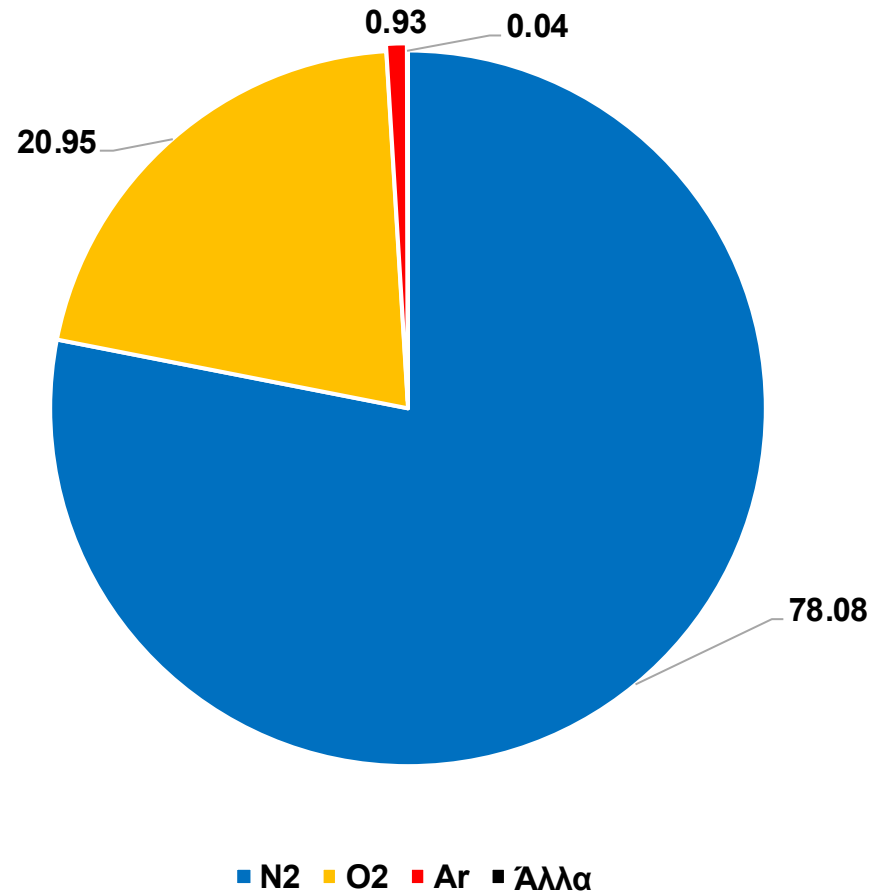
Ο καθαρός αέρας



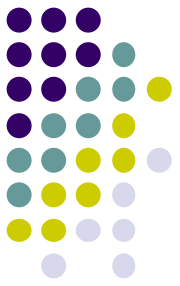
	Ξηρός αέρας		Υγρός αέρας	
	ppm (vol)	μg/m ³	ppm (vol)	μg/m ³
Άζωτο (N ₂)	780,000	8.95×10^8	756,500	8.67×10^8
Οξυγόνο (O ₂)	209,400	2.74×10^8	202,900	2.65×10^8
Νερό (H ₂ O)	-	-	31,200	2.30×10^7
Αργό (Ar)	9,300	1.52×10^7	9,000	1.47×10^7
CO ₂	315	5.67×10^5	305	5.49×10^5
Νέο (Ne)	18	1.49×10^4	17.4	1.44×10^4
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	-

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

Σύνθεση κατώτερης ατμόσφαιρας



Σύνθεση κατώτερης ατμόσφαιρας



- Ομοιόσφαιρα: στρώμα της ατμόσφαιρας στο οποίο η αναλογία των κυριότερων συστατικών του ξηρού αέρα παραμένει σταθερή (έως τα 100 km ύψος)
- Ετερόσφαιρα: στρώμα της ατμόσφαιρας στο οποίο η αναλογία των κυριότερων συστατικών του ξηρού αέρα παύει να είναι σταθερή (πάνω από 100 km ύψος)
- Μικρές και μεταβλητές συγκεντρώσεις αερίων: τα οξείδια του αζώτου, το ξένο, το όζον, το διοξείδιο του θείου, το μονοξείδιο του άνθρακα κ.α.

Χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας



- Υδρατμοί και διοξείδιο του άνθρακα παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην ατμόσφαιρα λόγω της ικανότητάς τους να απορροφούν την υπέρυθη ακτινοβολία
- Μέση υγρασία 8 gr υδρατμών / kg αέρα στην επιφάνεια της Γης
- Οι υδρατμοί είναι σημαντικοί λόγω των θερμοδυναμικών τους ιδιοτήτων (σχηματισμός νεφών, κατακρημνίσεις κ.α.)

Χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας



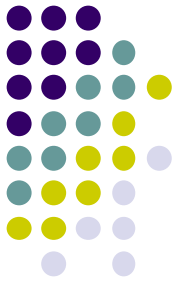
- Σχηματισμός βροχής και χιονιού μεταξύ 8-12 χλμ. της ατμόσφαιρας
- Όζον του οποίου η κυριότερη πηγή βρίσκεται στην στρατόσφαιρα
- Η πυκνότητα της ατμόσφαιρας στην στρατόσφαιρα είναι χαμηλή και μειώνεται με το ύψος
- Μέγιστη πυκνότητα όζοντος = 25 χλμ. Αλλά αλλάζει ανάλογα με το χρόνο και το γεωγραφικό πλάτος

Τροπόσφαιρα



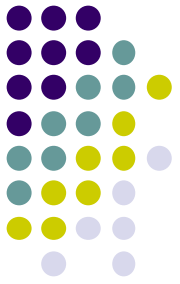
- Η Τροπόσφαιρα έχει έκταση 8 – 12 χλμ. και περιλαμβάνει το 90 % της ατμόσφαιρας
- Είναι παχύτερη στον Ισημερινό (15 – 18 χλμ. ύψος) ενώ στους πόλους έχει ύψος 6 – 8 χλμ.
- Μειώνεται η θερμοκρασία με το ύψος
- Στην Τροπόσφαιρα βρίσκουμε τα σύννεφα, τα καιρικά φαινόμενα, εξατμίσεις, υγροποιήσεις, κατακρημνίσεις κ.α.

Στρατόσφαιρα



- Πάνω από την τροπόσφαιρα βρίσκεται η Στρατόσφαιρα (stratosphere), που εκτείνεται από την κορυφή της τροπόσφαιρας, την τροπόπαυση
- Η έκτασή της είναι έως τα 50 χλμ. ύψος
- Έχουμε αύξηση της θερμοκρασίας
- Απορρόφηση υπεριώδους ακτινοβολίας μικρού μήκους κύματος
- Έχουμε το στρώμα του Junge = 18 – 25 χλμ. το οποίο αποτελείται από θειούχα αιωρούμενα σωματίδια (μεγάλες ηφαιστειακές εκρήξεις εισάγουν αέρια)
- Η κυκλοφορία πάνω από τα κατώτερα γεωγραφικά πλάτη σε ύψος (18 – 30 χλμ.) που εναλλάσσεται κάθε 12 – 13 μήνες από τα δυτικά στα ανατολικά και πίσω μεταβάλλει την κατανομή του όζοντος

Μεσόσφαιρα



- Η Μεσόσφαιρα έχει έκταση μεταξύ 50 – 80 χλμ. ύψος
- Έχουμε μείωση της θερμοκρασίας (183 K στα 80 χλμ.) – Μεσόπαυση
- Υδρατμοί που εισέρχονται στην Μεσόσφαιρα σχηματίζουν τα λεγόμενα νυχτερινά ή νυχαυγή νέφη τα οποία διακρίνονται ακόμα κι όταν ο Ήλιος είναι 10 – 20 μοίρες κάτω από τον ορίζοντα

Νυχταυγή νέφη

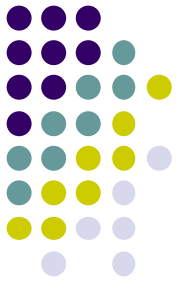


Ιονόσφαιρα



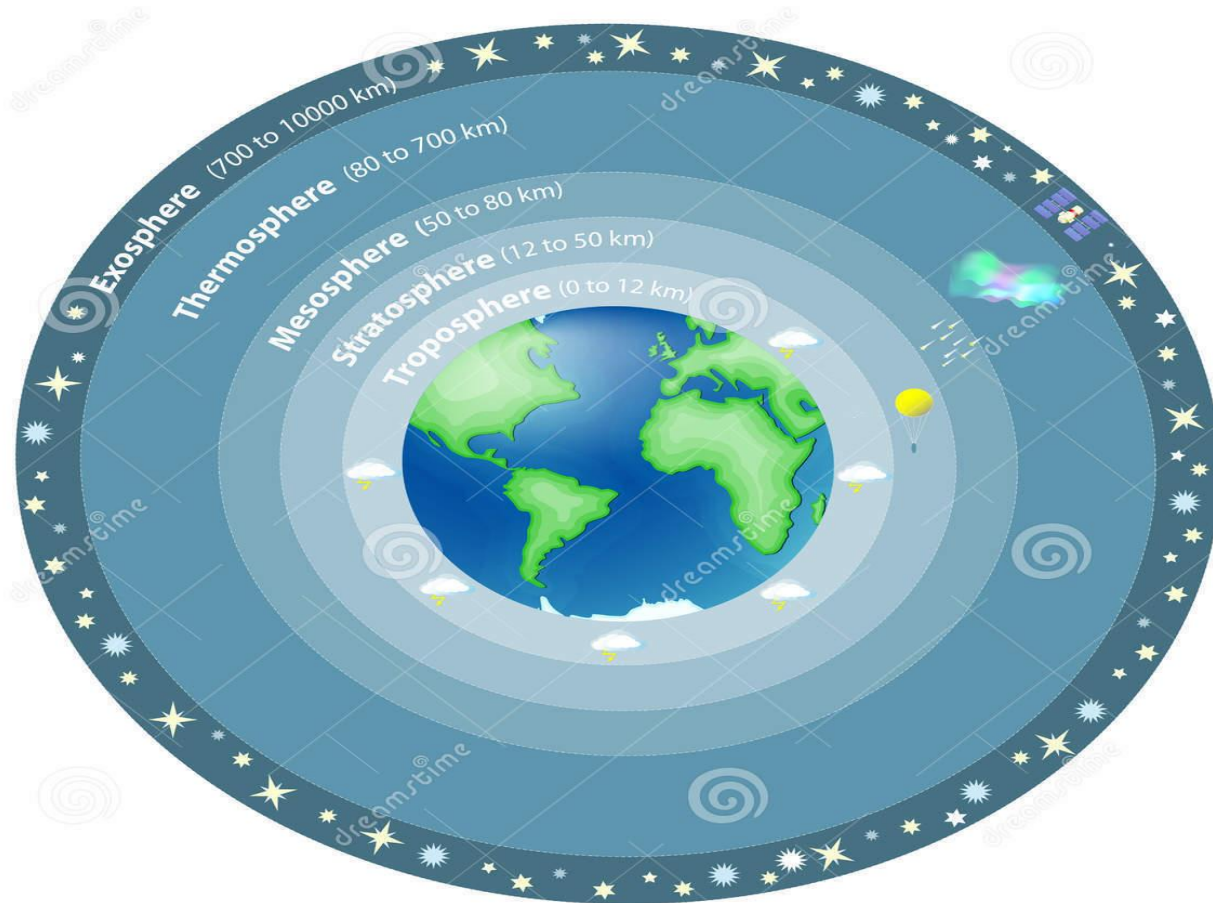
- Η έκταση της Ιονόσφαιρας είναι από τα 80 έως τα 1000 χλμ.
- Γίνεται αντανάκλαση των ραδιοκυμάτων
- Υπάρχει υψηλή κινητική θερμοκρασία, το τμήμα αυτό ονομάζεται Θερμόσφαιρα (η ταχύτητα των μορίων είναι μεγάλη)
- Η μέση θερμοκρασία είναι υψηλή και υπάρχουν διακυμάνσεις πάνω από 300 °C

Μαγνητόσφαιρα



- Η Μαγνητόσφαιρα είναι η εξώτατη στοιβάδα
- Δεν έχει καθορισμένα όρια
- Επηρεάζεται από το μαγνητικό πεδίο της Γης
- Καταλαμβάνει τον μεγαλύτερο όγκο από όλες τις στοιβάδες
- Η Εξώσφαιρα είναι λεπτότερη προς τα έξω και τα ελαφρά μόρια διαφεύγουν στο διάστημα

Διαχωρισμός Ατμόσφαιρας

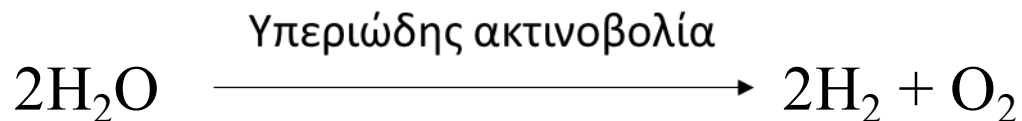


Οξυγόνο

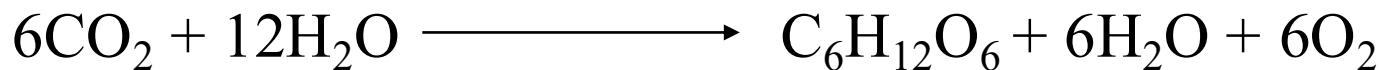


Παραγωγή οξυγόνου στην ατμόσφαιρα:

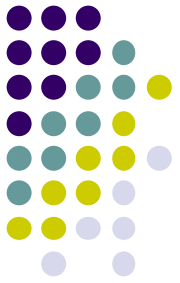
1. Φωτοδιάσπαση του νερού στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας



2. Φωτοσύνθεση:



Διοξείδιο του άνθρακα



- Παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στη θέρμανση της κατώτερης ατμόσφαιρας
- Εκλύεται από:
 1. Την αναπνοή έμβιων όντων
 2. Την αποσύνθεση οργανικής ύλης
 3. Την καύση οργανικής ύλης
 4. Τις αλλαγές στη χρήση γης
 5. Φυσικές διεργασίες (έκρηξη ηφαιστείων, θερμοπηγές και διάβρωση πετρωμάτων)

Διοξείδιο του άνθρακα

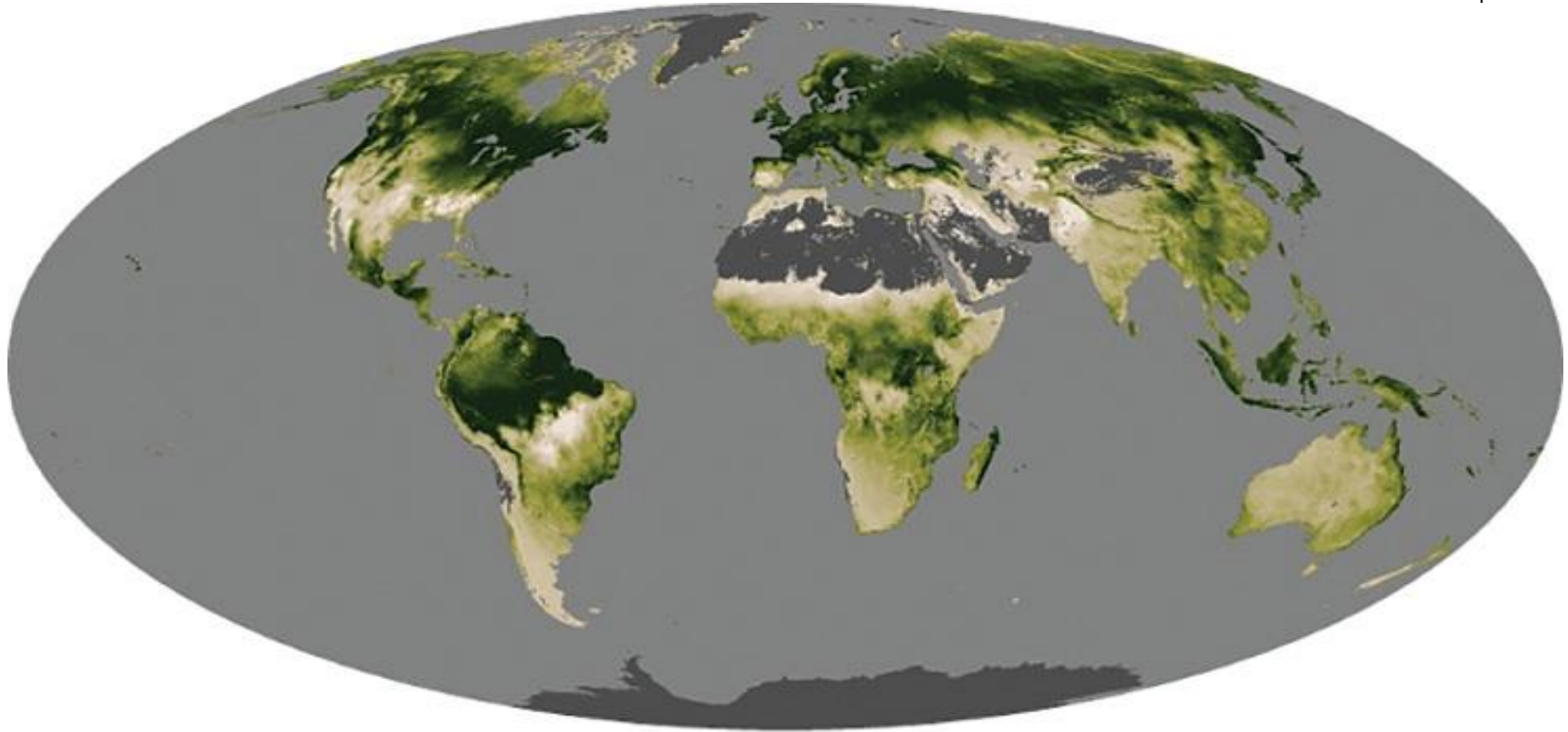
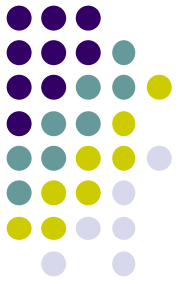


Δεσμεύεται:

- Μέσω της φωτοσύνθεσης
- Από τους ωκεανούς, στο νερό των οποίων παρουσιάζει μεγάλη διαλυτότητα
- Μέσω της παρασκευής χούμου από νεκρά οργανικά υλικά

Το CO₂ αποτελεί το κυριότερο θερμοκηπιακό αέριο και ο ρόλος του στην υπερθέρμανση του πλανήτη είναι πολύ σημαντικός.

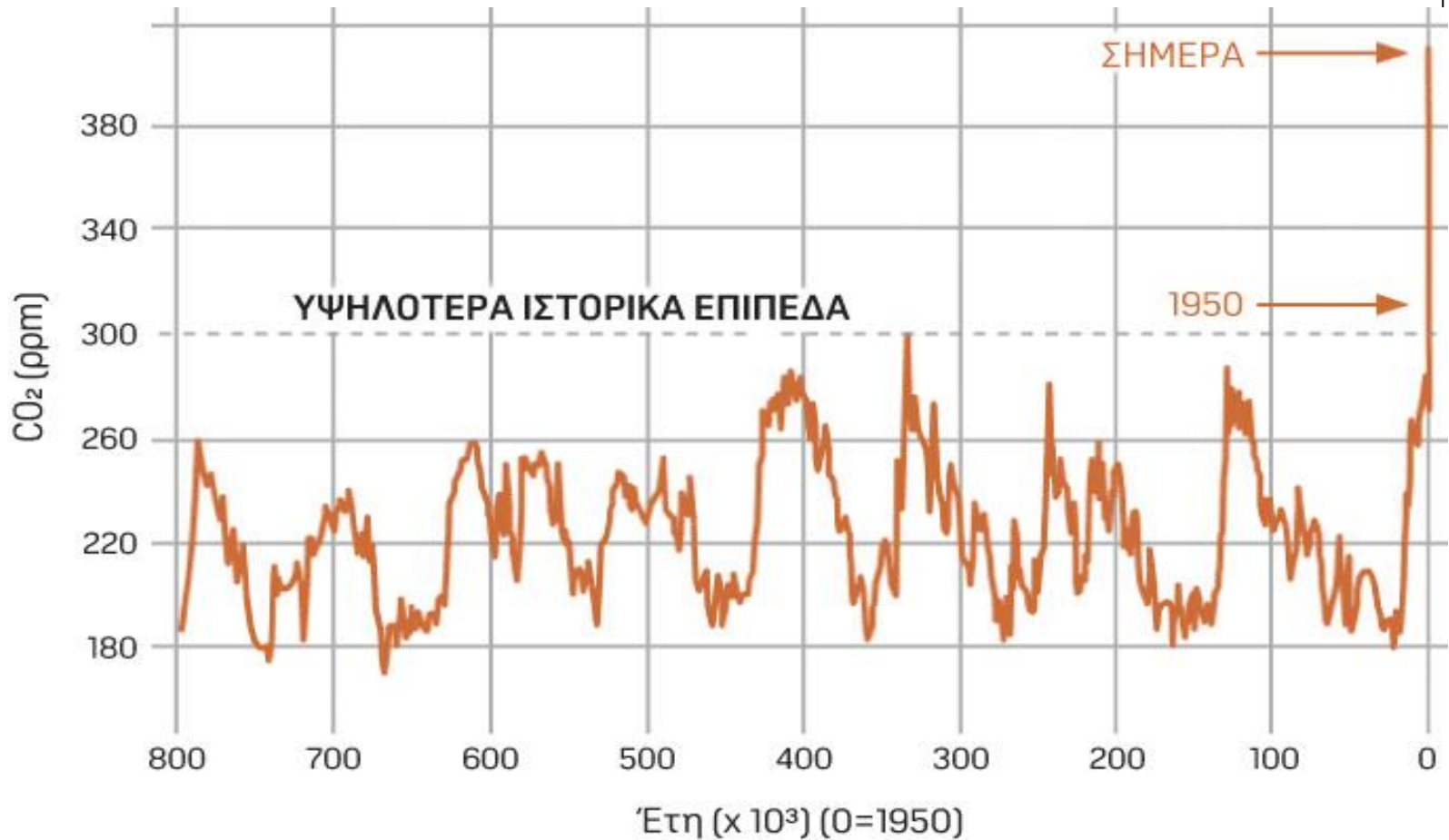
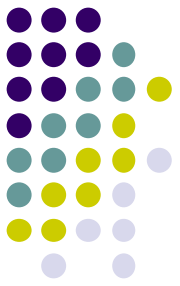
Διοξείδιο του άνθρακα



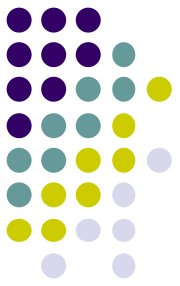
Καθαρή δέσμευση CO₂ (gC/m² ανά ημέρα)



Μεταβολή της συγκέντρωσης CO₂ στην ατμόσφαιρα

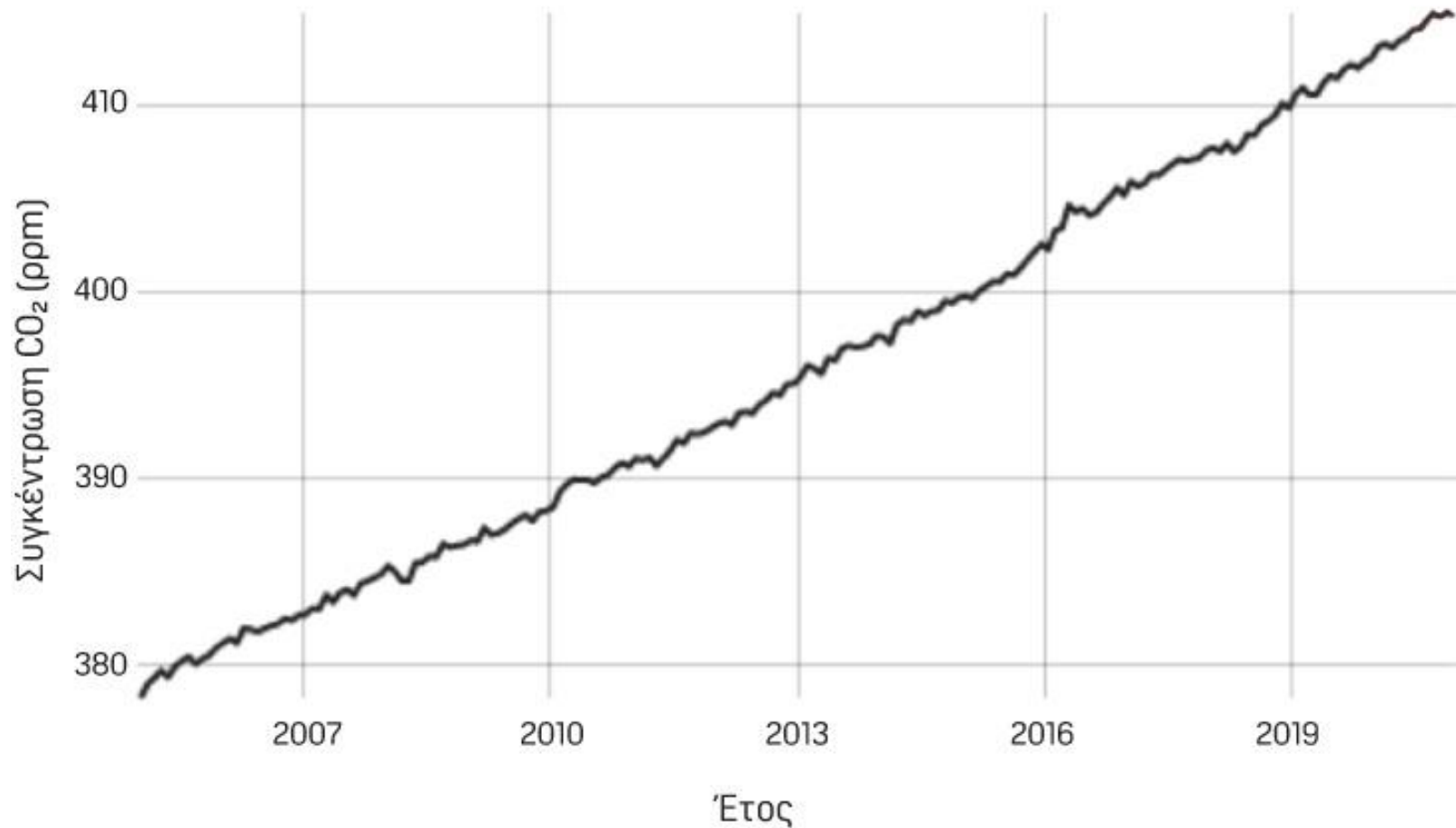
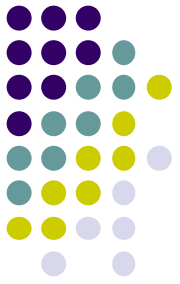


Μεταβολή της συγκέντρωσης CO₂ στην ατμόσφαιρα

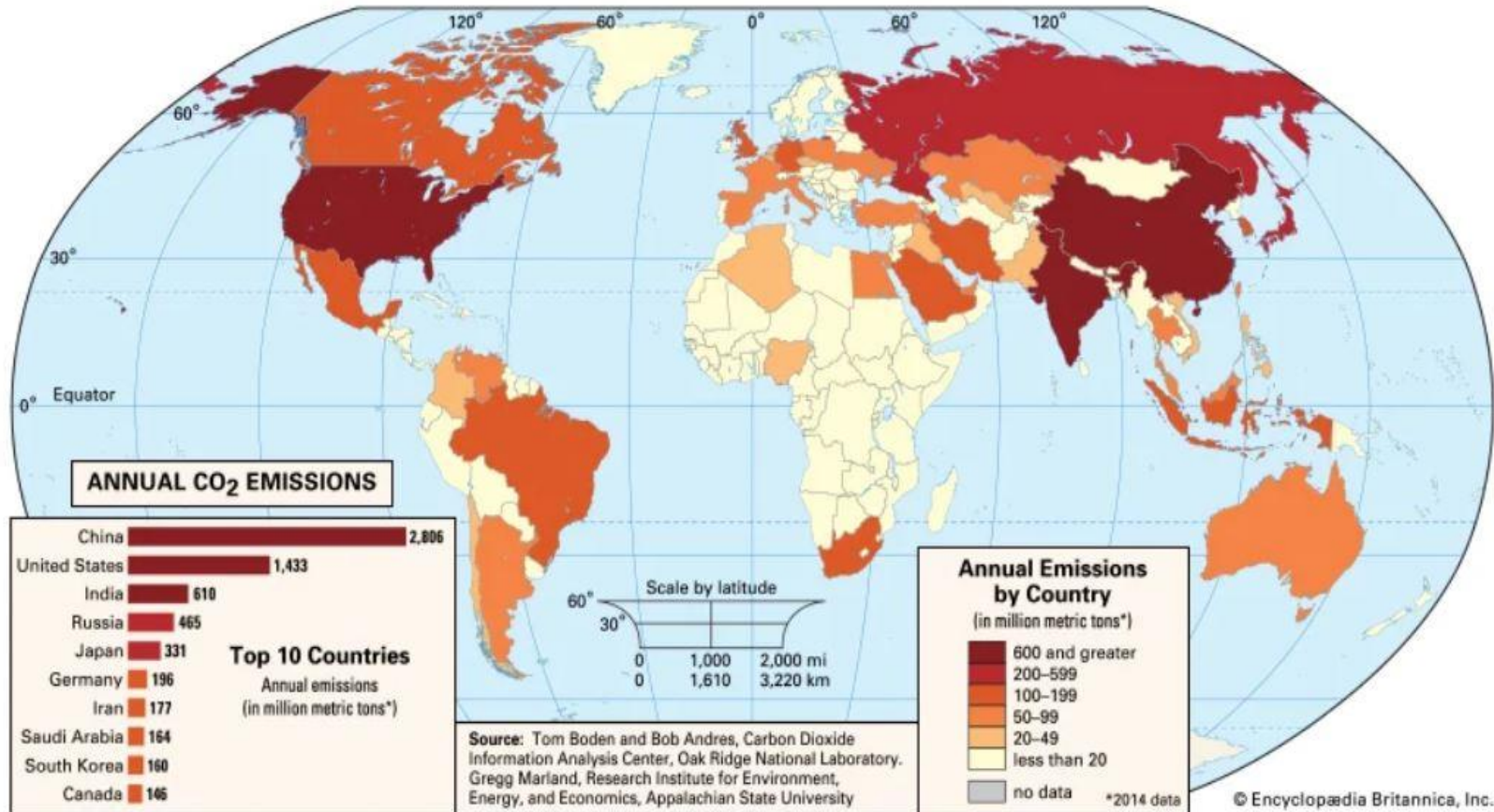


- Το 1860 η συγκέντρωση CO₂ στην ατμόσφαιρα ήταν 280 ppm
- Το 1960 η συγκέντρωση CO₂ στην ατμόσφαιρα ήταν 320 ppm
- Σήμερα η συγκέντρωση CO₂ στην ατμόσφαιρα είναι 412 ppm
- Η υψηλότερη των τελευταίων 800.000 χρόνων

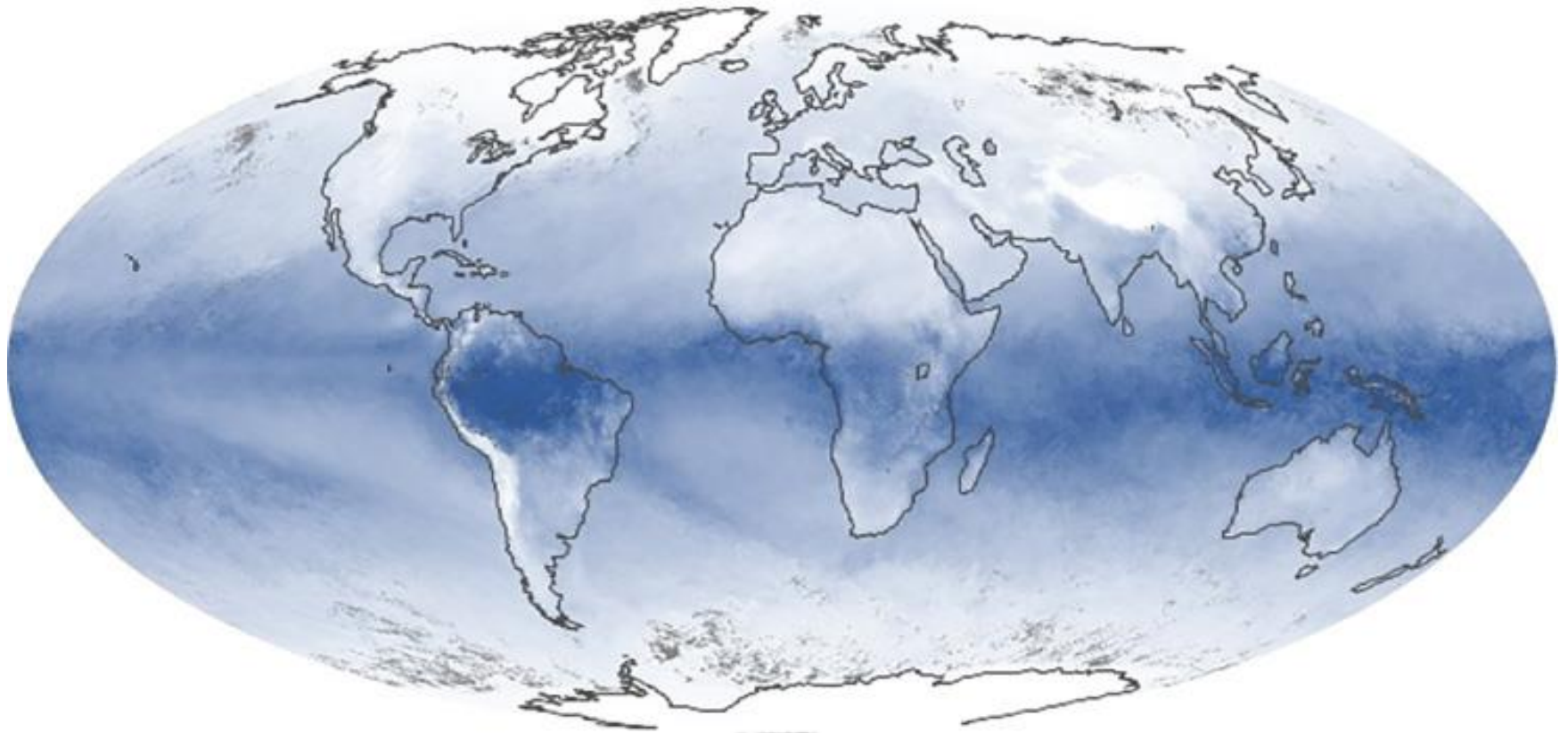
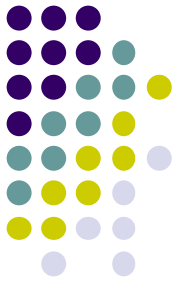
Μετρήσεις CO₂ από το παρατηρητήριο Mauna Loa της Χαβάης



Εκπομπές CO₂ ανά χώρα



Υδρατμοί



Υδρατμοί (cm)





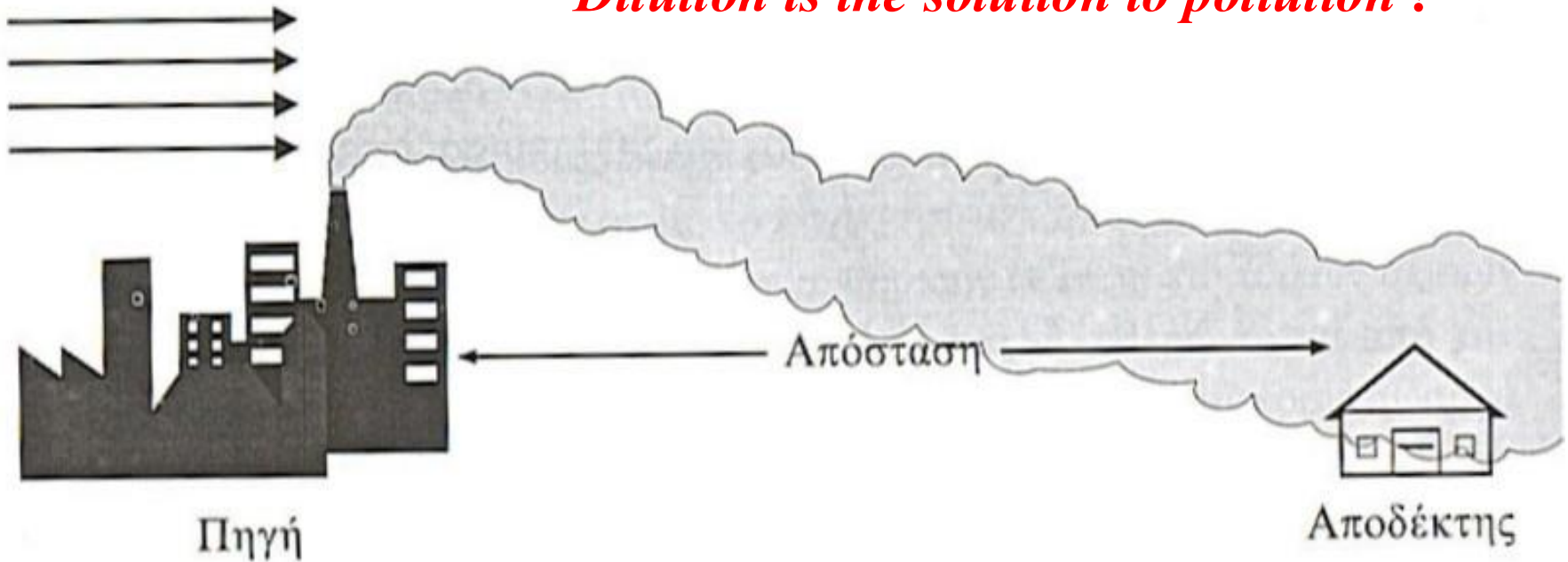
Έννοιες

- **Πηγές** (sources) ρύπων, φυσικές / ανθρωπογενείς
- **Καταβόθρες** (sinks) ρύπων (έδαφος, βλάστηση, υδάτινες επιφάνειες)
- **Χρόνος ημιζωής** ρύπων (CO_2 , N_2O , 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.

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

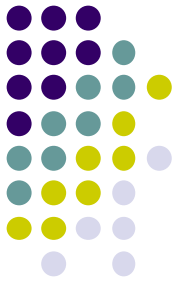


Για αποφυγή σύγχυσης όλες οι συγκεντρώσεις θα εκφράζονται σε:
 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, στους 25°C και σε πίεση 760 mm Hg

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

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

Ορισμοί



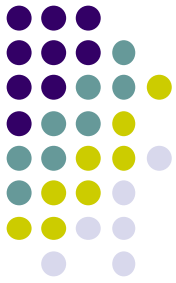
- Air pollution is the term used to describe the presence in the atmosphere of one or more air contaminants in quantities and/or characteristics for a duration that will be injurious to, or unreasonably interfere with, public health and welfare or other natural environmental processes (*Air Pollution 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

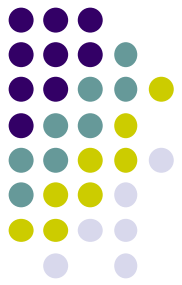


- Ατμοσφαιρική ρύπανση είναι η προσθήκη κάθε υλικού (μοριακής ή σωματιδιακής φύσης) στην ατμόσφαιρα που μας περιβάλλει η οποία θα έχει σαν αποτέλεσμα τη δηλητηρίαση της ζωής (βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα) στον πλανήτη. (*Γεντεκάκης, 2003*)
- Ατμοσφαιρική ρύπανση είναι η παρουσία στο περιβάλλον ρύπων, 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*)

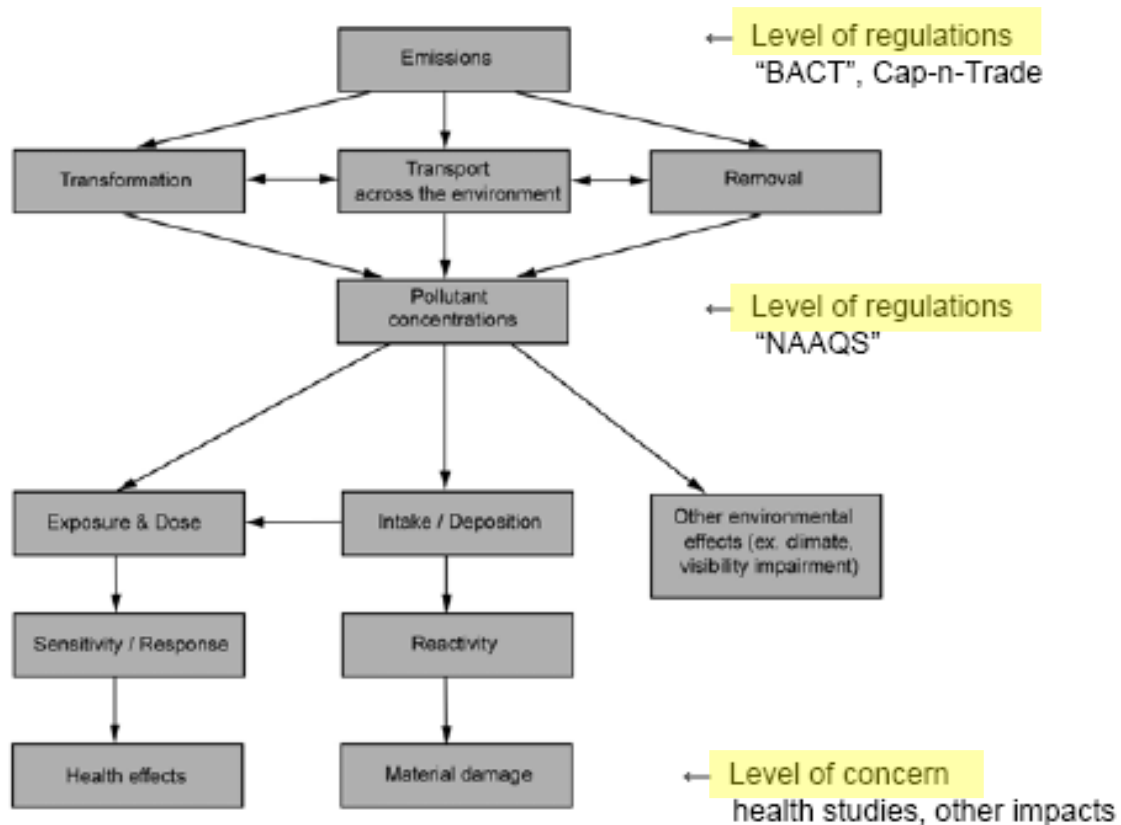
Point and diffuse sources of emissions and the exposure routes for humans and the environment



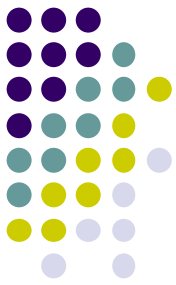
Εισαγωγή στο πρόβλημα



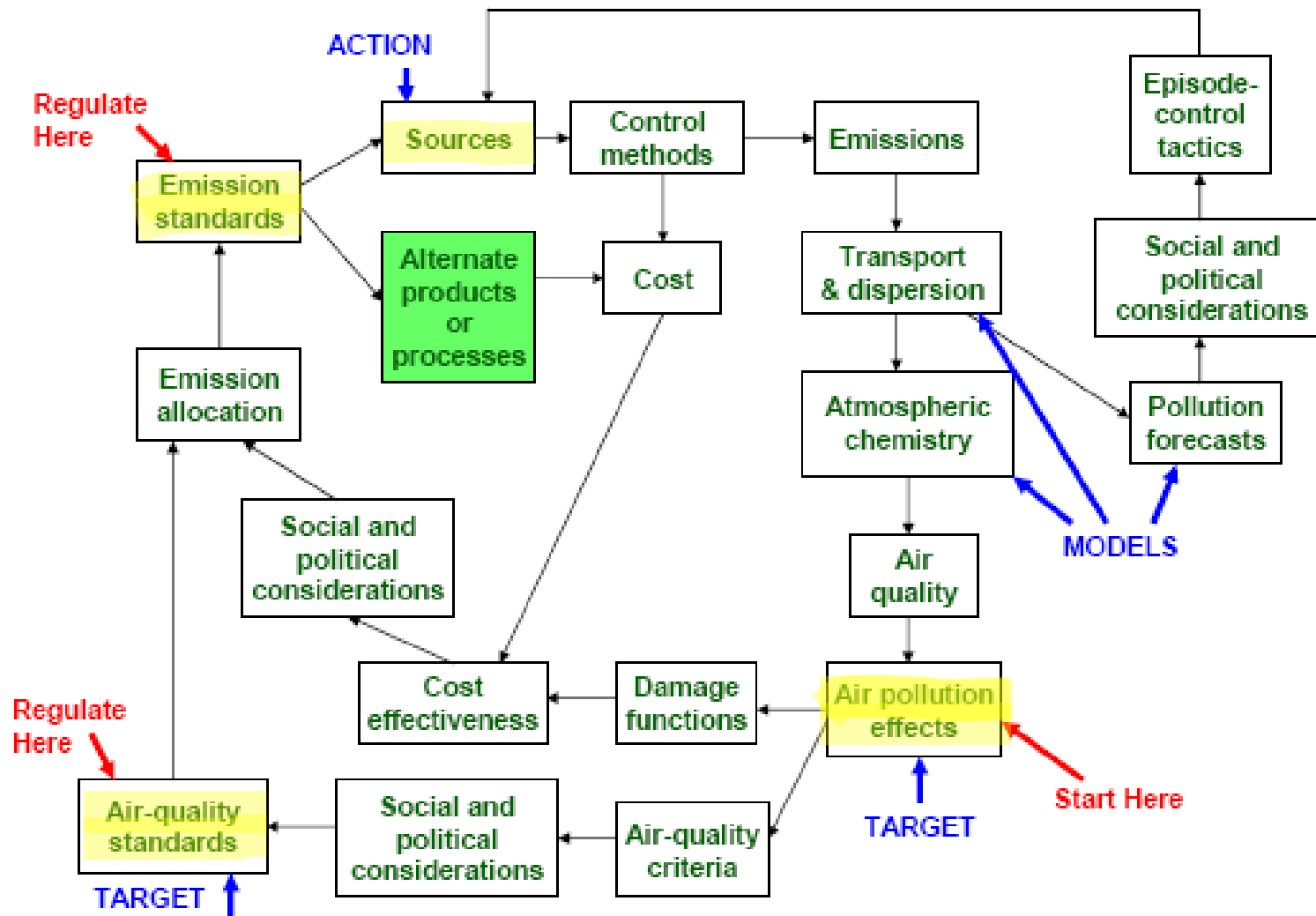
Framework for understanding air pollution problems
(Nazaroff & Alvarez-Cohen, Figure 7.A.1, page 390, slightly modified)



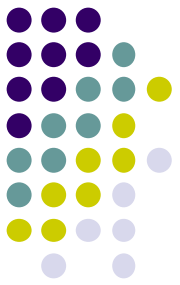
Εισαγωγή στο πρόβλημα



Components of an Air-Pollution Management System

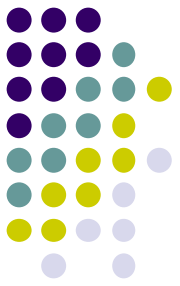


Εισαγωγή στο πρόβλημα - Πηγές



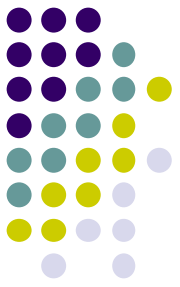
- Μηχανές εσωτερικής καύσης (60%)
- Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (10-15%)
- Οικιακή θέρμανση (10%)
- Βιομηχανικές καύσεις / εκπομπές (20%)
- Ανεπιθύμητες καύσεις (5%)

Τεχνολογική ανάπτυξη και αλλαγή στις χρήσεις γης



- Αύξηση επιπέδων CO₂:
- Καύση ή αποψίλωση δασών
- Αλλαγές στις χρήσεις γης
- Καύση ορυκτών καυσίμων
- 40% αύξηση στις εκπομπές CO₂ από τις αλλαγές στις χρήσεις γης και την αποψίλωση δασών

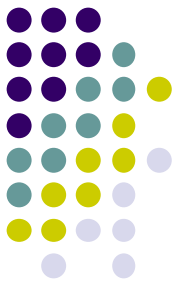
Πολυάριθμες μη ιδιαίτερα σημαντικές πηγές



- 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

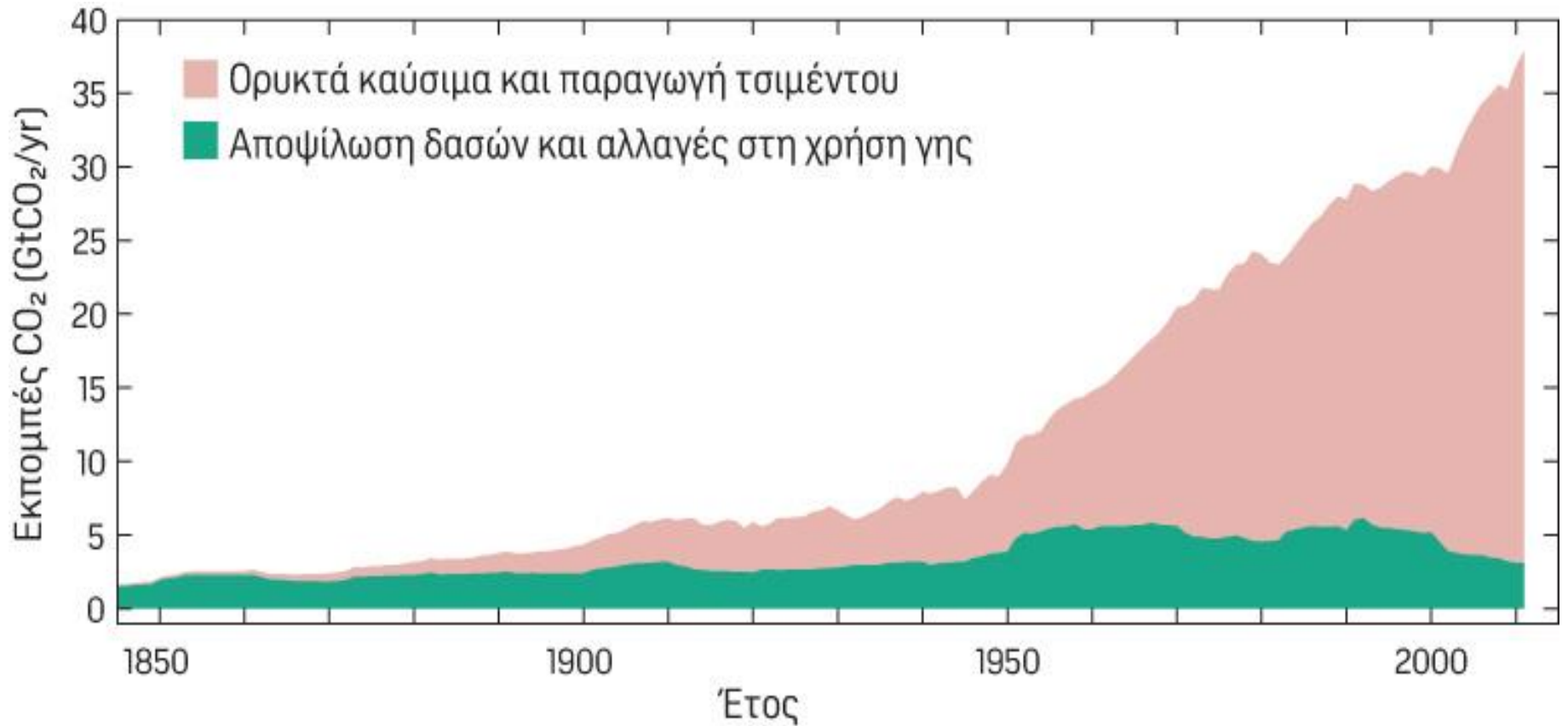
Πολυάριθμες άλλες μικρές πηγές → δυσκολία λεπτομερούς καταχώρησης και εκτίμησης

Παραδείγματα εκπομπών της χημικής βιομηχανίας (σε ετήσια βάση)

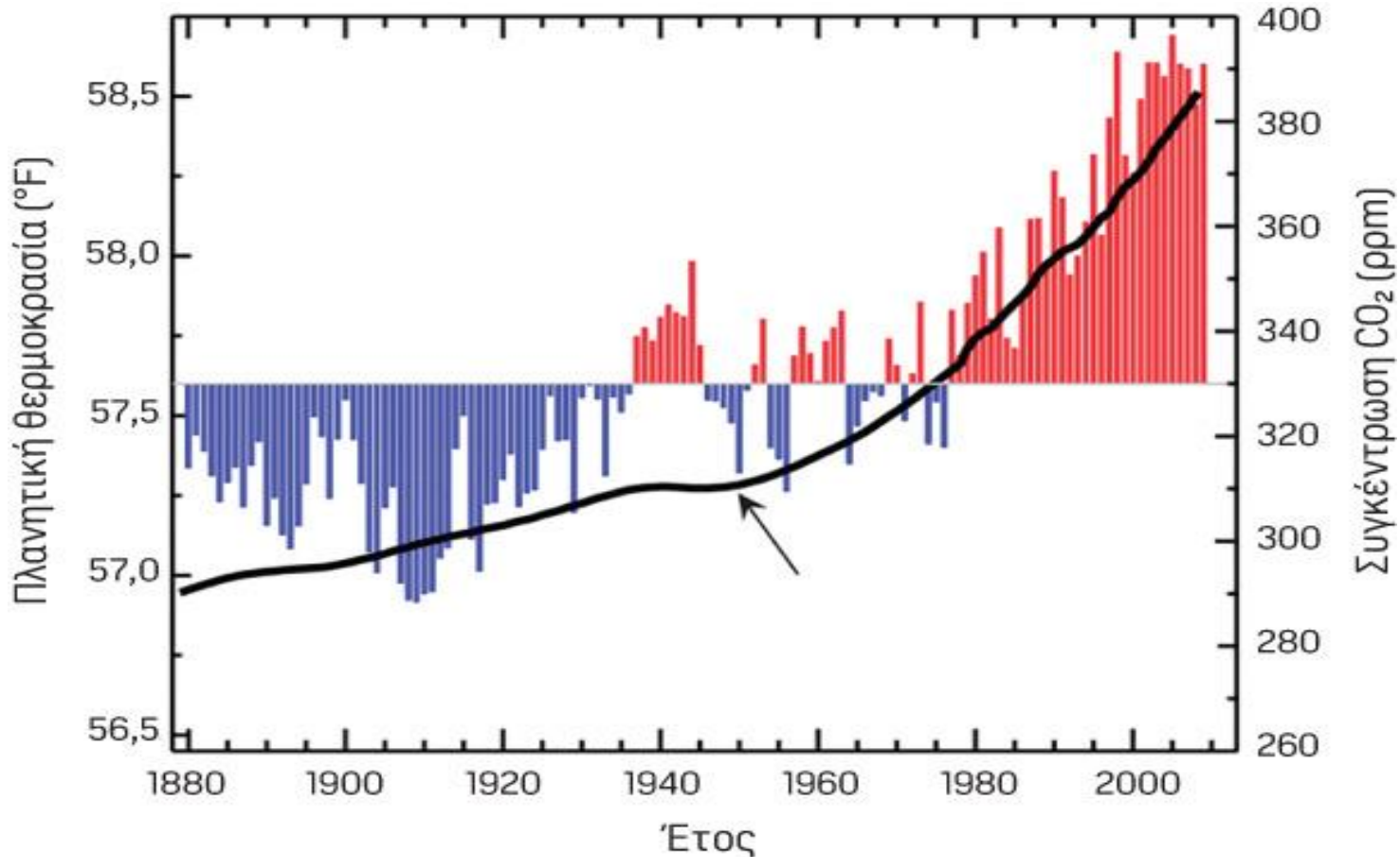


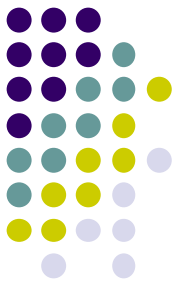
- ◆ **Διυλιστήρια Πετρελαίου:** 3.8 δισεκατομμύρια kg σωματιδιακής ύλης, οξειδίων του θείου, υδρογονανθράκων, και μονοξειδίου του άνθρακα.
- ◆ **Διαδικασίες τήξεως αλουμινίου, χαλκού, μολύβδου, ψευδαργύρου, κλπ:** 3.8 δισεκατομμύρια kg σωματιδιακής ύλης και οξειδίων του θείου.
- ◆ **Χυτήρια σιδήρου:** 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.

Ετήσιες εκπομπές CO₂ από διάφορες ανθρωπογενείς πηγές



Μεταβολή της συγκέντρωσης CO₂ και της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας





Κατηγορίες ρύπων

Πρωτογενείς

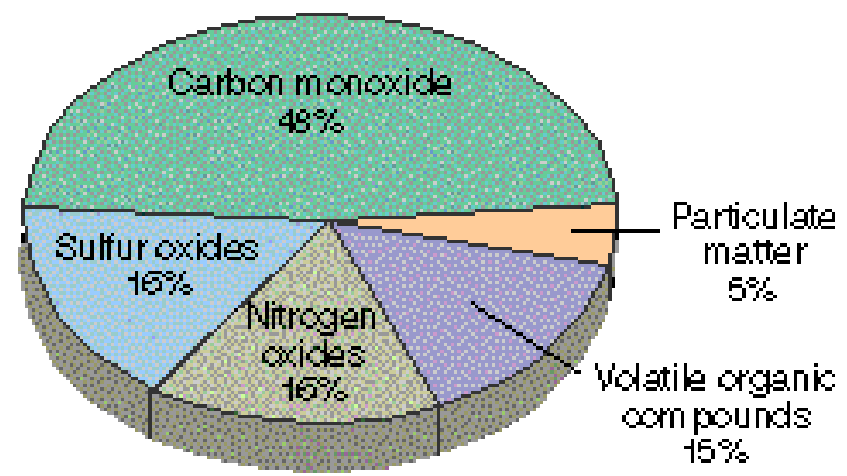
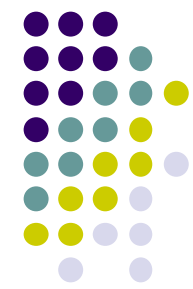
1. CO, CO₂
2. SO₂, SO₃ και ενώσεις θείου (OCS, CH₃SCH₃, κτλ.)
3. N₂O, NO_x: NO, NO₂ και NH₃
4. CH₄, H/C, VOCs
5. Σωματιδιακή ύλη

Δευτερογενείς (π.χ. O₃)

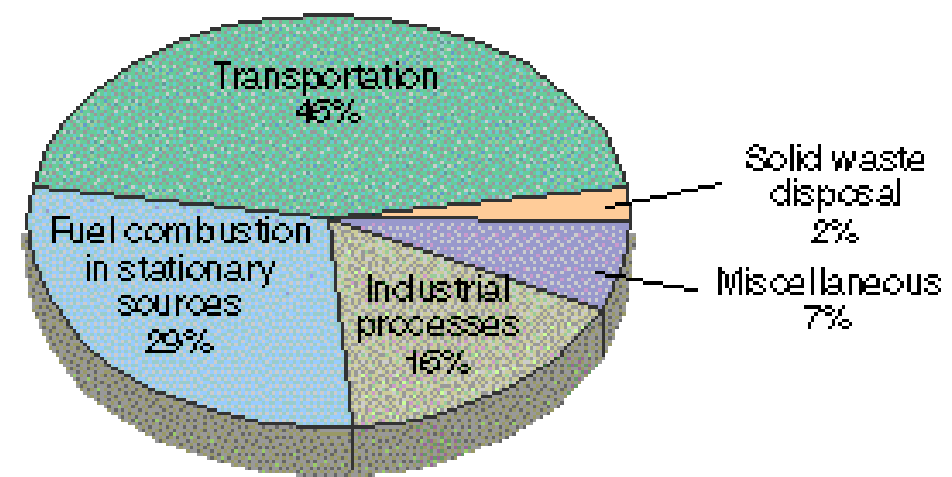


Κατηγορίες ρύπων – Ρύποι-κριτήρια (ΗΠΑ)

Criteria Pollutant	Primary / Secondary	Source(s)	Effect(s)
CO <i>Carbon Monoxide</i>	P	Incomplete combustion	Impairs oxygen-carrying capacity of blood
NO ₂ <i>Nitrogen Dioxide</i>	S	From NO in combustion	Respiratory irritant Visibility impairment Acid deposition
O ₃ <i>Ozone</i>	mostly S	From NO and NO ₂	Coughing, Chest pain Lung damage
SO ₂ <i>Sulfur Dioxide</i>	P	Sulfur in fuels, esp. coal	Lung irritant Acid deposition
PM ₁₀ and PM _{2.5} <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



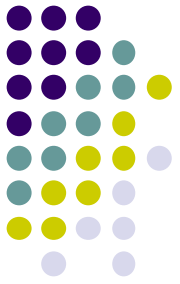
ΠΗΓΗ	ΡΥΠΟΣ (εκατομμύρια τόνοι/έτος)					
	CO	SO ₂ , SO ₃	NO, NO ₂	H/C	Σωματίδια	Σύνολα
ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ:						
Αυτοκίνητο →	67.3	0.3	7.0	12.7	0.7	88.0
Άλλα	3.9	0.1	1.0	1.1	0.5	6.6
Σύνολο	71.2	0.4	8.0	13.8	1.2	94.6
ΚΑΥΣΕΙΣ:						
Παρ. Ηλεκτρικής Ενέργειας	0.1	14.0	3.5	-	2.3	19.9
Βιομηχανία →	0.3	5.5	3.1	0.1	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
ΣΥΝΟΛΑ	86.6	30.3	16.6	23.6	14.6	172.8

Μεθάνιο (CH₄)

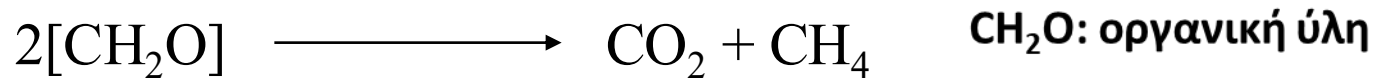


- Μικρές συγκεντρώσεις (1,7 ppm)
- 30 φορές πιο αποτελεσματικό από το CO₂ στην απορρόφηση της υπέρυθρης ακτινοβολίας
- Μικρός χρόνος ζωής (12 έτη)
- Μικρότερη συνεισφορά στη διαταραχή του ενεργειακού ισοζυγίου Γης – Ατμόσφαιρας από το CO₂

Μεθάνιο (CH₄)

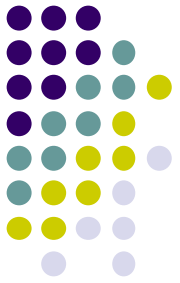


- Παράγεται από αναερόβια βακτήρια σε υδροσυλλογές όπως τα έλη, οι βάλτοι, οι υγρότοποι και οι ορυζώνες



- Παράγεται από τους τερμίτες και το γαστρεντερικό σύστημα των βοοειδών, αιγοπροβάτων και άλλων ζώων
- Ειδικότερα από τη ζύμωση στο πεπτικό τους σύστημα

Μεθάνιο (CH₄)



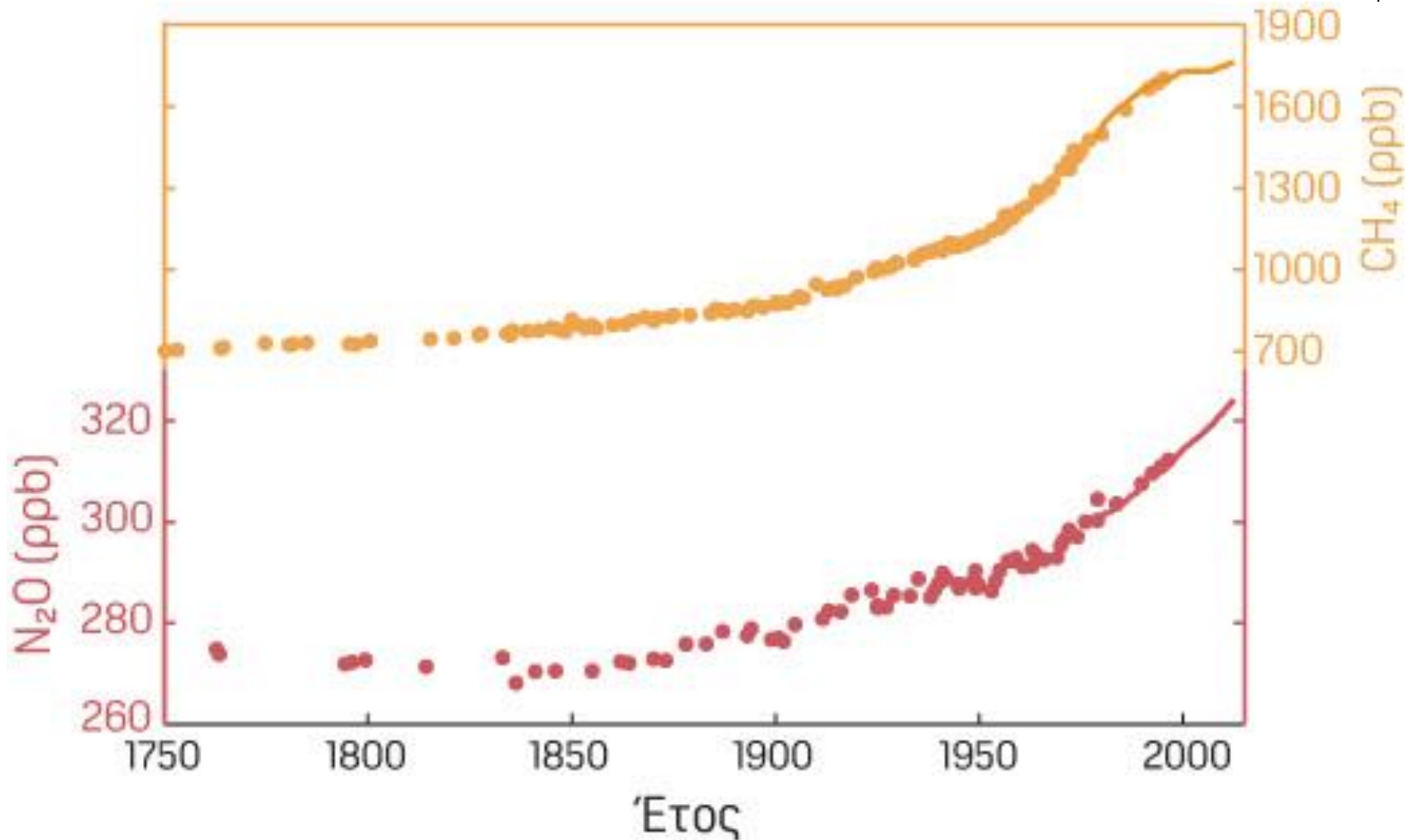
- Η συγκέντρωση του Μεθανίου έχει διπλασιαστεί από το 1800 μέχρι σήμερα
- Παγκόσμια αύξηση του πληθυσμού
- Εντατικοποίηση της γεωργίας και της κτηνοτροφίας
- Έκλυση CH₄ που ήταν αποθηκευμένο στους μόνιμους πάγους της Αρκτικής

Υποξείδιο του αζώτου (N₂O)



- Η συγκέντρωση του έχει αυξηθεί λόγω της αύξησης της αγροτικής παραγωγής
- Εισροή του στην ατμόσφαιρα ως παραπροϊόν των νιτρικών λιπασμάτων
- Παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων
- Απελευθερώνεται από φυσικές διεργασίες στα εδάφη και τους ωκεανούς
- Χαμηλές ετήσιες εκπομπές αλλά μεγάλος χρόνος ζωής (110 – 150 έτη)

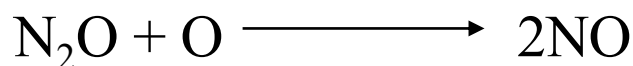
Μεταβολή της συγκέντρωσης του CH₄ και του N₂O



Υποξείδιο του αζώτου (N₂O)



- Στην τροπόσφαιρα είναι αδρανές
- Στην στρατόσφαιρα μπορεί να φωτοδιασπάται:



- Το παραγόμενο NO μπορεί να διασπά μόρια O₃

Όζον (O₃)

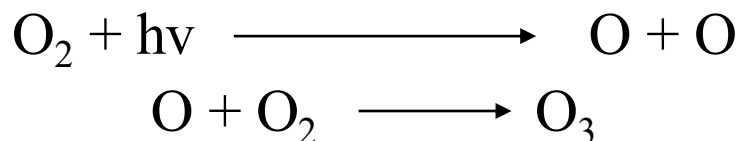


- Είναι μια μορφή οξυγόνου που έχει στο μόριό του τρία άτομα οξυγόνου
- Συναντάται από την επιφάνεια του εδάφους έως τα 55 - 66 km
- Μεγαλύτερη συγκέντρωση παρατηρείται μεταξύ 15 - 35 km
- Προστατεύει τα έμβια όντα από την έκθεσή τους στην υπεριώδη ακτινοβολία και συμβάλλει στη θέρμανση της στρατόσφαιρας
- Παράγεται όταν υπεριώδης ακτινοβολία φωτολύει το μοριακό οξυγόνο προς το σχηματισμό δυο ατόμων οξυγόνου

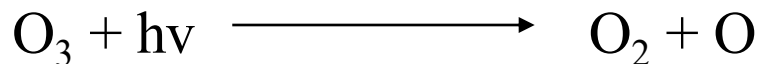
Όζον (O₃)



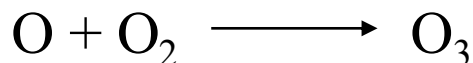
- Συγκρούονται με μόρια οξυγόνου και παράγονται μόρια όζοντος:



- Όταν ένα μόριο O₃ απορροφά υπεριώδη ακτινοβολία, διασπάται σε ένα μόριο και ένα άτομο οξυγόνου:



- Το ελεύθερο άτομο οξυγόνου συγκρούεται με ένα μόριο οξυγόνου δίνοντας πάλι όζον:

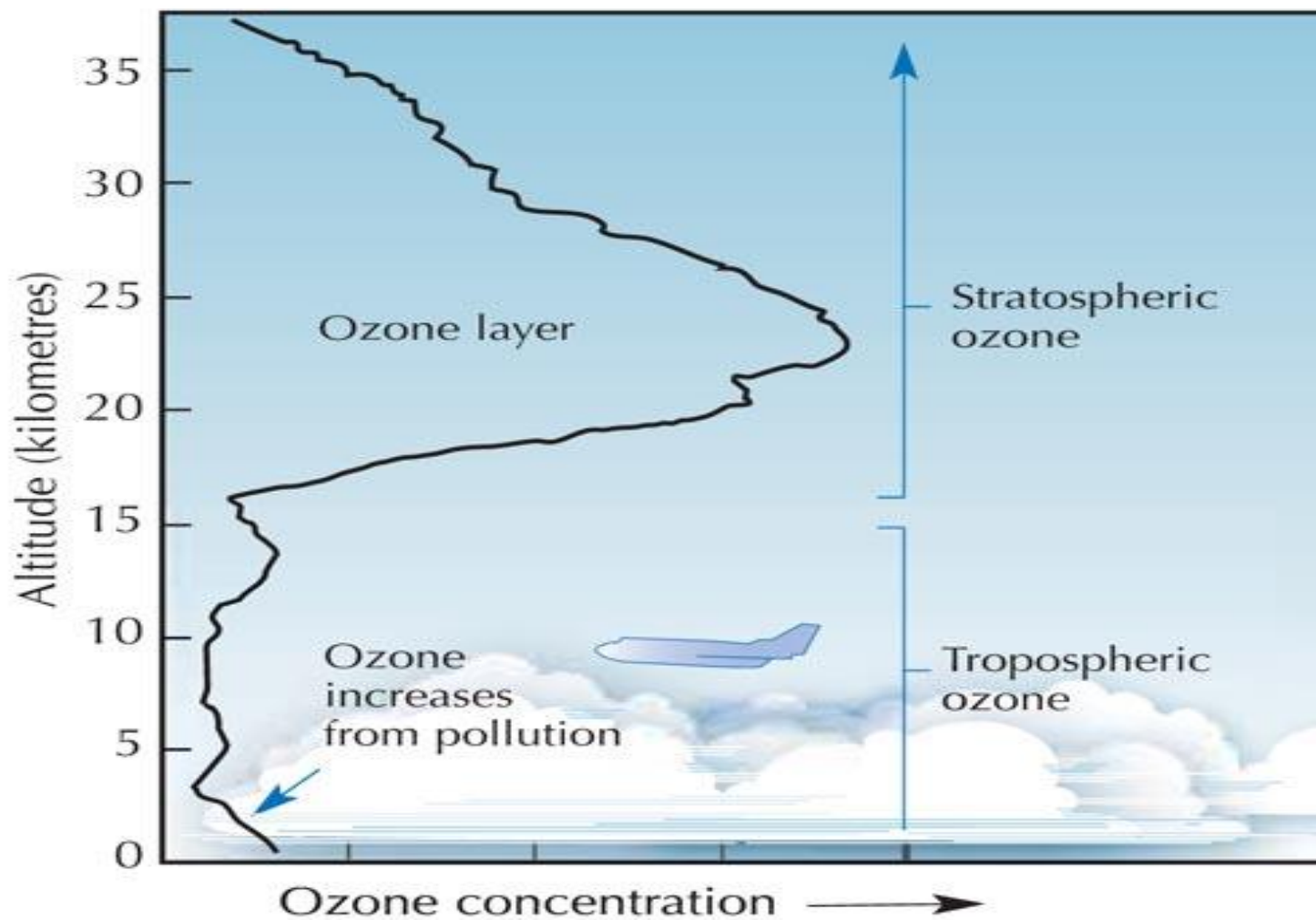


Όζον (O_3)



- Συμβάλλει άμεσα στο φαινόμενο του θερμοκηπίου όντας αέριο του θερμοκηπίου
- Συμβάλλει έμμεσα στο φαινόμενο του θερμοκηπίου επηρεάζοντας τον χρόνο ζωής άλλων θερμοκηπιακών αερίων
- Φωτοδιάσπαση του O_3 οδηγεί στον σχηματισμό ριζών OH^- που σχετίζονται με τη διάσπαση του CH_4
- Σε πλανητική κλίμακα ο μέσος χρόνος ζωής του O_3 είναι 22 – 23 ημέρες

Τροποσφαιρικό Όζον (O₃)



Τροποσφαιρικό Όζον (O₃)



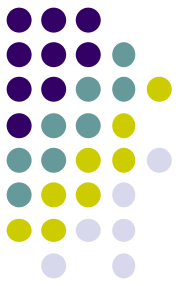
- Το όζον στην τροπόσφαιρα αποτελεί δευτερογενή ρύπο και παράγεται από την αντίδραση πτητικών ενώσεων (Volatile Organic Compounds - VOCs), NO και NO₂ παρουσία ακτινοβολίας
- Οι συγκεντρώσεις του όζοντος εξαρτώνται από τον λόγο NO / NO₂
- Η όλη διαδικασία ελέγχεται από τη θερμοκρασία και την ακτινοβολία
- Το όζον είναι εξαιρετικά επικίνδυνο για την δημόσια υγεία

Τροποσφαιρικό Όζον (O₃)

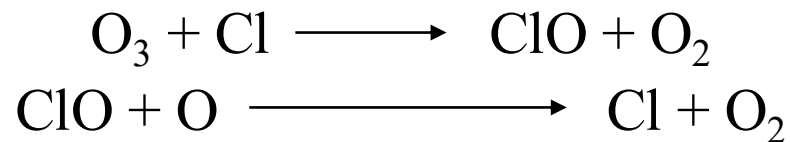


- Προκαλεί λοιμώξεις και ερεθισμούς του αναπνευστικού συστήματος, επιδεινώνει το άσθμα και άλλες χρόνιες παθήσεις των πνευμόνων, αυξάνει την ευαισθησία στο κρυολόγημα και τις πνευμονίες, καταστρέφει τους ιστούς των πνευμόνων
- Λόγω της μεγάλης τοξικότητάς του, μπορεί να ερεθίσει τα μάτια και να προσβάλλει επιφάνειες και υλικά (κυρίως πλαστικά)
- Προκαλεί καταστροφές σε ορισμένα είδη καλλιεργειών

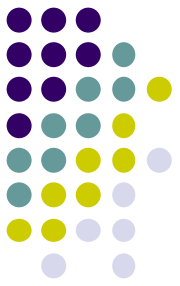
Διατάραξη κύκλου όζοντος - οξυγόνου



- Διαταράσσεται από χημικές ενώσεις που περιέχουν χλώριο (Cl)
- Χλωροφθοράνθρακες (CFCs)
- Όταν βρεθούν στη στρατόσφαιρα βομβαρδίζονται από την υπεριώδη ακτινοβολία και απελευθερώνουν άτομα Cl
- Τα άτομα Cl αντιδρούν με το O₃ και σχηματίζεται μονοξείδιο του χλωρίου



Αλογονούχες ενώσεις



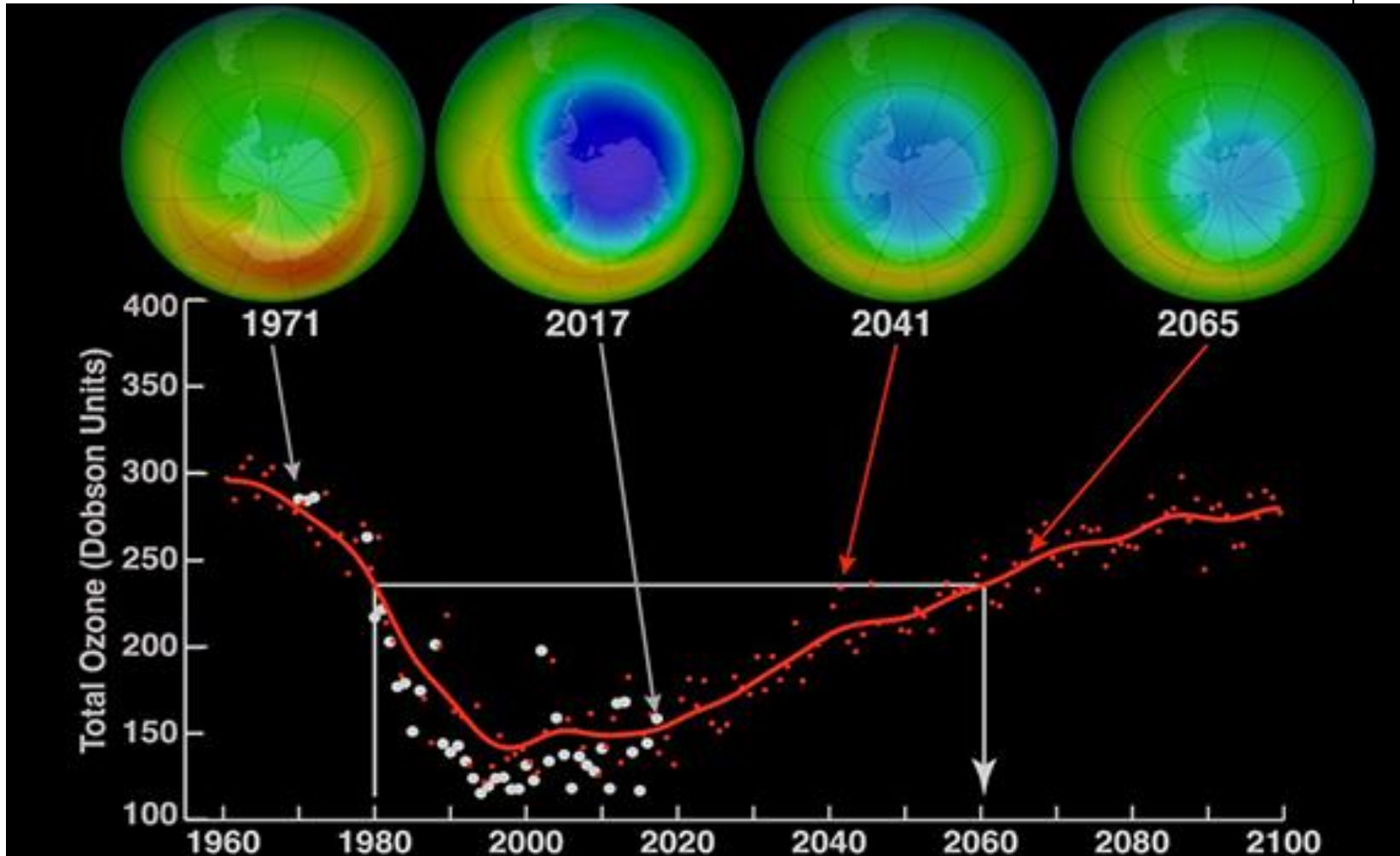
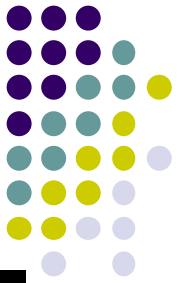
- Πριν τη Βιομηχανική Επανάσταση υπήρχαν μόνο το χλωρομεθάνιο (CH_3Cl) και το βρωμομεθάνιο (CH_3Br)
- Τεχνολογική εξέλιξη \longrightarrow αύξηση αλογόνων
- Εξέχουσα θέση κατέχουν τα CFCs
- Σημαντικός ρόλος στη λέπτυνση της στιβάδας του στρατοσφαιρικού όζοντος

Αλογονούχες ενώσεις

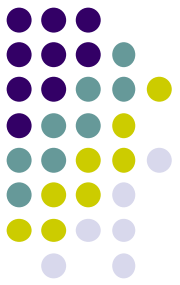


- Με το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ σταμάτησε σταδιακά η χρήση CFCs
- Ο χρόνος παραμονής των CFCs στην ατμόσφαιρα είναι 45 – 100 έτη
- Υδροφθοράνθρακες (1 – 270 έτη), Υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFCs, 1 – 18 έτη), Υπερφθοράνθρακες (PFCs - χιλιάδες έτη)
- Οι συγκεντρώσεις των HCFCs αναμένεται να μειωθούν σταδιακά μέχρι το 2030

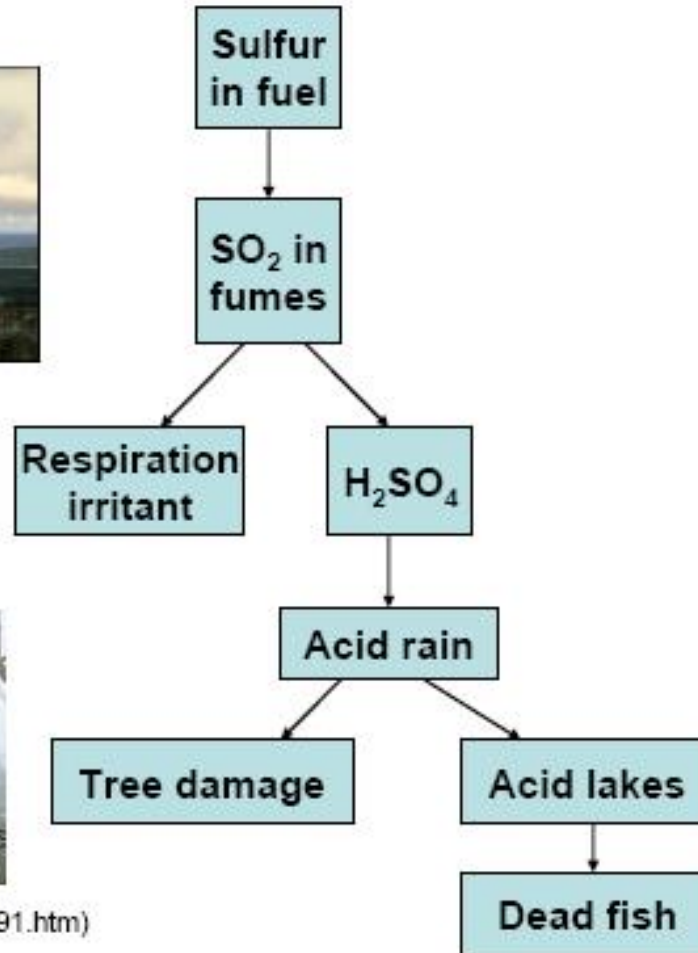
Τρύπα του όζοντος



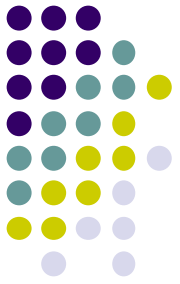
Από το SO₂



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



Όξινη βροχή



- Η όξινη βροχή δεν επιδρά άμεσα στην υγεία του ανθρώπου
- Έχει επιπτώσεις:
 - Στο έδαφος
 - Στα φυτά
 - Στις καλλιέργειες
 - Στις λίμνες
 - Στην υδρόβια ζωή
 - Στα κτήρια και στα μνημεία

Όξινη βροχή



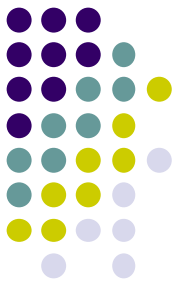
1908



1968

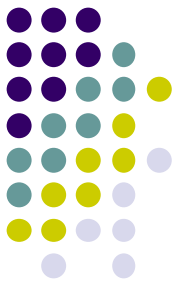


Διοξείδιο του θείου (SO₂)



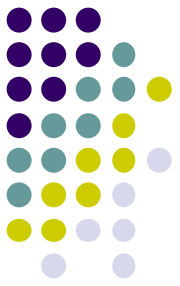
- Οι πηγές των θειϊκών αερολυμάτων είναι τόσο φυσικές όσο και ανθρωπογενείς
- Συνεισφορά ωκεανών με σταγονίδια θαλασσινού νερού
- Μέσω της ατμοσφαιρικής οξείδωσης του DMS οι ωκεανοί συνεισφέρουν στον σχηματισμό θειϊκών αερολυμάτων
- Τα αερολύματα της ατμόσφαιρας είναι όξινα ενώ των ωκεανών είναι ουδέτερα

Διοξείδιο του θείου (SO₂)

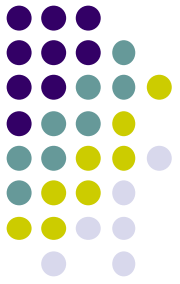


- Τα θειϊκά αερολύματα σχηματίζονται από την οξείδωση του SO₂
- Στην αέρια φάση μέσω της ομογενούς οξείδωσης η οποία είναι αργή διαδικασία
- Στο νερό μέσω της ετερογενούς οξείδωσης σε σταγονίδια
- Υπερτερεί η ετερογενής οξείδωση λόγω ταχύτητας
- Το SO₂ διαλύεται εύκολα στην υγρασία της ατμόσφαιρας
- Σχηματισμός θειώδους οξέος και έπειτα θειϊκού οξέος

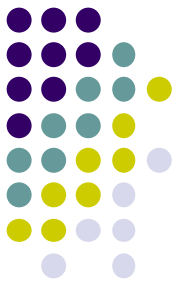
Θεϊκά Αερολύματα



Αιθαλομίχλη – Λονδίνο (1952)



Αιθαλομίχλη – Λονδίνο (1952)



- Μεγάλη χρήση γαιάνθρακα
 - Μεγάλη περιεκτικότητα σε θείο
 - Άπνοια, θερμοκρασιακή αναστροφή και ομίχλη
 - Αύξηση σχηματισμού H_2SO_4
-
- Προκαλούμενοι θάνατοι: Περίπου 4.000
 - Πρόσφατες έρευνες ανεβάζουν τον αριθμό μεταξύ 10.000 και 12.000 θανάτων

Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία



Σοβαρά επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης με SO₂, SO₃ 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

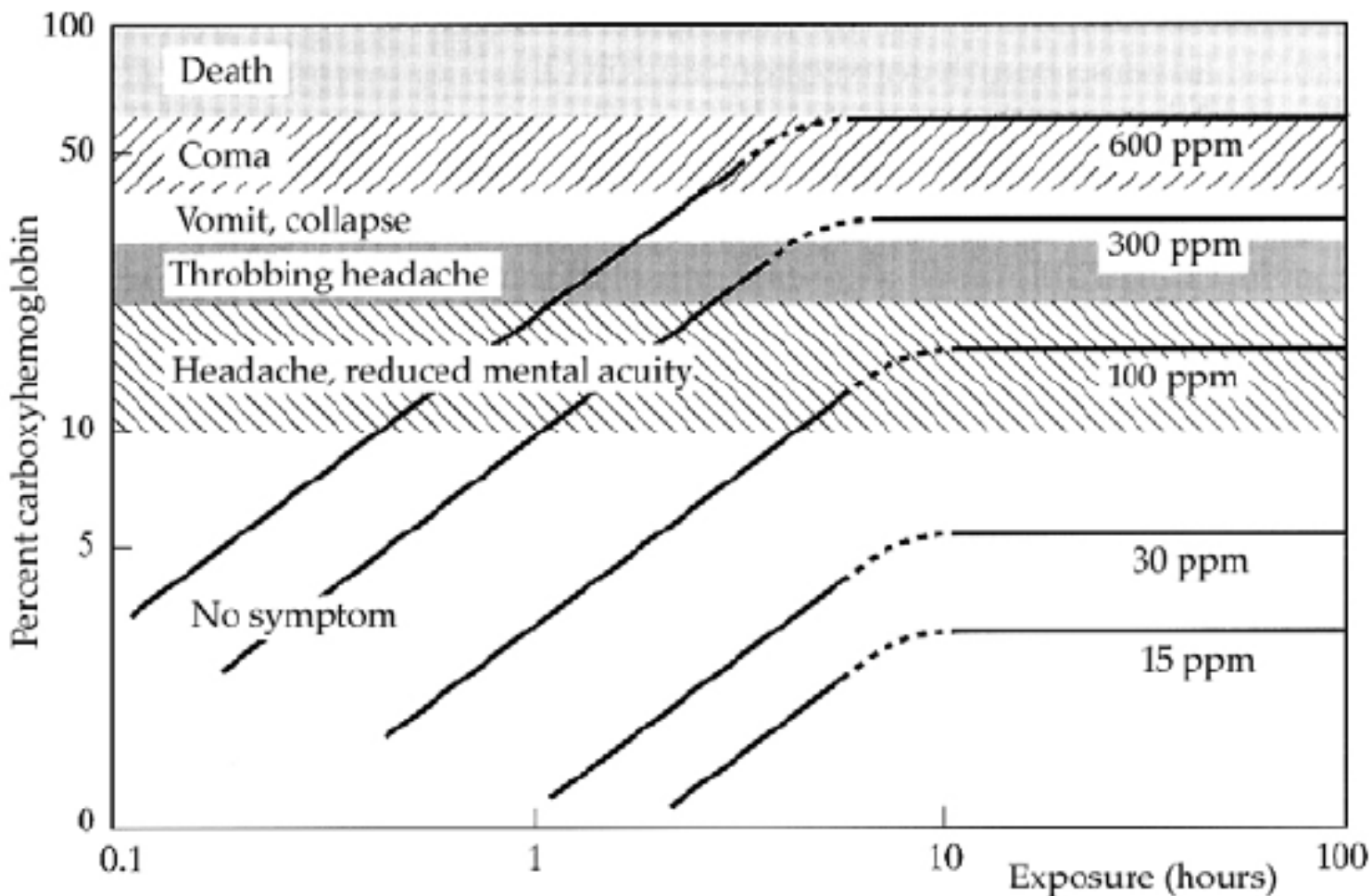


Πίνακας Επιπτώσεις στη Υγεία και Δόση Αντίδρασης για το SO₂ και TSP

Περιοχή	Σωματίδια μg/m ³	SO ₂ , μg/m ³	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

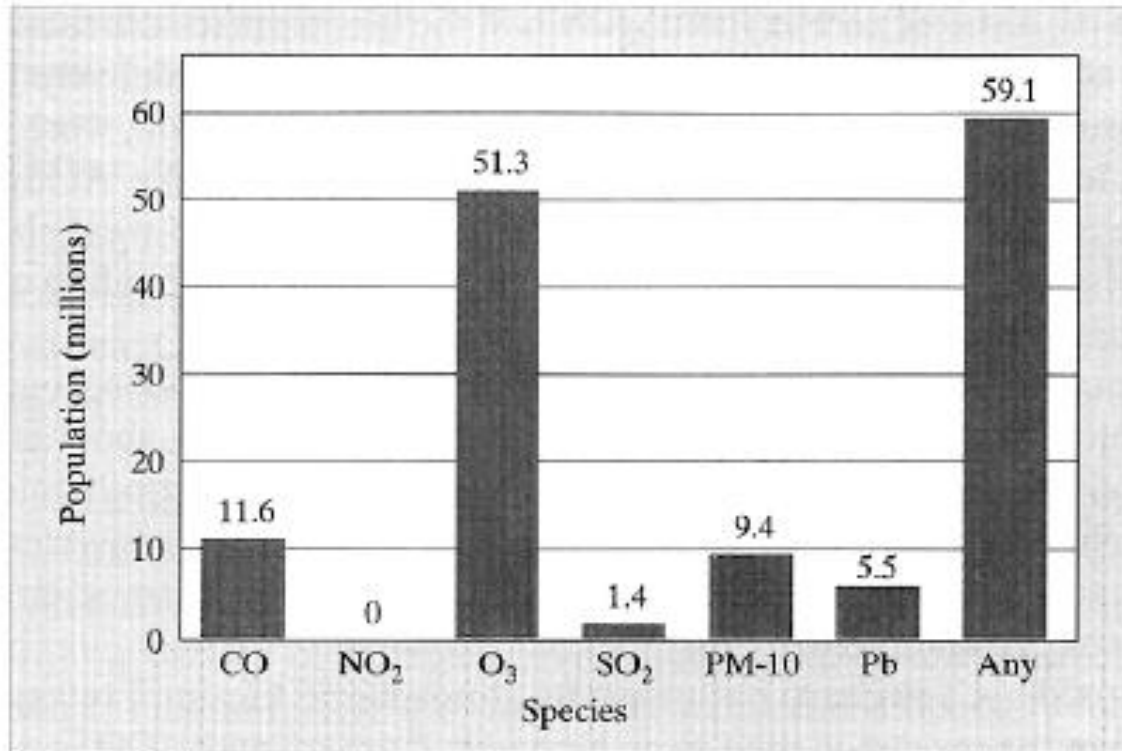
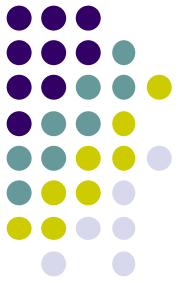
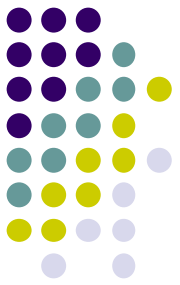


Figure 7.A.2 United States population living in counties that did not meet the NAAQS for air pollutants (population data from 1990 and air pollution data from 1993) (USEPA, 1994). The ozone standard in effect at the time was 120 ppb for a 1-hour averaging period.



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



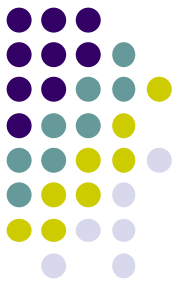
- Άμεσες (σοβαρό επεισόδιο ρύπανσης)
- Έμμεσες (μακροχρόνια έκθεση σε αυξημένα επίπεδα ρύπων)
- Οι γεωργικές απώλειες εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ανέρχονται σε 500.000.000 \$/έτος
(*US Department of Agriculture, Γεντεκάκης 2003*)

Κύριες πηγές βλαβερών για τη χλωρίδα ρύπων



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

Επιπτώσεις στην μετεωρολογία



Βροχή, χαλάζι, χιόνι

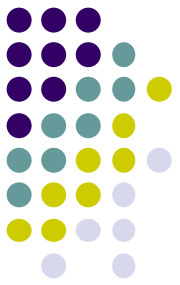
(αποτέλεσμα υγροποίησης υδρατμών πάνω σε μικροσωματίδια)

- 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



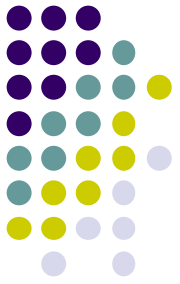
Πρόβλημα

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.

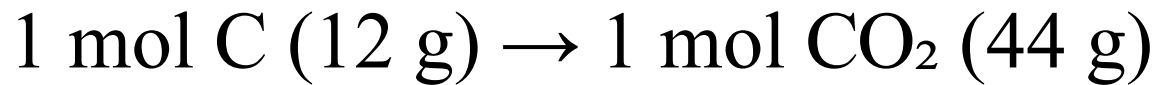
Είναι αληθής η δήλωση ότι κάθε αυτοκίνητο εκπέμπει το βάρος του σε CO₂ κάθε χρόνο ;

ΜΒ: C = 12 g/mol και O = 16 g/mol

Λύση



20.000 Km	10 lit	0.7 Kg	85 % C	44	= 4.363 Kg CO ₂
year	100 km	lit		12	year



Κάθε 1 kg άνθρακα παράγει 3,67 kg CO₂

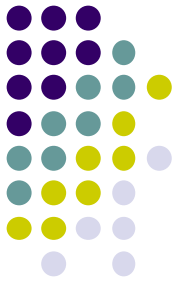
Ενότητα 2



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

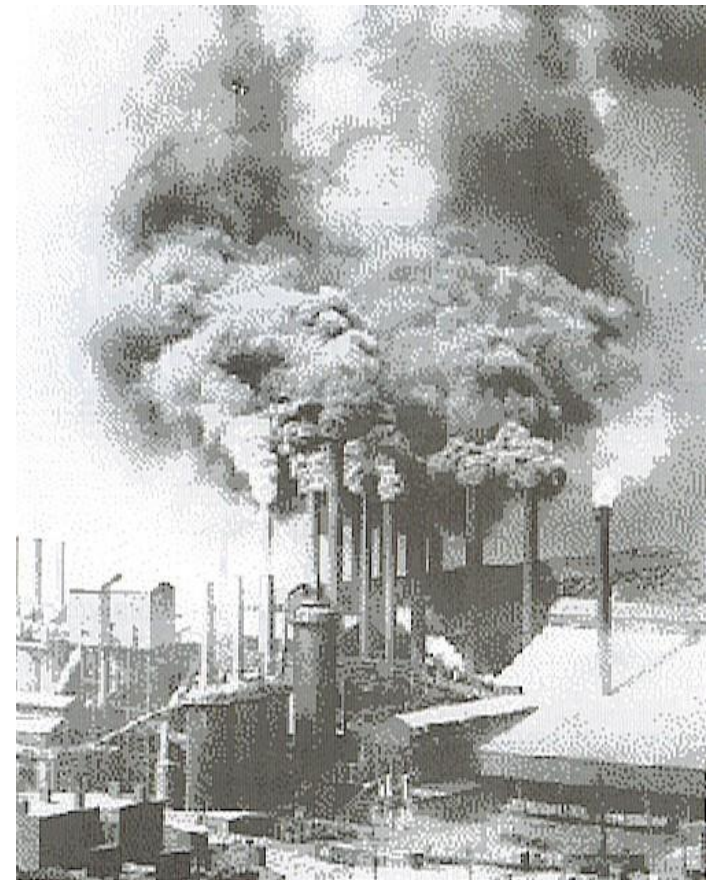


Το φωτοχημικό νέφος της Σιγκαπούρης

Περίοδος 1950-1980

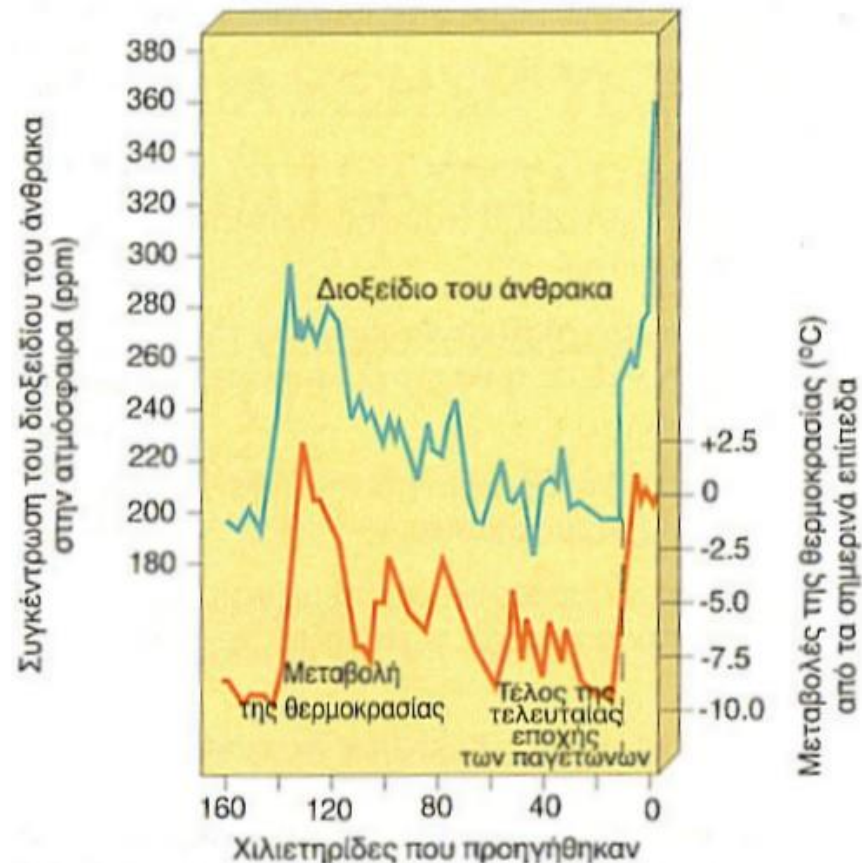


- 4000 θάνατοι στο Λονδίνο (1952)
- Ψήφιση του νόμου “Clean Air Act” (1956)
- Ατμοσφαιρική ρύπανση και νομοθετική ρύθμιση σε πολλές χώρες του κόσμου
- Ίδρυση IUAPPA (International Union of Air Pollution Prevention Associations), 1964
- Ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων για την πρόβλεψη της εξέλιξης της ρύπανσης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

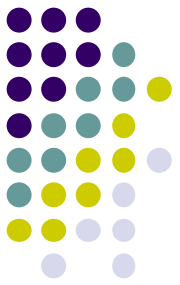


Δεκαετίες 1980, 1990

- 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)



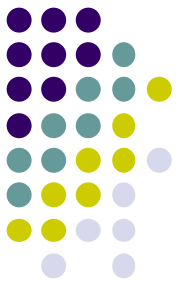
Δεκαετίες 1980, 1990



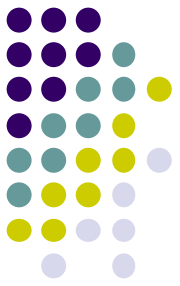
Πρωτόκολλο του Κιότο

- Το Πρωτόκολλο του Κιότο έχει ως στόχο τη συνολική μείωση των θερμοκηπιακών εκπομπών κατά 5,2% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 (εντός της πρώτης περιόδου 2008 – 2012)
- Υιοθετήθηκαν οι λεγόμενοι ευέλικτοι μηχανισμοί
- Μηχανισμός Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών
- Μηχανισμός Κοινής Εφαρμογής
- Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης

Ευέλικτοι μηχανισμοί του Πρωτοκόλλου του Κιότο



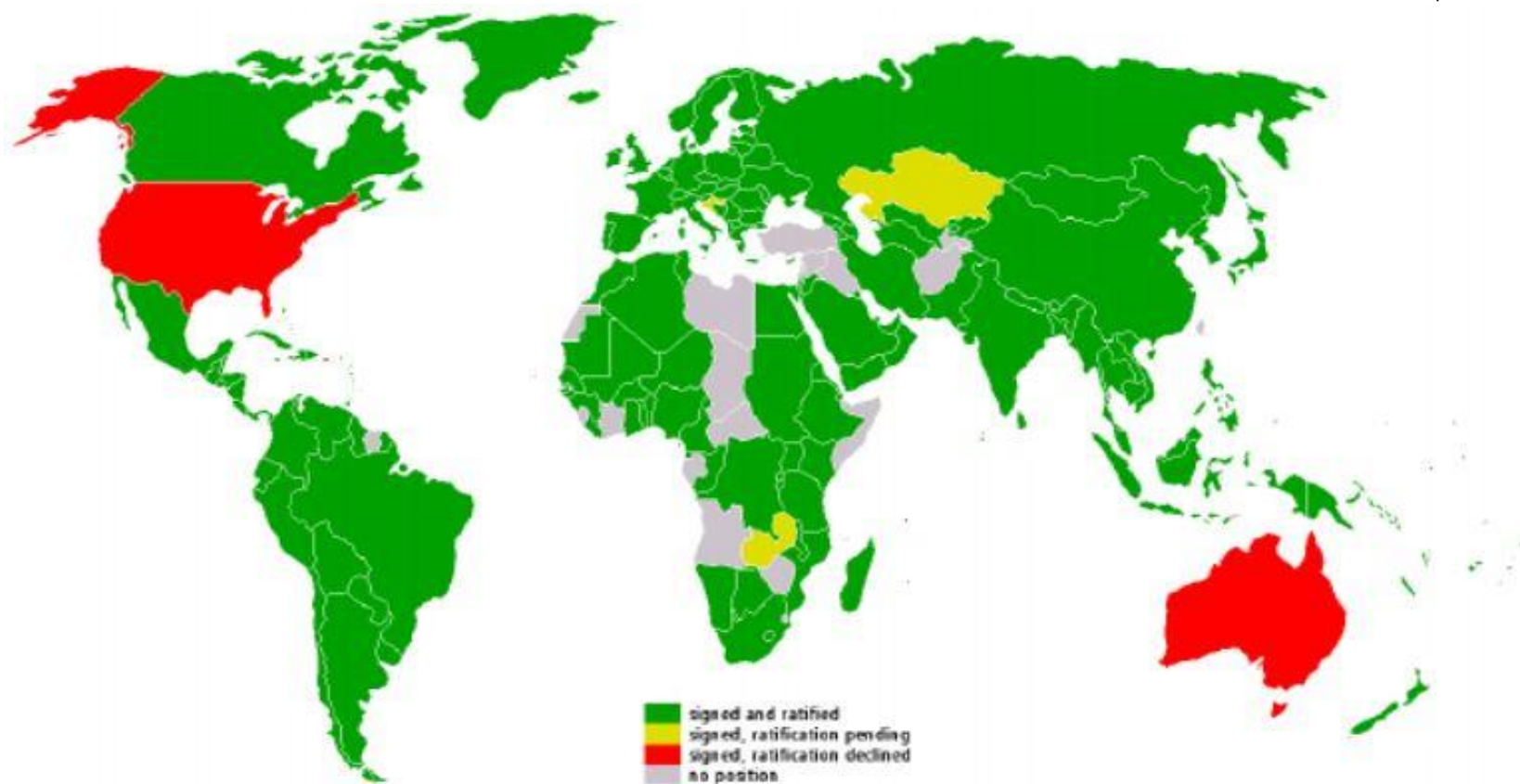
Ευέλικτοι μηχανισμοί του Πρωτοκόλλου του Κιότο



Πρωτόκολλο του Κιότο

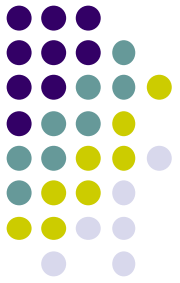
- Μηχανισμός Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών
 - Δυνατότητα αγοραπωλησίας δικαιωμάτων εκπομπών
- Μηχανισμός Κοινής Εφαρμογής
 - Κοινή εφαρμογή προγραμμάτων και δραστηριοτήτων μεταξύ διαφορετικών χωρών
- Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης
 - Δυνατότητα υλοποίησης προγραμμάτων από ανεπτυγμένες σε αναπτυσσόμενες χώρες

Πρωτόκολλο του Κιότο



Μέλη που υπέγραψαν, επικύρωσαν ή όχι το Πρωτόκολλο του Κιότο

Πρωτόκολλο του Κιότο



- **CO₂**: Διοξείδιο του Άνθρακα
- **CH₄**: Μεθάνιο
- **N₂O**: Οξείδιο του Αζώτου
- **HFCs**: Υδροφθοράνθρακες
- **PFCs**: Υπερφθοράνθρακες ή Πλήρως φθοριωμένοι Υδρογονάνθρακες
- **SF₆**: Εξαφθοριούχο Θείο

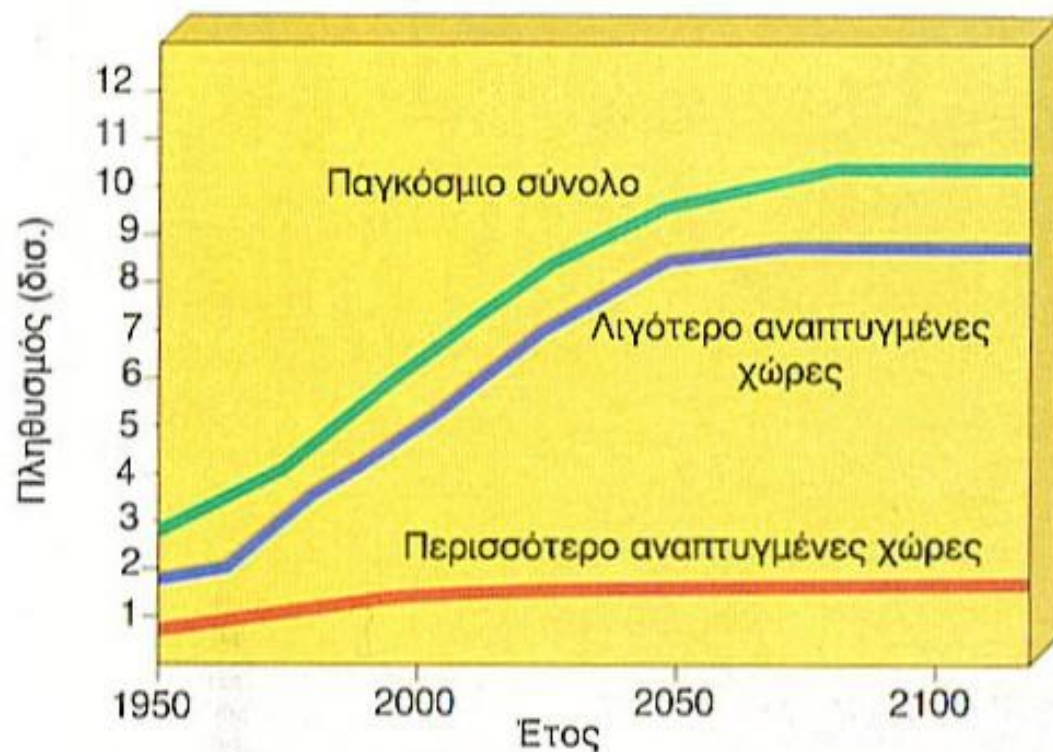


Τα 6 θερμοκηπιακά αέρια που πραγματεύεται το Πρωτόκολλο του Κιότο

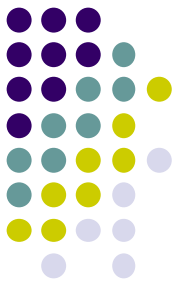
Το μέλλον



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

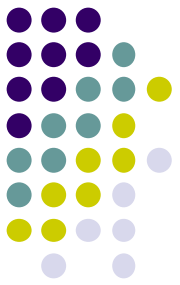


Ενότητα 3



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

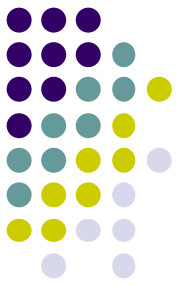
1. τοπική
2. αστική
3. περιφερειακή
4. διηπειρωτική
5. παγκόσμια

Τοπική κλίμακα



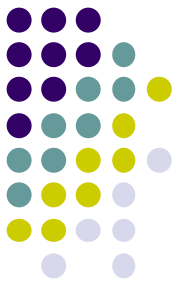
- π.χ. CO που εκπέμπεται από αυτοκίνητα προκαλεί αυξημένες τοπικές συγκεντρώσεις κοντά σε οδικές αρτηρίες
- Τοπικές ιδιαιτερότητες υποβοηθούν θετικά ή αρνητικά (μετεωρολογικές συνθήκες, τοπογραφία, έδαφος κτλ.)

Αστική κλίμακα (1-50 Km)



- Έκλυση πρωτογενών ρύπων
(CO, SO₂, σωματίδια, κτλ.)
- Μετατροπή σε δευτερογενείς ρύπους
(O₃, 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)

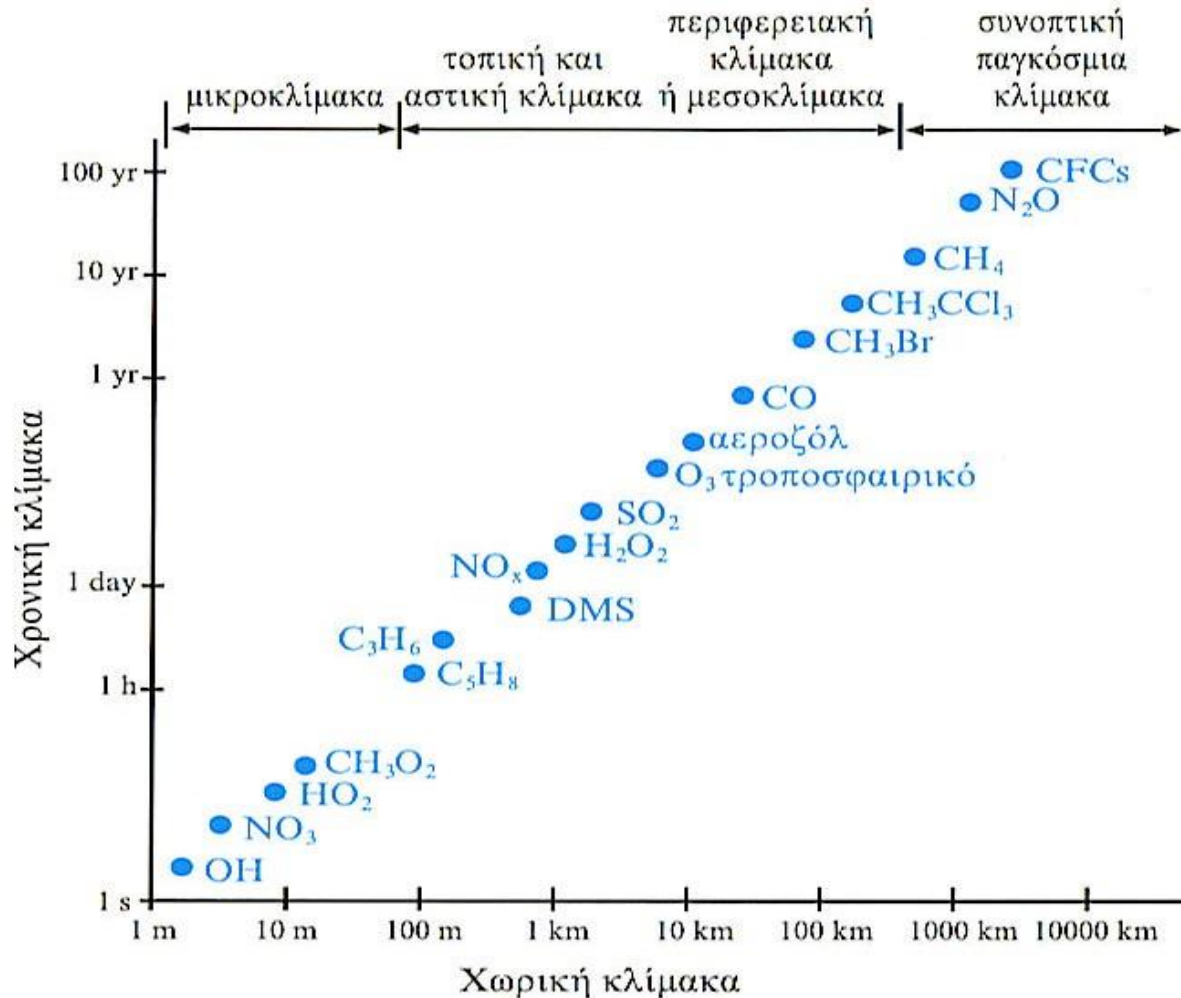
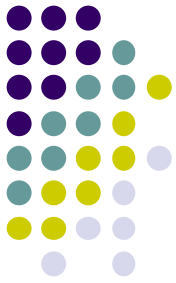
Διηπειρωτική κλίμακα



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

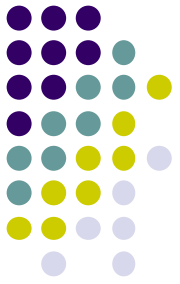
■ : έντονης, □ : μεσαίας, □ : και ελαφρότερης διάστασης πρόβλημα.

Παγκόσμια κλίμακα (>5000 Km)



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

Συνοπτικά



- Σύνθεση κατώτερης ατμόσφαιρας
- Χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας
- Τροπόσφαιρα – Στρατόσφαιρα – Μεσόσφαιρα – Ιονόσφαιρα – Μαγνητόσφαιρα
- Μεταβολή της συγκέντρωσης CO₂ στην ατμόσφαιρα
- Πηγές του προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης
- Κατηγορίες ρύπων
- Μεθάνιο (CH₄), Υποξείδιο του αζώτου (N₂O), Όζον (O₃) και Αλογονούχες ενώσεις
- Τρύπα του όζοντος
- Διοξείδιο του θείου και όξινη βροχή
- Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, στην πανίδα και στην χλωρίδα
- Ιστορία της ατμοσφαιρικής ρύπανσης
- Πρωτόκολλο του Κιότο
- Διαβάθμιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Ερωτήσεις - Συζήτηση

