



Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

ΜΜ900

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ

1^η ΕΝΟΤΗΤΑ, Μέρος 1

Εισαγωγή στις τεχνολογίες ελέγχου αέριας ρύπανσης

Νίκος Ανδρίτσος
Καθ. Τμ. Μηχ. Μηχ. Π.Θ.



Στόχος του μαθήματος - Προσέγγιση



- Το μάθημα πραγματεύεται βασικά τα προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης και τους τρόπους αντιμετώπισής τους.
- Ακόμη, γίνεται μια σύντομη παρουσίαση των μεθόδων επεξεργασίας του βιομηχανικού νερού και στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων
- Όλα τα θέματα που πραγματευόμαστε είναι γενικά βατά, αλλά δεν επαρκεί μόνο το βιβλίο.
- Αρκετές πληροφορίες υπάρχουν και στο διαδίκτυο, αλλά προσοχή!

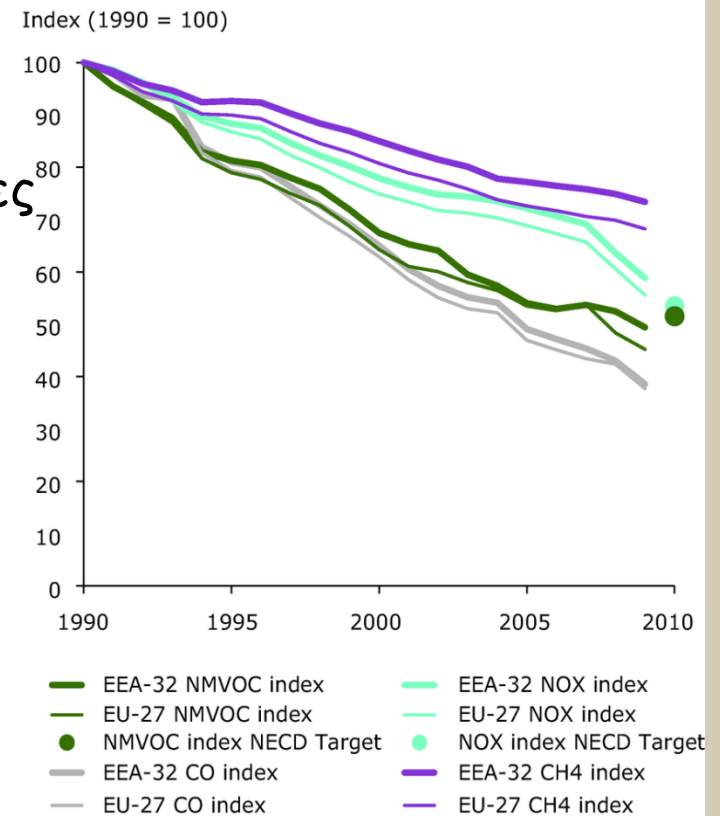
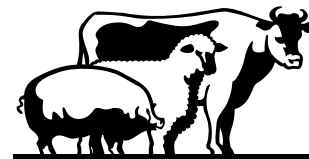
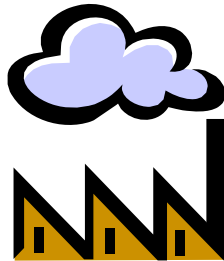


- **ΡΥΠΑΝΣΗ (pollution):** η προσθήκη στο περιβάλλον (νερό, αέρα, έδαφος) ενός ή περισσότερων χημικών ή φυσικών παραγόντων σε ποσότητες που είναι ή μπορεί να είναι **επιβλαβείς** για τον άνθρωπο, τα ζώα, τα φυτά. [Αλλά και θορύβου, ακτινοβολίας ή άλλων μορφών ενέργειας]
(Προσοχή: μόλυνση-contamination είναι η μορφή ρύπανσης που χαρακτηρίζεται από την παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών στο περιβάλλον, βλ. μόλυνση της Κορώνειας μαζί με ρύπανση)
- **Ρύπανση: υδάτινη, ατμοσφαιρική, ραδιενεργή** (αλλά και ηχορύπανση, φωτορύπανση, αισθητική ρύπανση, θερμική ρύπανση)
- **Αέρια Ρύπανση:** χημικοί παράγοντες, βιολογικοί παράγοντες
- **Φυσικές Πηγές Ρύπανσης:** ηφαίστεια, σκόνη με το άνεμο, αέρια (CH_4) από εκτρεφόμενα ζώα, καπνός από φυσικές φωτιές, ραδόνιο
- **Ανθρωπογενείς Πηγές Ρύπανσης:** σκόνη και χημική από τη γεωργία και τις μεταφορές, βιομηχανικές δραστηριότητες, καυστήρες, πτητικά βαφών και κόλλες, αυτοκίνητα κτλ.

Ορισμοί



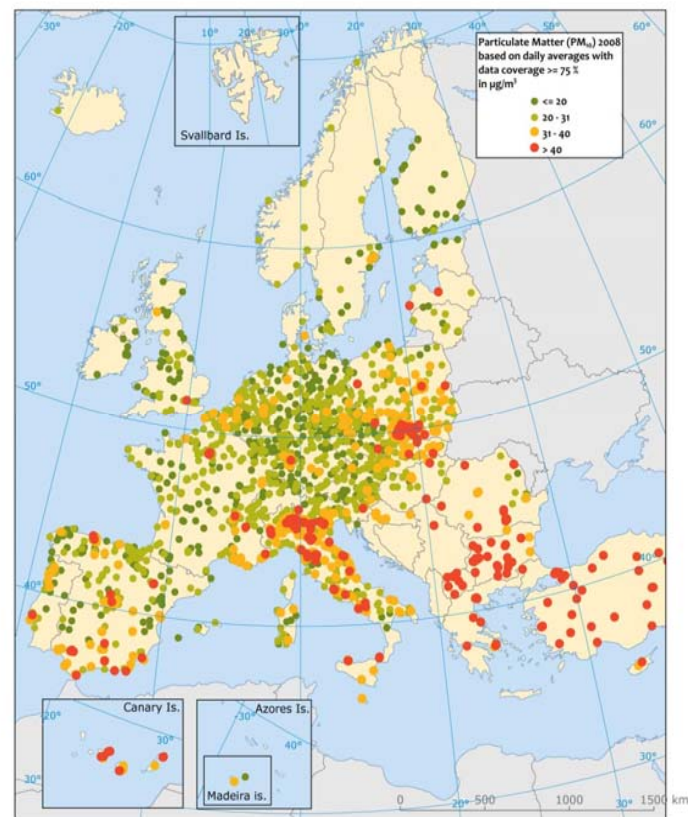
- Οι κυριότεροι αέριοι ρύποι είναι: PM_{10} , SO_x , NO_x , CO , VOC , Pb , O_3
- Η προέλευση των διαφόρων ρύπων ποικίλλει.
- Δεν υπάρχει «γενική αέρια ρύπανση».
- Από το 1980 και μετά σε πολλές αναπτυγμένες χώρες υπάρχει σημαντική μείωση ορισμένων εκπομπών (παράδειγμα ο Pb)
- Η ρύπανση δεν περιορίζεται από τα σύνορα!





Τι μπορούμε να κάνουμε ως μηχανικοί;

- Να τροποποιήσουμε ή να ξανασχεδιάσουμε διεργασίες και συσκευές με βελτιωμένη απόδοση (π.χ. αυτοκίνητα) και λιγότερες εκπομπές ρύπων. **(ΤΡΙΝ)**
- Να σχεδιάζουμε τρόπους ελέγχου των εκπομπών. **(ΜΕΤΑ)**





Α. ΑΕΡΙΟΙ ΡΥΠΟΙ (~11 βδομάδες)

- Ατμοσφαιρική ρύπανση, αέριοι ρύποι, αιωρούμενα σωματίδια.
- Παγκόσμια υπερθέρμανση, μείωση της στιβάδας του όζοντος, όξινη απόθεση.
- Πηγές και επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.
- Έλεγχος της αέριας ρύπανσης: έλεγχος NO_x , δέσμευση SO_x κτλ.
- Έλεγχος και απομάκρυνση σωματιδιακών ρύπων - σχεδιασμός τεχνολογιών: κυκλώνες, σακκόφιλτρα, υγρά φίλτρα, πλυντρίδες, ηλεκτροστατικά φίλτρα.



Επίσκεψη: στην «ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ»

Επίσκεψη σε Εργαστήριο: Μέτρηση σωματιδίων στον αέρα

ΘΕΜΑ (15% τελικού βαθμού): έρευνα σε περιβαλλοντικό θέμα σε ομάδες των 3 φοιτητών



Β. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ - ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ (1 βδομάδα)

Σεμινάρια για:

- Ο ρόλος του νερού
- Ποιότητα και επεξεργασία του βιομηχανικού νερού (διήθηση, αποσκλήρυνση, προσθήκη χημικών κτλ)
- Επεξεργασία πόσιμου νερού-απολύμανση
- Υγρά απόβλητα, παραγωγή και χαρακτηρισμός.
- Συστήματα επεξεργασίας αστικών/βιομηχανικών αποβλήτων: φυσικοχημική επεξεργασία, βιολογική επεξεργασία, νιτροποίηση-απονιτροποίηση





Γ. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (1 βδομάδα)

- Διαχείριση στερεών αποβλήτων: συλλογή, μεταφορά, υγειονομική ταφή, αποτέφρωση, κομποστοποίηση, ανακύκλωση.
- Τοξικά απόβλητα, περιβαλλοντική τοξικολογία. Τεχνολογίες επεξεργασίας τοξικών- επικίνδυνων αποβλήτων.



Οι ενότητες Β και Γ θα γίνουν με τη μορφή διαλέξεων και η ύλη δεν θα συμπεριλαμβάνεται στην εξεταστέα ύλη του μαθήματος.



ΒΙΒΛΙΟ

- C.D. Cooper and F.C. Alley, «Έλεγχος Αέριας Ρύπανσης», Τρίτη Έκδοση, Εκδ. Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, 2004.
- Γεντεκάκης, Ι., «Ατμοσφαιρική ρύπανση- Επιπτώσεις, έλεγχος και εναλλακτικές τεχνολογίες». 2^η Έκδοση, Κλειδάριθμος, 2010.
- Σ. Ραφομανίκης & Ε. Καστρινάκης, «Βασικές αρχές αντιρρυπαντικής τεχνολογίας ατμοσφαιρικών ρύπων», Εκδ. Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, 2009.

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

- Ν. Ανδρίτσος, «Εισαγωγή στο Βιομηχανικό Νερό», Σημειώσεις, Π.Θ
- Π. Σαμαράς, «Βιολογική Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων», Σημειώσεις, Π.Θ.



ΑΛΛΑ ΒΙΒΛΙΑ

- J. H. Seinfeld and S. N. Pandis, "Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change". John Wiley and Sons, 1997.
- N. de Nevers, "Air Pollution Control Engineering". 2nd Ed., McGraw-Hill Book, Co., 2000.
- R.A. Corbitt, "Standard Handbook of Environmental Engineering", McGraw-Hill, 1990.
- Λαζαρίδης Μ., «Ατμοσφαιρική ρύπανση με Στοιχεία Μετεωρολογίας». Εκδόσεις Τζιόλα, 2005.
- Metcalf & Eddy, «Μηχανική αποβλήτων». 4η Έκδοση (Μετάφραση), Εκδόσεις Τζιόλα, 2007.



Για το μάθημα

- Ώρες παραδόσεων: Τρίτη & Τετάρτη 11:15-13:00.
- Παρακαλείστε να είστε στην τάξη πριν από την έναρξη του μαθήματος.
- Η παρουσία στο μάθημα δεν είναι υποχρεωτική. Θα συνιστούσα όμως την τακτική παρακολούθηση των παραδόσεων.
- Η παράδοση των 4 εργασιών είναι πάντως υποχρεωτική! (και για όσους χρωστούν το μάθημα)
- Μπορείτε να με δείτε στο γραφείο οποιαδήποτε ώρα.

Αξιολόγηση

Τελικές Εξετάσεις :	40%
Πρόοδοι :	35%
Μελέτες :	15%
Ασκήσεις :	10%



Ιστορικό

- Αν και προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης καταγράφηκαν στην αρχαιότητα (και κυρίως στον 13^ο αιώνα στην Αγγλία), οι προσπάθειες ανάλυσης και ελέγχου της ξεκίνησαν μόλις μετά το 1945.
- Πριν από το 1950 δινόταν προτεραιότητα στην εργασία και την παραγωγικότητα, ενώ αναφορά στον περιβάλλον γινόταν μόνο όταν θίγονταν περιουσιακά στοιχεία.
- Γύρω το 1969-1970 καταγράφεται ένα σημαντικό «περιβαλλοντικό ξύπνημα». Σήμερα δεν μπορούμε να το κατανοήσουμε, αλλά αυτό γίνεται φανερό από την αντιμετώπιση από τις εφημερίδες των ίδιων περιβαλλοντικών προβλημάτων το 1968 και το 1970.
- Στην Ελλάδα, η κίνηση αυτή ξεκίνησε βασικά μετά τη μεταπολίτευση.



Που οφειλόταν αυτό το «ξύπνημα»;

- Οπωσδήποτε, μέρος του δυναμισμού του αντιπολεμικού κινήματος για τον πόλεμο στο Βιετνάμ διοχετεύθηκε στο περιβαλλοντικό κίνημα
- Η ανάπτυξη των ΜΜΕ
- Η αύξηση του βιοτικού επιπέδου. Αυτοί που συμμετείχαν στο οικολογικό κίνημα προέρχονταν βασικά από τη μεσαία και την ανώτερη οικονομική τάξη. Βέβαια αυτοί που συνήθως υπέφεραν από την υποβάθμιση του περιβάλλοντος ήταν η κατώτερη οικονομικά τάξη (αντιστοιχία στην Ν. Ορλεάνη).



Συνειδητοποίηση της ρύπανσης

- Η επίδραση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι σωρευτική και σπάνια παρατηρείται άμεσα (εκτός από εξαιρετικά γεγονότα, π.χ. Bhopal)
- Ποτέ δε λέμε «πέθανε από ατμοσφαιρική ρύπανση», αν και σίγουρα η ρύπανση μάς παίρνει μήνες ή και χρόνια
- Αλλά: αν στις πόλεις της χώρας μας τα PM_{10} μειώνονταν σε επίπεδα $<50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, μόνο το 2010 θα γλιτώναμε 5000 θανάτους!
(Κάθε μέρα αναπνέουμε ~ 10000 L αέρα και υπάρχουν 348.000 πρόωροι θάνατοι κάθε χρόνο στην Ευρώπη που σχετίζονται με τα σωματίδια $PM_{2.5}$)

$$\begin{array}{c} \text{Αέριες} \\ \text{εκπομπές} \end{array} = \begin{array}{c} \text{Πληθυσμός} \end{array} \times \begin{array}{c} \text{Οικονομική} \\ \text{δραστηριότητα} \\ \text{/ άτομο} \end{array} \times \begin{array}{c} \text{Εκπεμπόμενοι} \\ \text{ρύποι / Μονάδα} \\ \text{οικονομικής} \\ \text{δραστηριότητας} \end{array}$$



ΜΟΝΑΔΕΣ

- Μονάδες SI (ή cgs): m, s, kg, K, kmol... (cm, s, g, K, gmol...)
- Αγγλοσαξωνικό σύστημα (fps): english foot (ft), s, pound (lb_m), lbmol...
Parts per million (ppm): μέρη στο εκατομμύριο (σε μmol/mol)
Μάζα: g, mg, μg ανά Nm³ (π.χ. για σωματίδια ή αέριοι ρύποι)

Παράδειγμα: συγκεντρώσεις SO₂: σε μg/m³ στους 293 K (25°C) και 101,3 kPa (1 atm)

Μέση τιμή: 20 μg/m³

Όριο συναγερμού: 500 μg/m³, μετρήσεις επί τρεις συνεχείς ώρες

Από τη Χημεία του Λυκείου:

Στους 0 °C : 1 mole ιδανικού αερίου = 22,4 L, στους 25°C: 1 mole =24,45 L=24450 mL

Επομένως για το SO₂ [MB=64]

$$C_{\text{ppm}} = 10(\mu\text{g}/\text{m}^3) \frac{24450(\text{mL}/\text{mol})}{\text{MB}(\text{g}/\text{mol})} \times 10^{-6} \left(\frac{\text{g}}{\mu\text{g}} \right) = 0,0038 \left(\frac{\text{mL}}{\text{m}^3} \right) = 0,0038 \text{ ppm}$$

$$C_{\text{mass}}(\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{1000 \times \text{MB}_p \times C_{\text{ppm}}}{24,45}$$

1.2.

Ανασκόπηση Θερμοδυναμικής

Ιδιότητες Αερίων



Νόμος των ιδανικών αερίων (σελ. 53-54)

R

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$
$$= \frac{M}{MW} \cdot R \cdot T$$
$$P \cdot MW = \rho \cdot R \cdot T$$
$$P \cdot Q = \dot{n} \cdot R \cdot T$$

- P απόλυτη πίεση
V όγκος
n αριθμός γραμμομορίων
R σταθερά αερίων
T απόλυτη θερμοκρασία
M μάζα δείγματος
MW μοριακό βάρος

$1.987 \frac{\text{cal}}{(\text{g mole})(^\circ\text{K})}$	$1.987 \frac{\text{Btu}}{(\text{lb mole})(^\circ\text{R})}$
$21.83 \frac{(\text{in. Hg})(\text{ft}^3)}{(\text{lb mole})(^\circ\text{R})}$	$1,544 \frac{(\text{lb})(\text{ft})}{(\text{lb mole})(^\circ\text{R})}$
$10.73 \frac{(\text{psi})(\text{ft}^3)}{(\text{lb mole})(^\circ\text{R})}$	$554.6 \frac{(\text{mm Hg})(\text{ft}^3)}{(\text{lb mole})(^\circ\text{R})}$
$82.057 \frac{(\text{atm})(\text{cm}^3)}{(\text{g mole})(^\circ\text{K})}$	$0.73 \frac{(\text{atm})(\text{ft}^3)}{(\text{lb mole})(^\circ\text{R})}$
$8.314 \frac{(\text{kPa})(\text{m}^3)}{(\text{kg mole})(^\circ\text{K})}$	$8.314 \frac{(\text{Pa})(\text{m}^3)}{(\text{g mole})(^\circ\text{K})}$
	$8.314 \frac{\text{Joule}}{(\text{g mole})(^\circ\text{K})}$

Τάση ατμών (vapour tension)



- Η πίεση που ασκείται από τον ατμό μιας καθαρής ουσίας που βρίσκεται **σε ισορροπία** με την επίπεδη υγρή (ή στερεά) επιφάνεια της ίδιας ουσίας σε ορισμένη θερμοκρασία
- Αυξάνει γρήγορα με την αύξηση της θερμοκρασίας
- Εξίσωση Antoine (A, B, C σταθερές)

$$\log P_v(T) = A - \frac{B}{C + T}$$

P_v σε mmHg και T σε $^{\circ}\text{C}$

* Η τάση δεν πρέπει να συγχέεται με τη μερική πίεση του ατμού σε μίγμα αερίων

Table 9.2 (cont.)
Antoine Equation Constants

Compound	Chemical Formula	Range, $^{\circ}\text{C}$	A	B	C
Lead	Pb	525 to 1,325	7.827	9,845.4	273.15
Mercury	Hg	–	7.975756	3,255.61	281.988
Methyl alcohol	CH ₄ O	-20 to +140	7.87863	1,473.11	230.0
Methyl ethyl ketone	C ₄ H ₈ O	–	6.97421	1,209.6	216
n-Pentane	C ₅ H ₁₂	–	6.85221	1,064.63	232.000
Isopentane	C ₅ H ₁₂	–	6.78967	1,020.012	233.097
Styrene	C ₈ H ₈	–	6.92409	1,420.0	206
Toluene	C ₇ H ₈	–	6.95334	1,343.943	219.377
Water	H ₂ O	0 to 60 60 to 150	8.10765 7.96681	1,750.286 1,668.21	235 228.0

Εξίσωση Antoine (A, B, C σταθερές)



Table 9.2
Antoine Equation Constants

Compound	Chemical Formula	Range, °C	A	B	C
Acetaldehyde	C ₂ H ₄ O	-45 to +70	6.81089	992.0	230
Acetic acid	C ₂ H ₄ O ₂	0 to +36 +36 to +170	7.80307 7.18807	1,651.1 1,416.7	225 211
Acetone	C ₃ H ₆ O	–	7.02447	1,161.0	224
Ammonia	NH ₃	-83 to +60	7.55466	1,002.711	247.885
Benzene	C ₆ H ₆	–	6.90565	1,211.033	220.790
Carbon tetrachloride	CCl ₄	–	6.93390	1,242.43	230.0
Chlorobenzene	C ₆ H ₅ Cl	0 to +42 +42 to +230	7.10690 6.94504	1,500.0 1,413.12	224.0 216.0
Chloroform	CH ₃ Cl	-30 to +150	6.90328	1,163.03	227.4
Cyclohexane	C ₆ H ₁₂	-50 to +200	6.84498	1,203.526	222.863
Ethyl acetate	C ₄ H ₈ O ₂	-20 to +150	7.09808	1,238.71	217.0
Ethyl alcohol	C ₂ H ₆ O	–	8.04494	1,554.3	222.65
Ethyl benzene	C ₈ H ₁₀	–	6.95719	1,424.255	213.206
<i>n</i> -Heptane	C ₇ H ₁₆	–	6.90240	1,268.115	216.900
<i>n</i> -Hexane	C ₆ H ₁₄	–	6.87776	1,171.530	224.366

Εξίσωση Antoine (A, B, C σταθερές)



Ερώτηση: Ποια είναι η τάση ατμών του νερού στους 20°C;

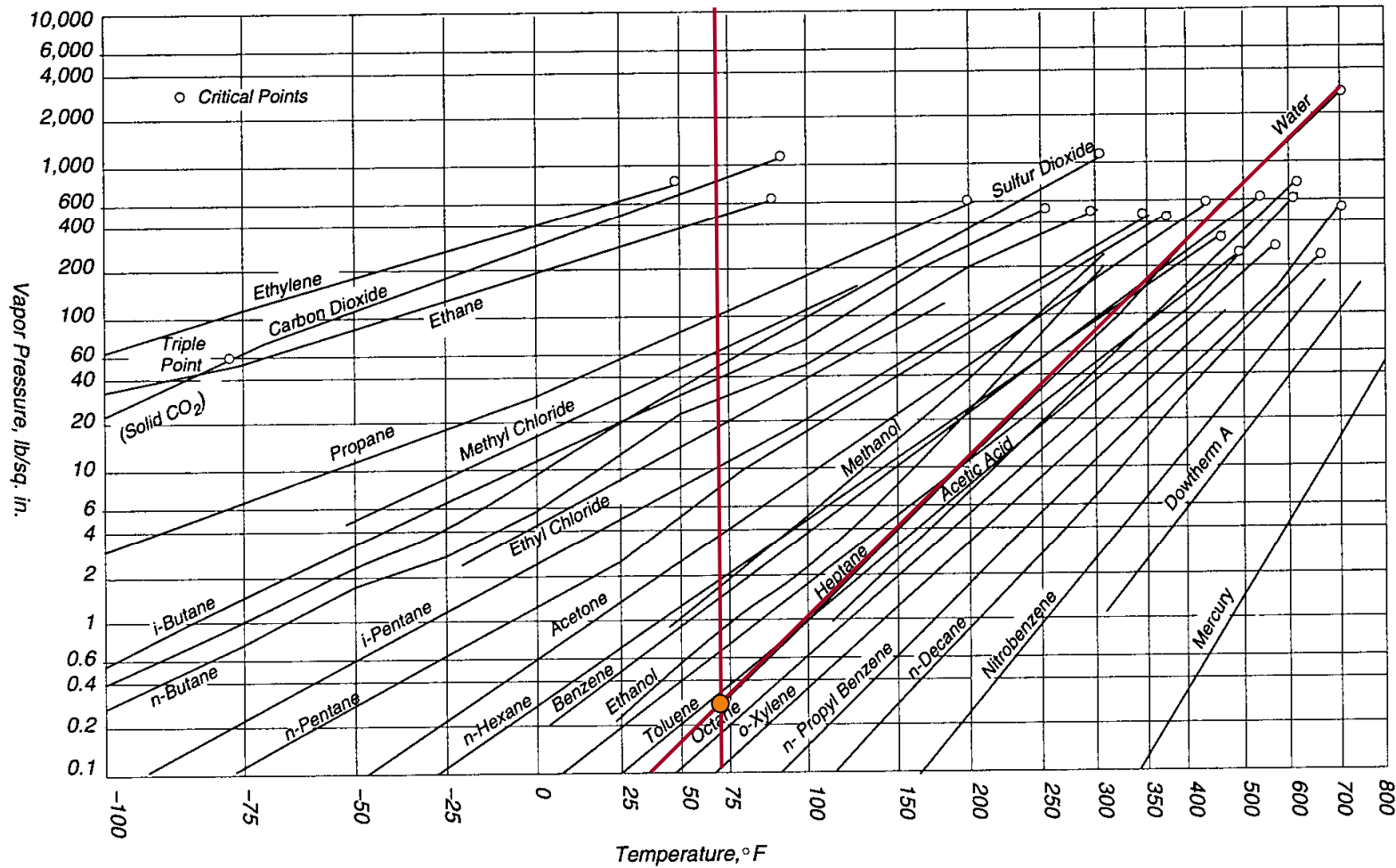


Figure 9.1
Vapor Pressures of VOCs as a Function of Temperature



Μερική πίεση (partial pressure)

- Η πίεση ενός αερίου (ή ατμού) σε ένα μίγμα αερίων που θα ασκούσε εάν καταλάμβανε μόνο του τον όγκο του μίγματος

$$P_A = \gamma_A P_T$$

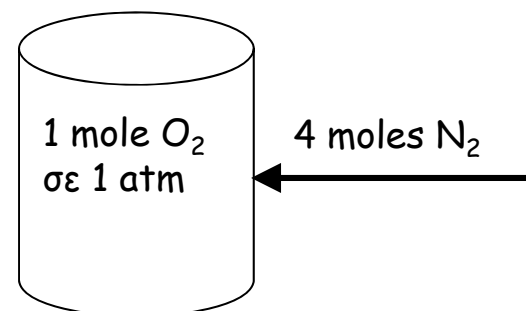
γ_A : γραμμομοριακό κλάσμα του συστατικού A στο μίγμα στην αέρια φάση

P_T : συνολική πίεση

- Βαθμός κορεσμού (ή σχετική υγρασία)

$$S = \frac{P_A}{P_v(T)} \quad (RH = S \times 100)$$

- Υπερκορεσμός: $S > 1$ ($RH > 100\%$)



- **Ε: ποια είναι η P_{O_2} :**



Ενέργεια

- Είναι σημαντική η ενεργειακή Θεώρηση στις αντιρρυπαντικές τεχνολογίες:
- **Θερμοχωρητικότητα** (ειδική θερμότητα): η ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για να ανυψωθεί η θερμοκρασία μιας ουσίας 1°C .

Ερώτηση: Ποιο υλικό απαιτεί περισσότερη ενέργεια για να αυξηθεί η θερμοκρασία του κατά 1°C ; Το νερό ή ο χαλκός;

- Δύο τύποι θερμοχωρητικότητας: η ειδική θερμότητα σε σταθερό όγκο, C_v , και η ειδ. θερμ. σε σταθερή πίεση, C_p .
- **Ενθαλπία:** ουσιαστικά η ενέργεια μιας ουσίας σε σύγκριση με την ενέργεια της ουσίας σε μια θερμοκρασία αναφοράς (25°C)

$$H = C_p (T - T_0)$$

- Για υγρά όπως το νερό, η **λανθάνουσα θερμότητα** (H_L , ενέργεια εξάτμισης) θα πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη



Διαλυτότητα

- Οι περισσότερες αντιρρυπαντικές τεχνολογίες κοντά σε 1 atm και σε αραιά διαλύματα
- **Νόμος του Henry:** η συγκέντρωση ενός διαλυμένου αερίου σε ένα υγρό είναι ανάλογη της μερικής πίεσης (σε σταθερή θερμοκρασία)

$$P_A = Hx_A$$

ή

$$y_A = H_1x_A$$

H: πίεση/ γραμμομοριακό κλάσμα στο υγρό

H₁: γραμμομοριακό κλάσμα στο αέριο / γραμμομοριακό κλάσμα στο υγρό

x_A: γραμμομοριακό κλάσμα στο υγρό

Table 12.1
Henry's Law Constants for Gases in Water. ($\cdot 10^{-4}$ atm/mole fraction)

Temp °C	Gas									
	Air	CO ₂	CO	H ₂ S	NO	N ₂	O ₂	SO ₂	NH ₃	COS
0	4.32	0.0728	3.52	0.0268	1.69	5.59	2.55	0.0011	0.000034	0.092
10	5.49	0.104	4.42	0.0367	2.18	6.68	3.27	0.0017	0.000054	0.148
20	6.64	0.142	5.36	0.0483	2.64	8.04	4.01	0.0024	0.000090	0.219
30	7.71	0.186	6.20	0.0609	3.10	9.24	4.75	0.0034	0.00013	0.304
40	8.70	0.233	6.96	0.0745	3.52	10.4	5.35	0.0054	0.00019	-
50	9.46	0.283	7.61	0.0884	3.90	11.3	5.88	0.0070	0.00029	-
60	10.1	0.341	8.21	0.103	4.18	12.0	6.29	-	0.00038	-
70	10.5	-	8.45	0.119	4.38	12.5	6.63	0.013	-	-
80	10.7	-	8.45	0.135	4.48	12.6	6.87	-	-	-
90	10.8	-	8.46	0.144	4.52	12.6	6.99	-	-	-
100	10.9	-	8.46	0.148	4.54	12.6	7.01	0.026	-	-

Note: The values in the table have been multiplied by 10^{-4} . The correct value for SO₂ at 0°C is 11 atm/mole fraction.

Ειδικές Θερμότητες αερίων σε χαμηλές πιέσεις

Table A.1 Gas Constants and Specific Heats at Low Pressures

Gas	M	$c_p,$ kJ/kg · K	$c_v,$ kJ/kg · K	k
Acetylene (C ₂ H ₂)	26.036	1.6947	1.3753	1.232
Air	28.97	1.0047	0.7176	1.4
Ammonia (NH ₃)	17.032	2.089	1.5992	1.304
Argon (A)	39.95	0.5208	0.3127	1.666
Carbon Dioxide (CO ₂)	44.01	0.844	0.6552	1.288
Carbon Monoxide (CO)	28.01	1.0412	0.7444	1.399
Chlorine (Cl ₂)	70.914	0.4789	0.3617	1.324
Ethane (C ₂ H ₆)	30.068	1.7525	1.4761	1.187
Ethylene (C ₂ H ₄)	28.052	1.5297	1.2333	1.24
Helium (He)	4.003	5.1954	3.1189	1.666
Hydrogen (H ₂)	2.016	14.3136	10.190	1.4
Hydrazine (N ₂ H ₄)	32.048	1.6453	1.3815	1.195
Methane (CH ₄)	16.043	2.1347	1.6164	1.321
Neon (Ne)	20.183	1.0298	0.6179	1.666
Nitrogen (N ₂)	28.016	1.0399	0.7431	1.399
Oxygen (O ₂)	32	0.9185	0.6585	1.395
Propane (C ₃ H ₈)	44.094	1.6683	1.4799	1.127
Sulfur Dioxide (SO ₂)	64.07	0.6225	0.4927	1.263
Water Vapor (H ₂ O)	18.016	1.8646	1.4033	1.329
Xenon (Xe)	131.3	0.1582	0.0950	1.666

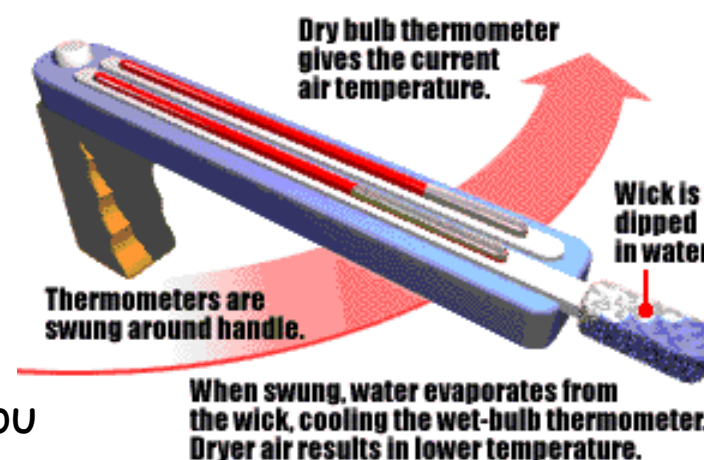


Μίγματα αέρα/νερού (σελ. 268)

- Η κατάσταση ενός μίγματος αέρα/νερού προσδιορίζεται από την πίεση, τη θερμοκρασία και την υγρασία

Ψυχομετρικοί χάρτες

- Θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου (Dry bulb temperature)
- Θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου (Wet bulb temperature): η θερμοκρασία ενός θερμομέτρου όταν βρίσκεται με ένα βρεγμένο πανί στην άκρη του

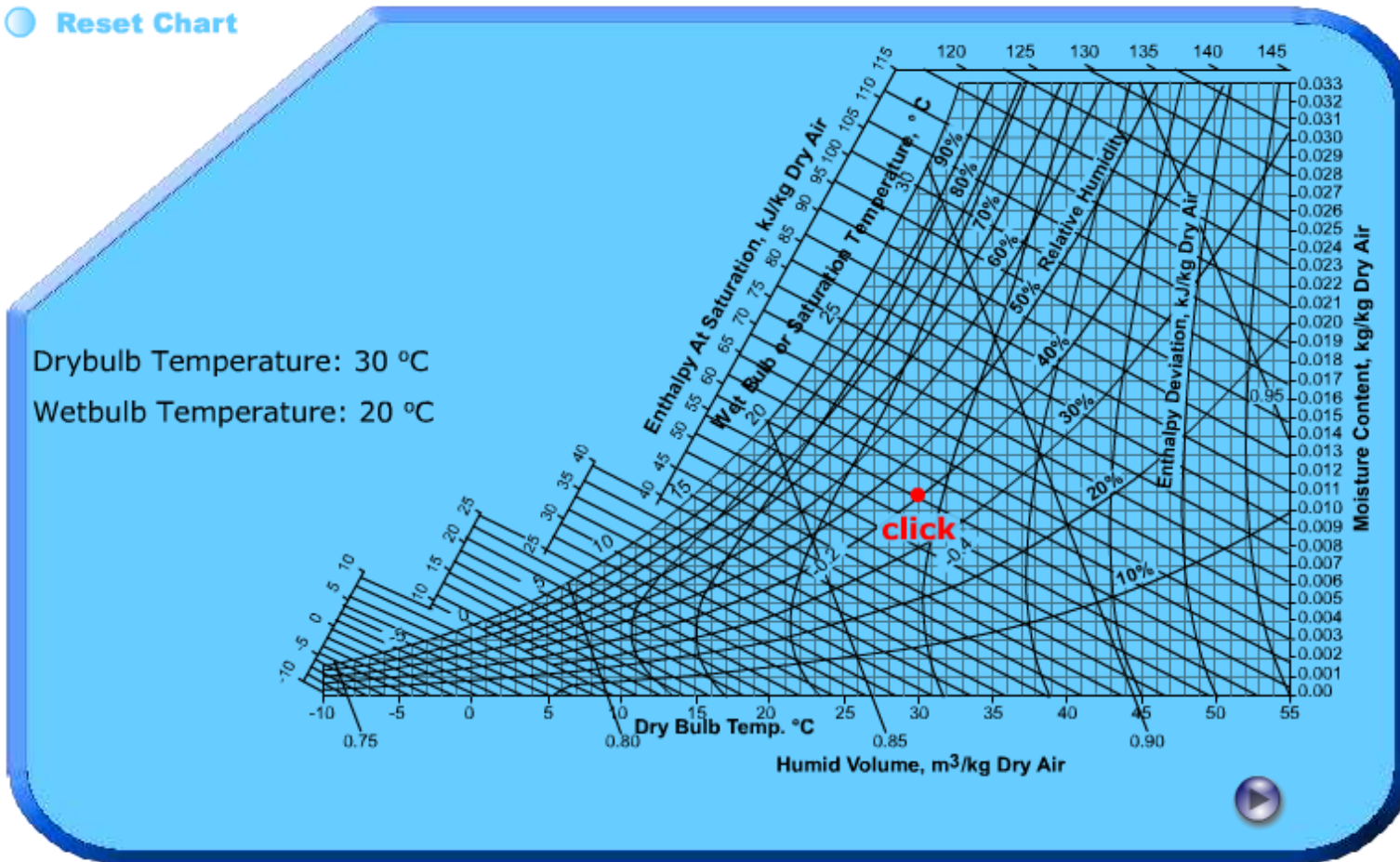


<http://www.usatoday.com/weather/wsling.htm>

- **E:** γιατί η T_{DB} είναι πάντοτε υψηλότερη από την T_{WB} ;

Ψυχομετρικοί χάρτες

Reset Chart



Ιδιότητες Αερίων - Σύνοψη



Πυκνότητα: **μειώνεται** με τη θερμοκρασία

Ιξώδες (δυναμικό): **;** με τη θερμοκρασία

Ειδική θερμοχωρητικότητα C_p : **σταθερή** με τη θερμοκρασία

Θερμική αγωγιμότητα: **αυξάνει** με τη θερμοκρασία

Σταθερά Henry: **αυξάνει** με τη θερμοκρασία. Επομένως η

διαλυτότητα

1.3.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΙΑΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σχεδιασμός διεργασίας (Κεφ. 2)

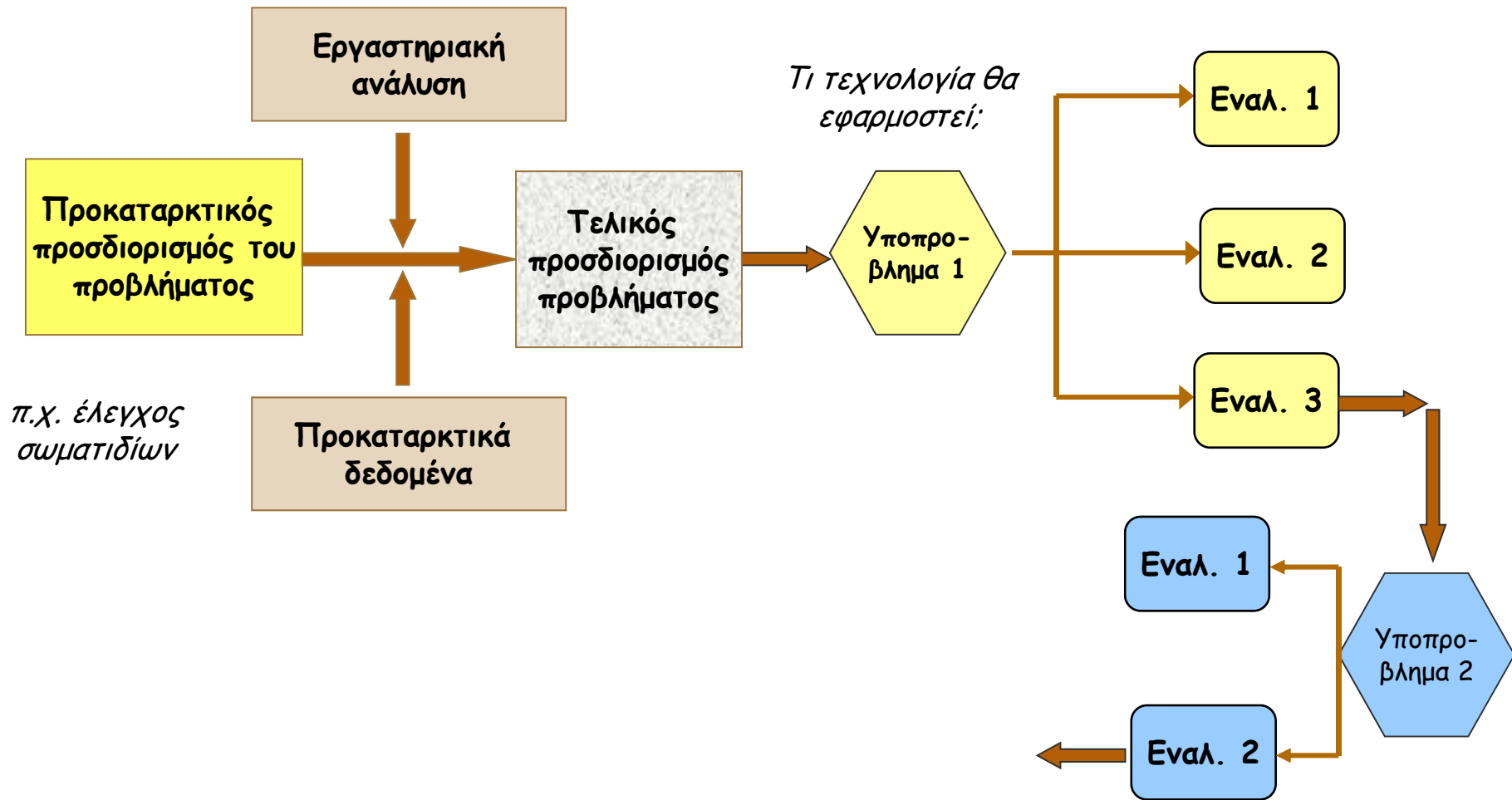


Η αλληλουχία των βημάτων από το στάδιο του προγραμματισμού μέχρι το στάδιο του καθορισμού των προδιαγραφών του εξοπλισμού (για τον έλεγχο της ρύπανσης)

Ο μηχανικός:

- Αξιολογεί τις εναλλακτικές λύσεις
- Επιλέγει την καταλληλότερη με τεχνικά και οικονομικά κριτήρια

Σχεδιαστικά βήματα μιας διεργασίας



Σχεδιαστικά βήματα μιας διεργασίας



Από προηγούμενο



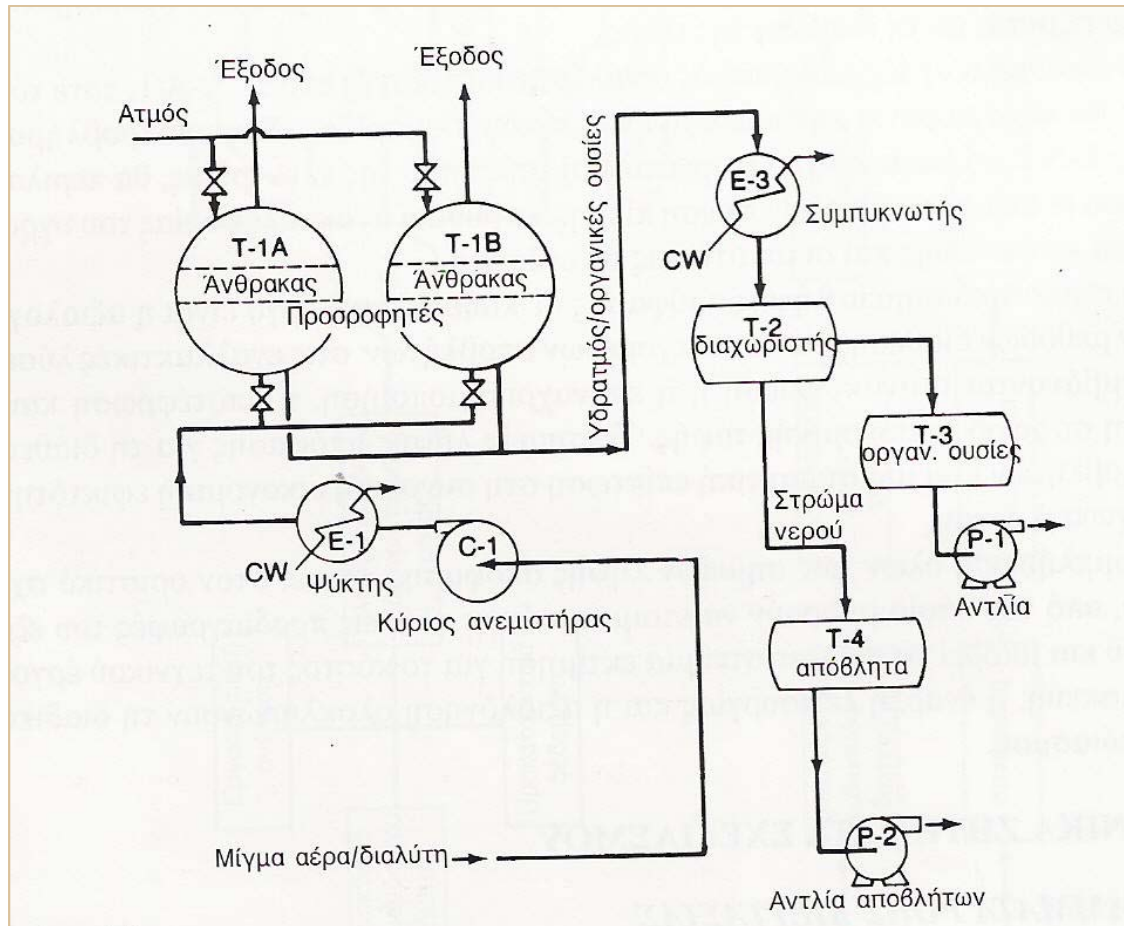


- Προκαταρκτικό διάγραμμα ροής
- Λεπτομερές με παρουσίαση των οργάνων και των συνθηκών ρευμάτων

(Ο βαθμός λεπτομέρειας καθορίζεται από το στάδιο ανάπτυξης της διεργασίας και από την επιδιωκόμενη χρήση του διαγράμματος)

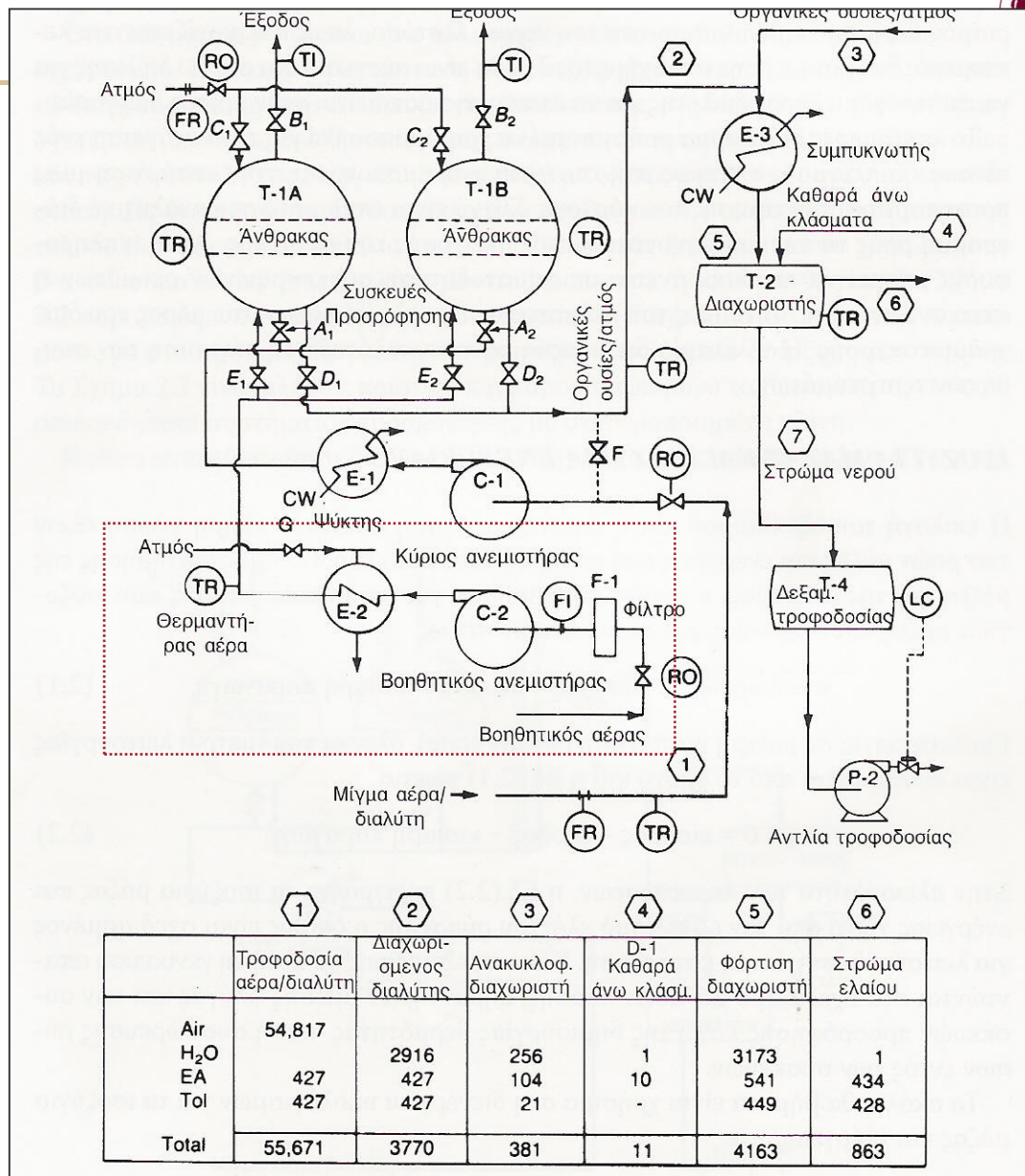
- Καθώς αναπτύσσεται η διεργασία, το διάγραμμα ροής μπορεί να τροποποιηθεί για να συμπεριλάβει πρόσθετες απαιτήσεις

Προκαταρκτικό διάγραμμα ροής



Προκαταρκτικό διάγραμμα ροής για ένα σύστημα ανάκτησης διαλύτη (τολουολίου/οξικό αιθύλιο) με προσρόφηση σε σταθεροποιημένη κλίνη άνθρακα.

Λεπτομερές διάγραμμα ροής για ένα σύστημα ανάκτησης διαλύτη (τολουολίου/οξικού αιθύλιου) με προσρόφηση σε σταθεροποιημένη κλίνη άνθρακα. Περιλαμβάνει και την ξήρανση του άνθρακα με ζεστό αέρα.





1.4. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΡΥΠΑΝΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Η ρύπανση δεν γνωρίζει σύνορα !



«Η κλιματική αλλαγή ενέχει μεγαλύτερο κίνδυνο για την ανθρωπότητα από την τρομοκρατία» (Στίβεν Χόκινγκ)

Ποιες είναι οι επιπτώσεις από τον τομέα της ενέργειας;



Η ρύπανση του περιβάλλοντος φαίνεται αναπόφευκτη ως ένα βαθμό, αλλά μπορεί να ελαχιστοποιηθεί και να περιοριστούν σημαντικά οι επιπτώσεις της.

Είδη της ρύπανσης που εμφανίζονται :

- **«Φαινόμενο του Θερμοκηπίου»**. Εμφανίζεται σε **παγκόσμιο επίπεδο** (globally) και οι αυξημένες εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου θεωρούνται υπεύθυνες για την προοδευτική αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης [= **κλιματική αλλαγή** (climatic change) και **υπερθέρμανση του πλανήτη** (global warming)]. Τα κυριότερα αέρια του θερμοκηπίου είναι το CO_2 , το μεθάνιο, τα NO_x , τα CFC και το όζον στην τροπόσφαιρα. Η καύση των ορυκτών καυσίμων είναι υπεύθυνη για το μεγαλύτερο μέρος του CO_2 . Η ενέργεια είναι επίσης υπεύθυνη και για μέρος των εκπομπών μεθανίου, συνεισφέρει στην παραγωγή NO_x και σε μικρό τμήμα των CFC.
- **«Όξινη βροχή»**. Εμφανίζεται σε **περιφερειακό επίπεδο** (regional) και οφείλεται στις εκπομπές οξειδίων θείου και αζώτου από την καύση του γαιάνθρακα και του πετρελαίου.



Ποιες είναι οι επιπτώσεις από τον τομέα της ενέργειας: (II)

- Σε **παγκόσμιο επίπεδο**, με διαφορετική ένταση από περιοχή σε περιοχή, παρατηρείται και η μείωση της **στιβάδας του όζοντος**.
- **Φωτοχημικό νέφος**. Δημιουργείται μόνο σε **τοπικό επίπεδο** (local) και οφείλεται βασικά στις εκπομπές των αυτοκινήτων (και βιομηχανίας) με τη συνεργία ευνοϊκών κλιματολογικών συνθηκών.
- **Ρύπανση των υδάτινων πόρων** (π.χ. πυρηνικά ή άλλα υγρά απόβλητα στα υπόγεια νερά, σε τοπικό επίπεδο) και υποβάθμιση ποταμών λιμνών και ωκεανών.
- **Πετρελαιοκηλίδες** στη θάλασσα ή ποταμούς και διαρροές σε επιφανειακά νερά.
- **Θερμική ρύπανση**. Παγκόσμια και τοπικά: Θερμικά απόβλητα σε θάλασσα, άλλους υδάτινους αποδέκτες, ξηρά και ατμόσφαιρα.
- **Χρήση γης**. Είναι κυρίως τοπικής σημασίας. (Σύνδρομο «όχι στην αυλή μου» ή στα αγγλικά «not-in-my-backyard syndrome», NIMBS).
- Λόγω της όξινης βροχής ή άλλων φαινομένων μπορεί να υπάρξει **υποβάθμιση βιοτόπων, δασών** κτλ.
- **Παραγωγή ραδιενεργών ισοτόπων** με προβλήματα στη διάθεση, επεξεργασία και περιορισμό.

Σύνοψη περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη χρήση συμβατικών μορφών ενέργειας



ΚΑΥΣΙΜΑ	ΡΥΠΑΝΤΗΣ	ΕΠΙΠΤΩΣΗ	ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ
Άνθρακας	SO ₂ SO ₃ (~3 Mt/y)	Όξινη βροχή	Καταλυτική μετατροπή
	αιθάλη	Νέφος	Καθαρότερα καύσιμα
	CO ₂	Αέριο θερμοκηπίου	Ανακύκλωση, προσωρινή δέσμευση
Πετρέλαιο/ φυσικό αέριο	NO, NO ₂ , CO, υδρογονάνθρακες	Φωτοχημικό νέφος	Καταλυτική μετατροπή
	CO ₂	Αέριο θερμοκηπίου	Ανακύκλωση
Πυρηνικά	Ραδιενεργά απόβλητα	Υγεία / περιβάλλον	Ταφή / αποθήκευση υαλοποιημένων αποβλήτων



1.4.1

ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ





ΑΕΡΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ

Η προσθήκη στην ατμόσφαιρα ουσιών (ή φυσικών και βιολογικών παραγόντων) από τις ανθρώπινες δραστηριότητες ουσίες σε συγκεντρώσεις τέτοιες που μπορεί να είναι επιβλαβείς στην ανθρώπινη υγεία, τα ζώα, τη βλάστηση και τα υλικά.

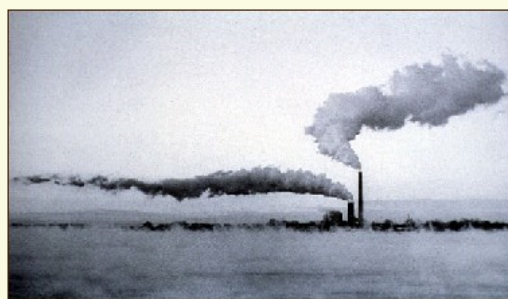
Επίσης μπορούν να οριστούν και άλλες μορφές ρύπανσης: ηχορύπανση, φωτορύπανση, αισθητική ρύπανση)

- Πολλές ουσίες εισέρχονται στην ατμόσφαιρα από φυσικά φαινόμενα (όπως ηφαίστεια, πυρκαγιές δασών, θαλάσσια αερολύματα κτλ.), αλλά δεν μπορούν να θεωρηθούν ως ρύπανση
- Η γνώση της χημείας και των φαινομένων της αέριας ρύπανσης δεν είναι ακόμη ικανοποιητική.

Close-Up of Stack Plume



Plumes in Two Layers
Power Plant - Salem, MA





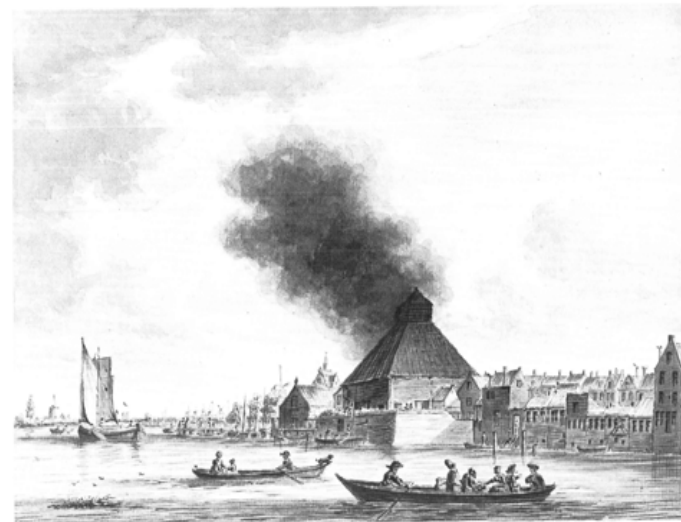
ΟΡΙΣΜΟΙ (Ε.Ε.)

- **Αέρας του περιβάλλοντος:** ο εξωτερικός αέρας της τροπόσφαιρας, εξαιρουμένου του αέρα στους χώρους εργασίας
- **Ρύπος:** κάθε ουσία η οποία διοχετεύεται αμέσως ή εμμέσως από τον άνθρωπο στον αέρα του περιβάλλοντος και ενδέχεται να έχει επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία ή/και στο περιβάλλον στο σύνολό του
- **«επίπεδο»:** η συγκέντρωση ενός ρύπου στον αέρα του περιβάλλοντος ή η εναπόθεσή του σε μια επιφάνεια σε δεδομένη χρονική στιγμή
- **«εκτίμηση»:** κάθε μέθοδος που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση, τον υπολογισμό, την πρόβλεψη ή την εκτίμηση του επιπέδου ενός ρύπου στον αέρα του περιβάλλοντος·
- **«οριακή τιμή»:** ένα επίπεδο καθοριζόμενο βάσει επιστημονικών γνώσεων, με σκοπό να αποφεύγονται, να προλαμβάνονται ή να μειώνονται οι επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία ή/και στο σύνολο του περιβάλλοντος, το οποίο πρέπει να επιτευχθεί εντός δεδομένης προθεσμίας χωρίς εν συνεχεία υπερβάσεις
- **«όριο συναγερμού»:** ένα επίπεδο πέραν του οποίου υπάρχει κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία ακόμα και αν η έκθεση είναι βραχύχρονη, και κατά το οποίο τα κράτη μέλη λαμβάνουν αμέσως τα μέτρα που προβλέπει η οδηγία 96/62/ΕΚ
- **«περιθώριο ανοχής»:** το ποσοστό της οριακής τιμής κατά το οποίο επιτρέπεται να γίνεται υπέρβαση της σύμφωνα με τους όρους της οδηγίας 96/62/ΕΚ

Ιστορικές Παρατηρήσεις



- ✗ Προβλήματα ρύπανσης του περιβάλλοντος υπήρξαν και στην αρχαιότητα.
- ✗ Η πρώτη νομοθεσία για τον έλεγχο της αέριας ρύπανσης έγινε στην Αγγλία το 1273, κατά τη διάρκεια τη βασιλείας του Edward I. Μερικά χρόνια αργότερα, το 1307, με βασιλική διαταγή απαγορεύτηκε η χρήση του κάρβουνου μέσα στο Λονδίνο.
- ✗ Τα αποτελέσματα της αέριας ρύπανσης εμφανίζονται πολλές φορές μετά από πολύχρονη έκθεση με τη μορφή χρόνιας βρογχίτιδας, καρκίνου του λάρυγγα και άλλων αναπνευστικών προβλημάτων. Η χρόνια βρογχίτιδα έγινε γνωστή εκτός της Αγγλίας με το όνομα «η αγγλική ασθένεια» για προφανείς λόγους. Ο Shakespeare κατέγραψε μία παρατήρηση ρύπανσης στον «Hamlet».





Ιστορικές Παρατηρήσεις

★ Πολλοί θάνατοι προκλήθηκαν από την ξαφνική και έντονη ρύπανση τα τελευταία 100 χρόνια:

(1) Λόγω της έντονης ρύπανσης από το διοξείδιο του θείου και της θερμοκρασιακής αναστροφής περίπου 60 άτομα έχασαν τη ζωή τους τον Δεκέμβριο του 1932 στο Seraigne του Βελγίου.

(2) Για το ίδιο λόγο, τον Οκτώβριο του 1948, 20 άτομα έχασαν τη ζωή τους και περισσότεροι από 6000 αρρώστησαν στο Donora της Πενσυλβάνιας.



View of Donora as deadly smog envelops the Washington Co. community. Photo courtesy *Pittsburgh Post-Gazette*.

Ιστορικές Παρατηρήσεις

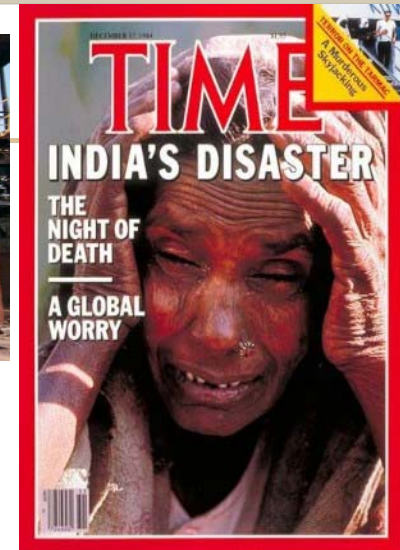


(3) Το χειρότερο επεισόδιο ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι το επεισόδιο του Λονδίνου, που συνέβη μεταξύ 5 και 9 Δεκεμβρίου 1952 στο Λονδίνο, λόγω αντίστοιχων συνθηκών με το Σεραιγκ. Πιστεύεται ότι περίπου 12000 άτομα έχασαν τη ζωή του από το «νέφος» που δημιουργήθηκε, στο οποίο η συγκέντρωση του SO_2 ήταν 7 φορές μεγαλύτερη των κανονικών επιπέδων.



Ιστορικές Παρατηρήσεις

(4) Στο Μποπάλ της Ινδίας τον Δεκέμβριο του 1984 η απελευθέρωση ισοκυανιούχου μεθυλίου από εργοστάσιο εντομοκτόνων προκάλεσε το θάνατο μέχρι και 30000 ατόμων.



(5) Στο Chernobyl της Ουκρανίας, στις 26 Απριλίου 1986, έγινε το χειρότερο ατύχημα σε πυρηνικό εργοστάσιο με την απελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων ^{137}Cs και ^{131}I . Η ραδιενεργός ρύπανση κάλυψε μια τεράστια περιοχή, από τη Βόρεια Σουηδία μέχρι τη Βόρεια Ελλάδα. Αν και επίσημα οι νεκροί ανέρχονται σε 41, εκτιμάται ότι περισσότεροι από 40000 άτομα θα έχουν χάσει την ζωή τους σε διάστημα 20 ετών μετά το ατύχημα.

- Το «**φωτοχημικό νέφος**» (photochemical smog), το οποίο οφείλεται στην αλληλεπίδραση μονοξειδίου του αζώτου και οργανικών ενώσεων με την ηλιακή ακτινοβολία και διαφέρει ριζικά από το νέφος του Λονδίνου, αποτελούσε για πολλές δεκαετίες (από τη δεκαετία του '40) σοβαρό περιβαλλοντικό πρόβλημα στο Los Angeles, ενώ αποτελεί σημαντικό πρόβλημα σε πολλές μεγαλουπόλεις.



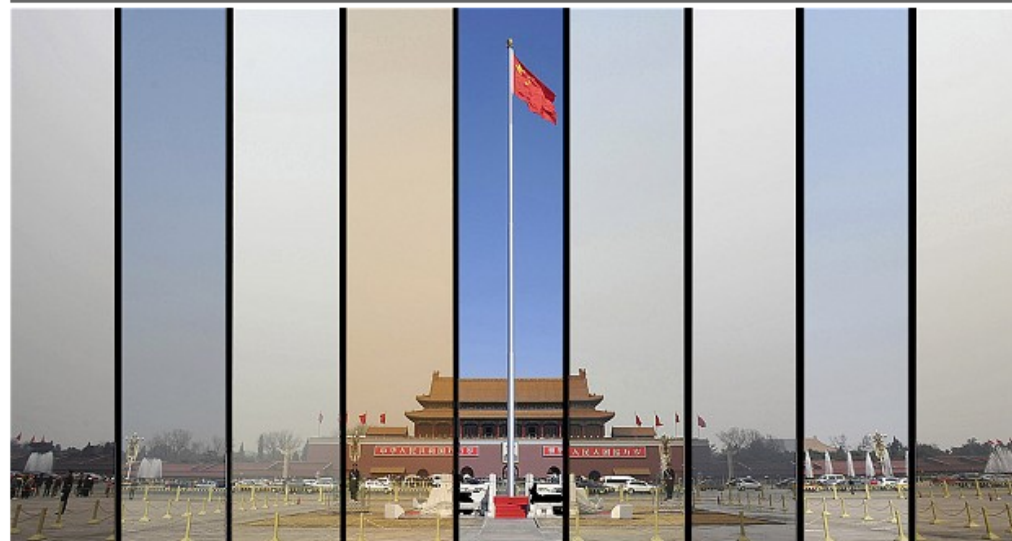


Air pollution killed seven million people in 2012: WHO

The biggest pollution-related killers were heart disease, stroke, pulmonary disease and lung cancer



Αιθαλομίχλη στο Παρίσι.



The air pollution levels in the sky over Tiananmen Square during the National People's Congress (NPC) in Beijing are seen in this combination file picture taken on the dates March 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14 and 15 (L-R) in 2013. Premier Li Keqiang has said China will "declare war" on pollution as the country began its annual meeting of parliament. Pollution levels have mostly stayed above "very unhealthy" and "hazardous" levels since the beginning of this year. Photo: WEI YAO/REUTERS

AFP 12:38AM GMT 25 Mar 2014

7 Comments

Air pollution by sources ranging from cooking fires to auto fumes contributed to an estimated seven million deaths worldwide in 2012, the UN health agency has said.

"Air pollution, and we're talking about both indoors and outdoors, is now the biggest environmental health problem, and it's affecting everyone, both developed and developing countries," said Maria Neira, the World Health Organisation's public and environmental health chief.

Print this article

Share 1K

Facebook 888

Twitter 197

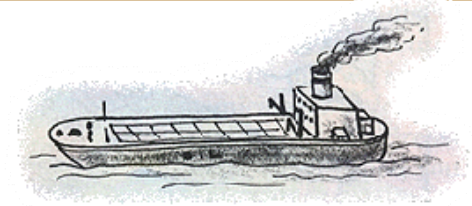
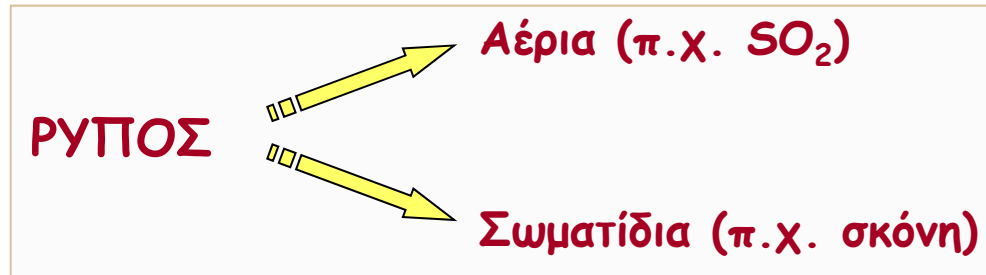
Email

LinkedIn 0



St Paul's cathedral is seen shrouded in smog in central London in April, 2011. Air pollution limits are regularly exceeded in 16 zones across the UK. Photograph: Carl De Souza/AFP/Getty Images.

ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΑΕΡΙΟΣ ΡΥΠΟΣ



- **ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ (pollution sources):** οι ρύποι εισάγονται στην ατμόσφαιρα από ανθρώπινες δραστηριότητες (βιομηχανία, γεωργία, μεταφορές), αλλά και από φυσικές πηγές (ηφαίστεια, σταγόνες θάλασσας, γύρη).
- Οι «**πρωτογενείς**» ρυπαντές (οι ρύποι που εκπέμπονται άμεσα) μπορούν να αντιδράσουν με άλλες ουσίες και να σχηματιστούν οι «**δευτερογενείς**» ρυπαντές, π.χ. αέρια (όζον) ή σωματίδια H₂SO₄, σχηματίζοντας **αερολύματα (aerosols)**.

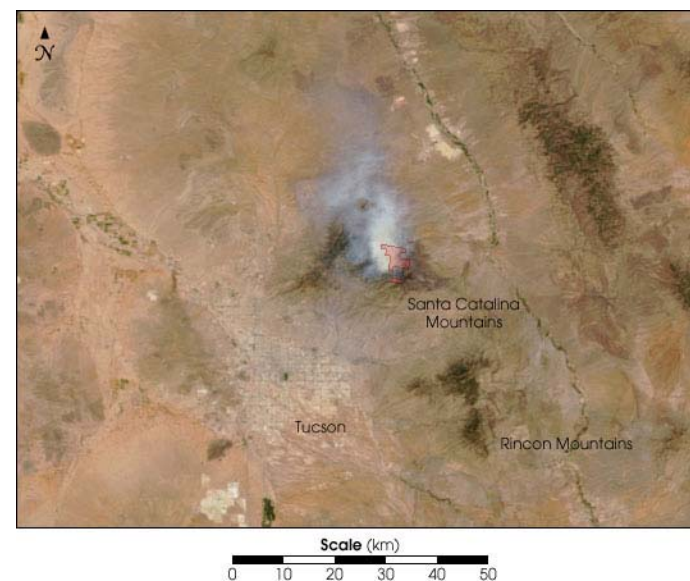
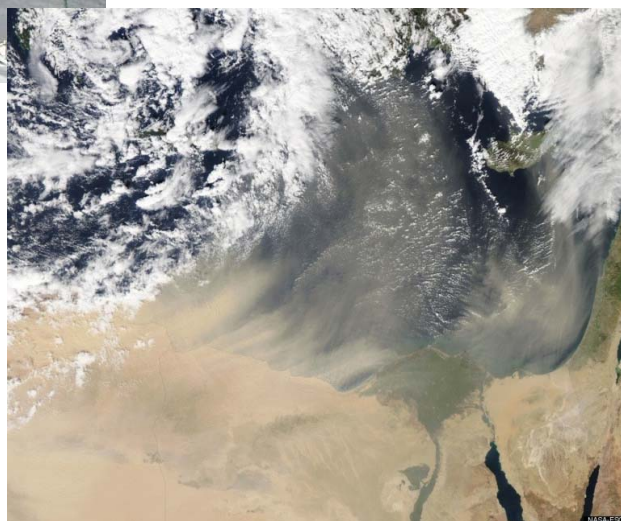




Φυσικές πηγές



Πηγή	Συνεισφορά
Ηφαίστεια	SO _x , σωματίδια
Πυρκαγιές δασών	CO, CO ₂ , NO _x , PM
Φυτά	Υδρογονάνθρακες, γύρη
Αποσύνθεση φυτών	CH ₄ , H ₂ S
Έδαφος	Σκόνη και ιούς
Θάλασσα	Σταγονίδια και PM





ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ

1. Πρωτογενείς αέριοι ρύποι

- Ενώσεις θείου (SO_2 , H_2S)
- Ενώσεις αζώτου (NH_3 , NO_x)
- Ενώσεις άνθρακα (υδρογονάνθρακες, CO , CO_2)
- Ενώσεις αλογόνων (HF , HCl ,



2. Πρωτογενή σωματίδια (από φυσικές πηγές και ανθρώπινες δραστηριότητες)

- Σωματίδια $d < 10 \mu\text{m}$ από φυσικά αίτια (φωτιές, σπρί από τη θάλασσα)
- Υλικά που περιέχουν άνθρακα (αιθάλη, οργανικά)
- Σωματίδια από εκπομπές αυτοκινήτων (PbO , SO_4^- , Cl^-)
- Σωματίδια που περιέχουν ελαφρά μέταλλα (Na , K , Si , Mg , Al ,)
- Σωματίδια που περιέχουν βαρέα μέταλλα (Ti , Na , Fe , Ni , Cu ,) από την ιπτάμενη τέφρα και τα χαλυβουργεία
- Σκόνη και άμμος με τον άνεμο
- Μικροοργανισμοί

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ

3. Ραδιενεργοί ρύποι (φυσικές πηγές, ανθρωπογενείς πηγές)

- Βιομηχανία ατομικής ενέργειας, αντιδραστήρες, ατομικές εκρήξεις

4. Δευτερογενείς αέριοι ρύποι

- NO_2 από NO
- O_3 μέσω φωτοχημικών αντιδράσεων και οργανικών

5. Δευτερογενή σωματίδια ($d < 2,5 \mu\text{m}$)

- Μετατροπή SO_2 σε SO_4^-
- Μετατροπή NO_2 σε NO_3^-
- Μετατροπή οργανικών ενώσεων σε σωματίδια



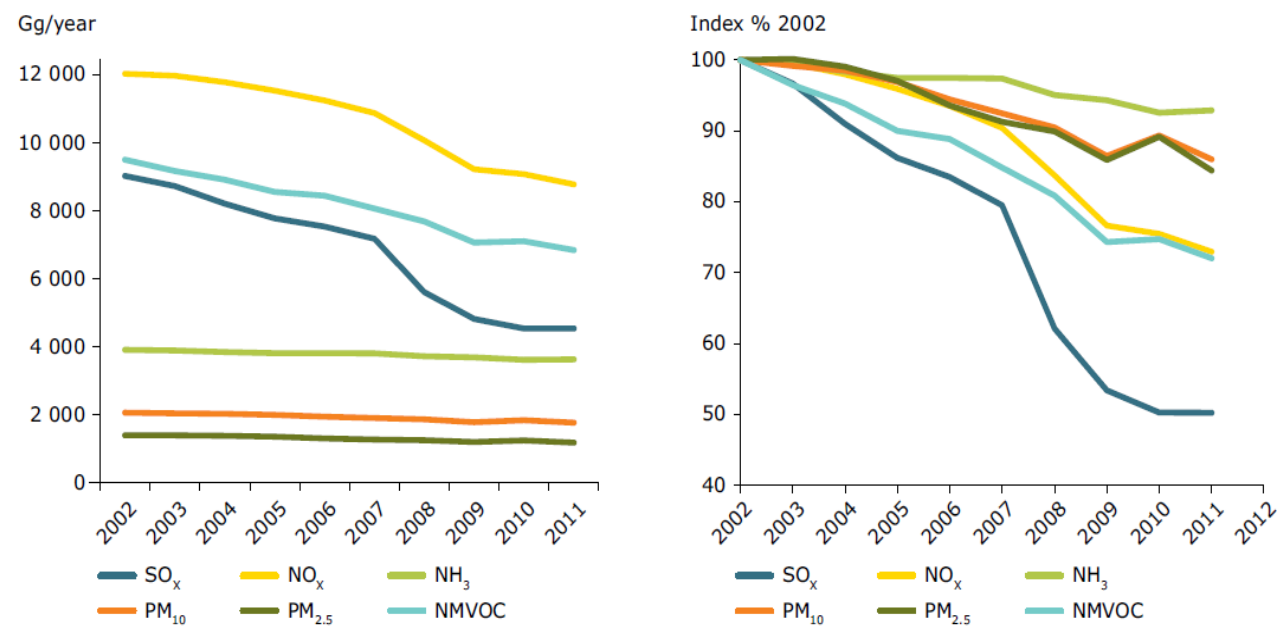


ΚΥΡΙΟΤΕΡΟΙ ΑΕΡΙΟΙ ΡΥΠΟΙ

- Σωματίδια PM_{10} , $PM_{2,5}$,
- Διοξείδιο του θείου (SO_2)
- Οξειδία του αζώτου (NO_x)
- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
- Πτητικές οργανικές ουσίες (VOC)
- Όζον (O_3)

Εκπομπές κύριων ρύπων στην ΕΕ: 2001-2011
«Air quality in Europe – 2013 report»

Figure 2.6 EU Emissions of primary PM and of PM precursor gases



Source: EEA.

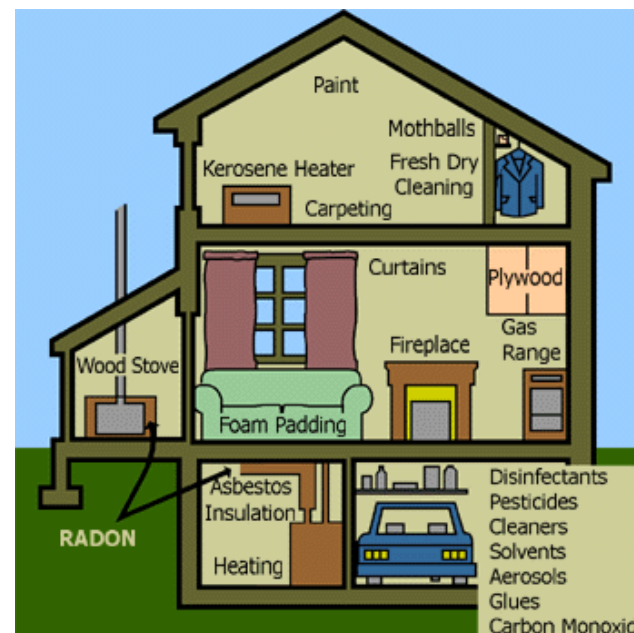


Εσωτερική ρύπανση

ΡΥΠΟΙ

- Κάπνισμα
- Διαλύτες
- Εντομοκτόνα
- Κόλλες
- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
- Πτητικές οργανικές ουσίες (VOC)
- Βαφές
- Ραδόνιο
- Αποσμητικά

Εκτιμάται ότι η εσωτερική ρύπανση είναι
πολλαπλάσια της ατμοσφαιρικής!



Εσωτερική ρύπανση

«ΤΑ ΝΕΑ»



Τοξικό «νέφος» μέσα στο σπίτι

Υψηλές συγκεντρώσεις χημικών ουσιών κατέγραψαν επιστήμονες του Πανεπιστημίου Αθηνών σε έρευνα που πραγματοποίησαν σε 25 σπίτια στην Αττική. Αιτίες, το κάπνισμα, το κυκλοφοριακό, τα ακατάλληλα κατασκευαστικά υλικά

Τι προκαλούν οι χημικές ουσίες που υπάρχουν στον αέρα των σπιτιών

Βενζόλιο Εκλύεται κυρίως από τη βενζίνη αλλά και από τον καπνό των τσιγάρων.
 ▶ Προκαλεί ζαλάδες, πονοκεφάλους, μπορεί να οδηγήσει σε αναιμία, ενώ έχει αποδειχτεί ότι είναι καρκινογόνο.

Τολουόλη Εκλύεται από τα καυσαέρια των αυτοκινήτων ή από τη χρήση χρωμάτων.
 ▶ Η μακροχρόνια εισπνοή τολουόλης μπορεί να προκαλέσει ζαλάδες και βλάβες στα νεφρά

Ξυλένιο Εκλύεται από τη βενζίνη αλλά και από τη χρήση χρωμάτων.
 ▶ Προκαλεί πονοκεφάλους, ζαλάδες, προβλήματα στην αναπνοή

Τριχλωροαιθυλένιο Εκλύεται από τη χρήση καθαριστικών λεκέδων ή υγρών για την απομάκρυνση χρωμάτων.
 ▶ Προκαλεί ερεθισμό στους πνεύμονες, πονοκεφάλους, ενώ πειράματα σε ζώα έχουν δείξει ότι μπορεί να προκαλέσει καρκίνο

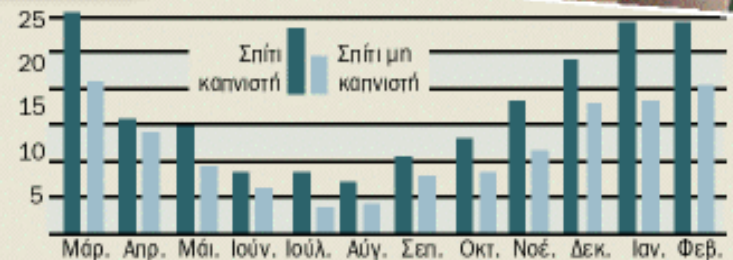
Πηγή: Εργαστήριο Αναλυτικής Χημείας, Τμήμα Χημείας Πανεπιστημίου Αθηνών, Μαρία Μήγιο, Ευάγγελος Μπακάς, Παναγιώτης Σιάκος 30

Μεγαλύτερες οι συγκεντρώσεις σε καινούργια σπίτια



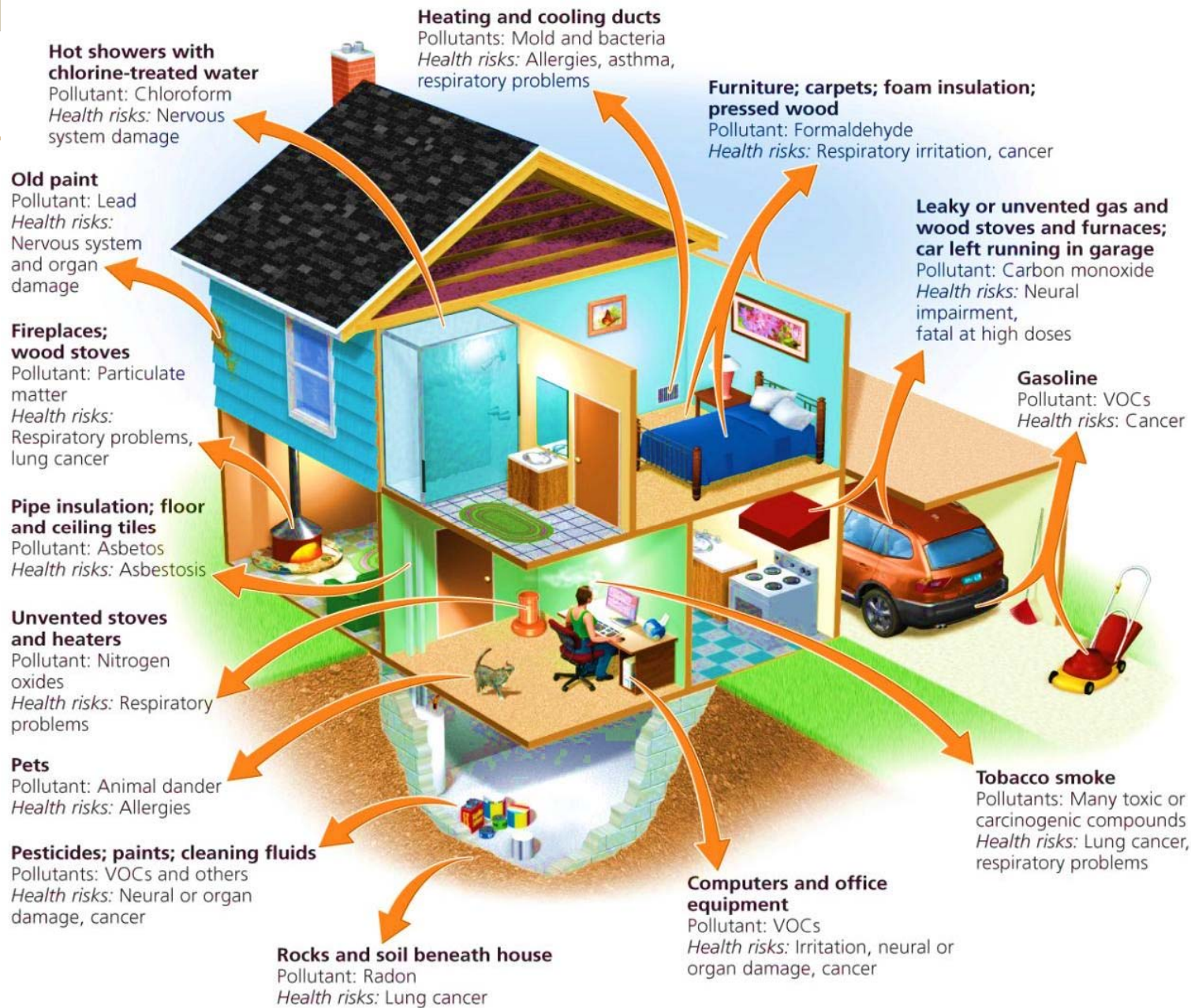
Οι συγκεντρώσεις δείχνουν ότι πιο... βρώμικος είναι ο αέρας στα σπίτια καπνιστών

Μέση συγκέντρωση βενζόλης στο εσωτερικό





Εσωτερική ρύπανση



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings



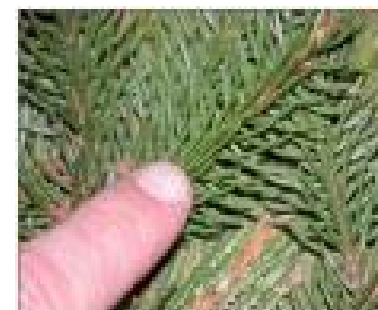
Αέρια Ρύπανση και Βιομηχανία

1. Βιομηχανία αμμωνίας (λιπάσματα)
2. Βιομηχανία χλωρίου (από εκπομπές, βλάβες, κτλ.)
3. Εντομοκτόνα
4. Βιομηχανία τροφίμων (αποσύνθεση, ζύμωση), κυρίως οσμή
5. Παραγωγή HCl , HF , HNO_3 , H_2SO_4
6. Βιομηχανία τσιμέντου: σωματίδια
7. Βιομηχανία χάρτου, μερικές ουσίες με έντονη οσμή (H_2S)
8. Βιομηχανία σιδήρου (Σκόνη από διάφορα υλικά)
9. Διυλιστήρια
 - Αλδεύδες και αμμωνία
 - CO (αναγεννητές καταλυτών, καύση)
 - Πτητικούς υδρογονάνθρακες (αποθήκευση, αναγεννητές καταλυτών)
 - NO_x από φούρνους, αναγεννητές καταλυτών
 - SO_2 και H_2S (καταλυτική διάσπαση)
 - Σωματίδια
 - Μερκαπτάνες



Απομάκρυνση - δέσμευση ρύπων

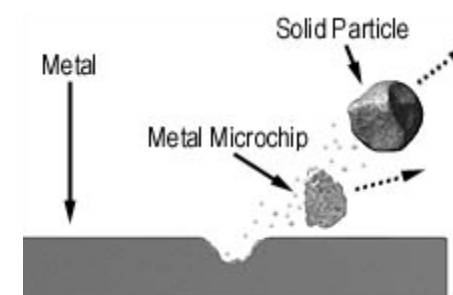
- Όπως η φύση αποτελεί πηγή πρόσθετων ουσιών στην ατμόσφαιρα, έτσι προσφέρει και ορισμένους φυσικούς **«συλλέκτες» ή εστίες απορρόφησης της ρύπανσης (sinks)** και μηχανισμούς απομάκρυνσης των ρύπων από τον αέρα.
- Τρεις κύριοι μηχανισμοί απορρόφησης: **(α) διασπορά, (β) χημικές αντιδράσεις και (γ) απόθεση.**
- Η απορρόφηση των ρύπων από τη βλάστηση, το έδαφος και τους υδάτινους ταμιευτήρες, καθώς και η οξειδωση και μετατροπή τους σε σωματίδια που μπορούν να κατακαθίσουν, αποτρέπουν τη συσσώρευση των ρυπαντών στον αέρα.
- Οι περισσότεροι ρύποι μένουν στην ατμόσφαιρα από μερικά λεπτά μέχρι μερικές μέρες.
- Φυσικές (π.χ. άνεμος) και ανθρωπογενείς (π.χ. Ηλεκτροστατικά «φίλτρα») εστίες απορρόφησης





ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ-ΑΕΡΟΛΥΜΑΤΑ

- **Σωματιδιακή ύλη** (Particulate matter, PM) ή αιωρούμενα στερεά (ΑΣ): οποιοδήποτε μεγέθους υλικό στον αέρα σε στερεή ή υγρή μορφή. Σχηματίζουν τα **αερολύματα** (Aerosols) [ομίχλη, καπνός, νέφος κτλ.]
- **Ποικιλία σχημάτων**, μεγεθών, φυσικών ιδιοτήτων
- Στερεά (ξηρή σκόνη) ή σταγονίδια
- **Φυσικές Πηγές**: ηφαίστεια, άνεμος, θάλασσα, γύρη των φυτών
- **Ανθρωπογενείς Πηγές**
 - Διεργασίες καύσης
 - Βιομηχανικές & μεταλλευτικές δραστηριότητες
 - Μεταφορές, γεωργία
 - Δευτερογενή σωματίδια
- **Συνεργία αερολυμάτων από φυσικές και από ανθρωπογενείς πηγές**:
 - αερολύματα καπνού και $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ επιδρούν στην ορατότητα
 - απορρόφηση τοξικών ουσιών από στερεά που αναπνέουν οι άνθρωποι





1.4.2

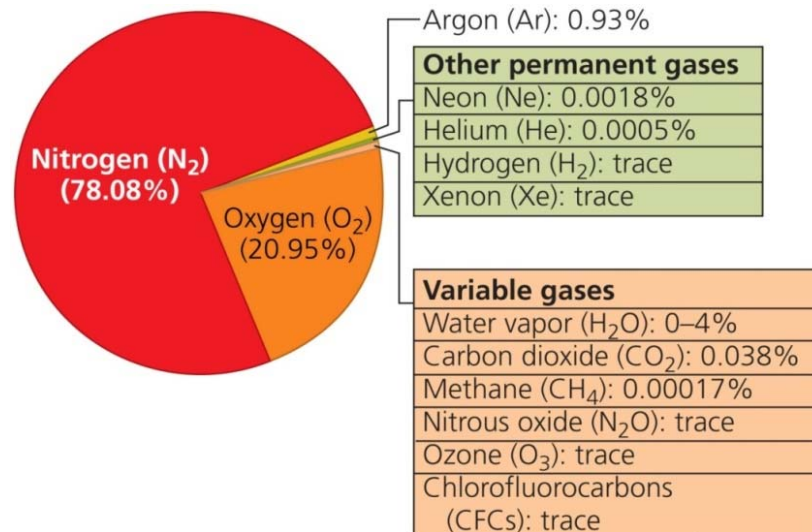
ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΤΙΟΥ

Φαινόμενο του Θερμοκηπίου (Κλιματική Αλλαγή, Υπερθέρμανση του πλανήτη)



Αέρας

- Μη-ομογενές μίγμα αερίων και στερεών και υγρών σωματιδίων
- Θεωρείται **αερόλυμα** (σωματίδια, σταγονίδια ...)
- Σωματίδια με μικρή ταχύτητα κατακρήθισης που χαρακτηρίζονται από σταθερότητα στο βαρυτικό πεδίο



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings

Κύρια συστατικά του αέρα σε % ή μοριακό κλάσμα

Συστατικό	% κατά βάρος	Μοριακό κλάσμα
N ₂	75,51	0,7808
O ₂	23,14	0,2095
⁴⁰ Ar	1,28	0,0093
Υδρατμοί		0,0004

Συστατικά σε μικρές συγκεντρώσεις

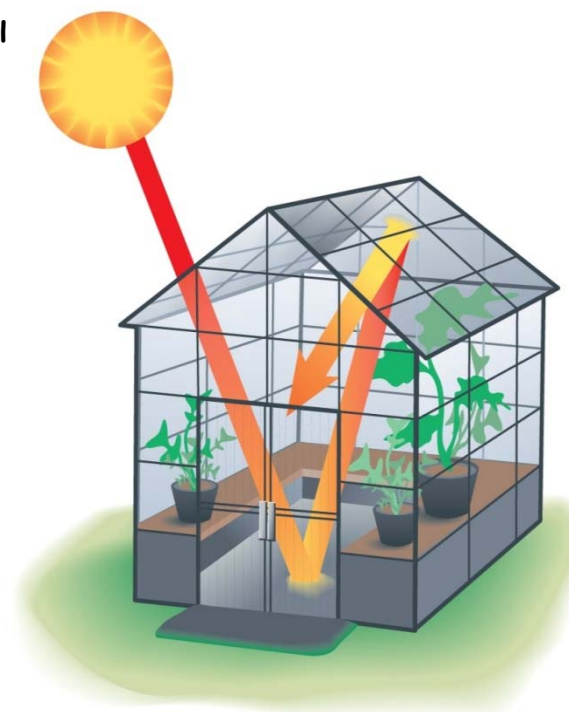
Συστατικό	ppmv (μέρη στο εκατομμύριο*)
CO ₂	350
Ne	18
He	5
CH ₄	2
Kr	1
H ₂	0,5
N ₂ O	0,5
Xe	0,1

* 350 ppm σημαίνει 350 από τα 1 εκατ. σωματίδια είναι CO₂



Τι είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου;

- Όπως σε ένα θερμοκήπιο ή στο αυτοκίνητο το καλοκαίρι.
- Η γη διατηρεί τη θερμοκρασία της λόγω της ατμόσφαιράς της (και του φαινομένου του θερμοκηπίου) μεταξύ 0°C και $<50^{\circ}\text{C}$.
- Το φεγγάρι βρίσκεται στην ίδια θέση με τη γη στο ηλιακό μας σύστημα και έχει μέση θερμοκρασία -18°C με ακραίες τιμές -150°C και $+100^{\circ}\text{C}$
- Μέση θερμοκρασία της γης 15°C , θερμικό σύνορο που αποτρέπει την ανάμιξη της τροπόσφαιρας με την στρατόσφαιρα (η στιβάδα του όζοντος στην τροπόσφαιρα αποτρέπει επίσης την ανάμιξη).



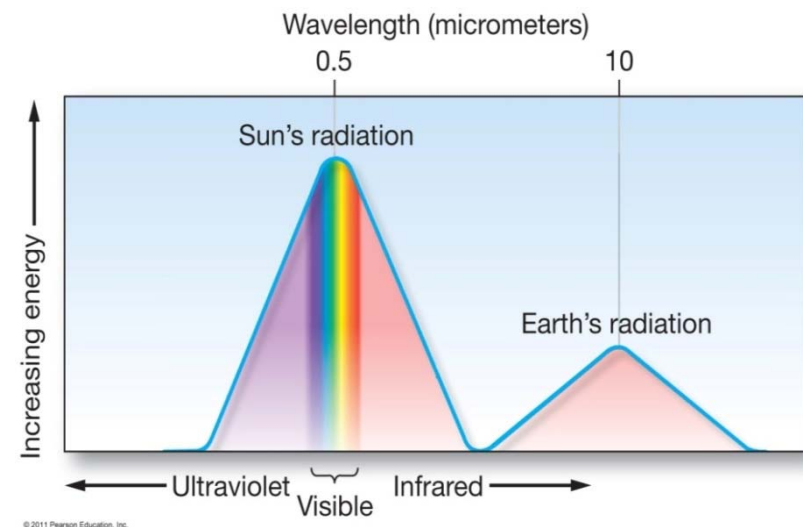
© 2011 Pearson Education, Inc.



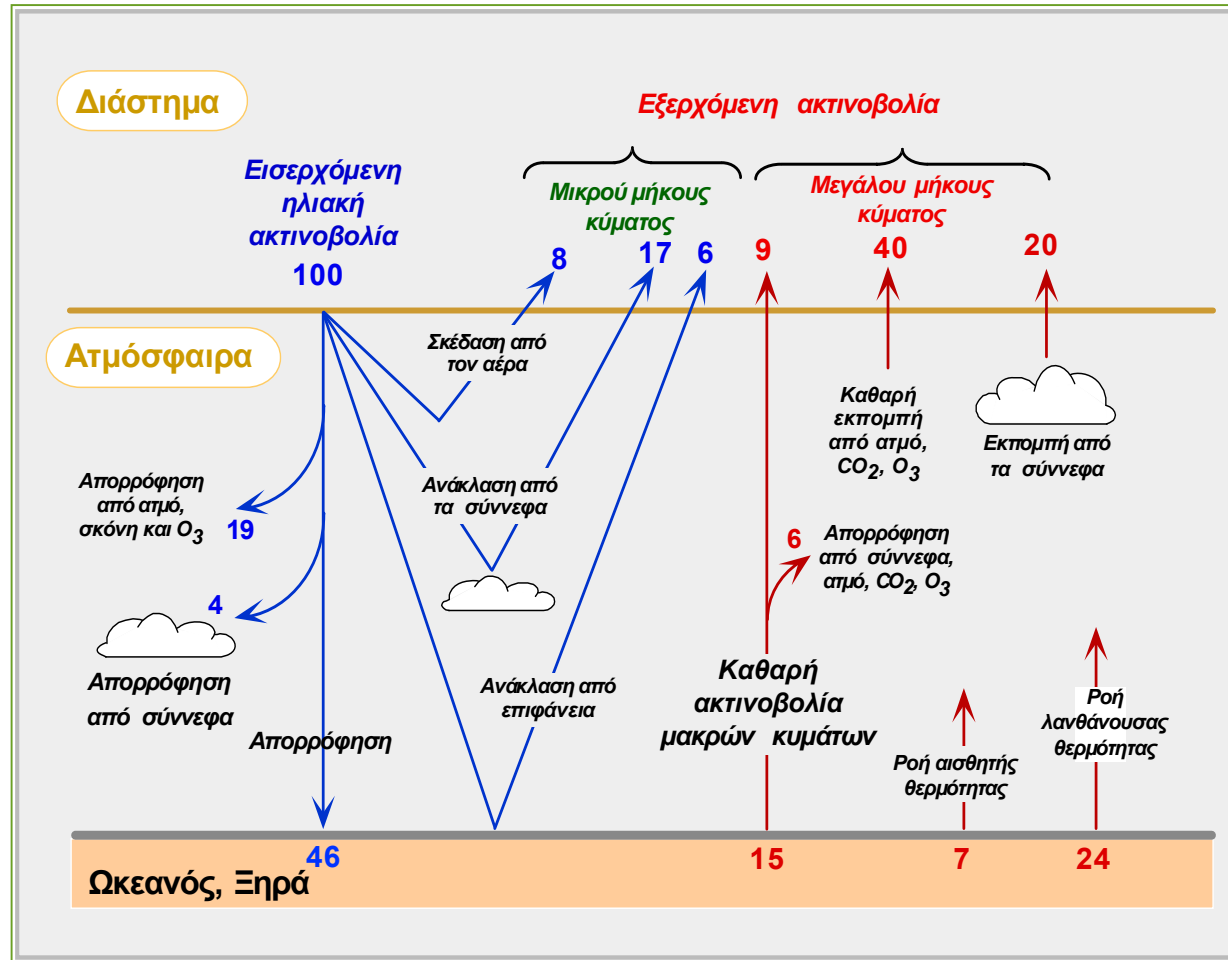
Ποια μήκη κύματος συμμετέχουν στη μετατροπή της ενέργειας:

- Ο ήλιος είναι η μόνη πηγή ενέργειας. Το ~86% της ενέργειάς του το μεταδίδει με ακτινοβολία στα 400-700 nm
 - Ορατό φάσμα [400 nm μπλέ και 700 nm κόκκινο]
 - ~7% με ακτινοβολία < 400 nm, ως υπεριώδης (UV).
 - ~7 % μεταδίδεται με ακτινοβολία στα >700 nm - υπέρυθρη (IR).

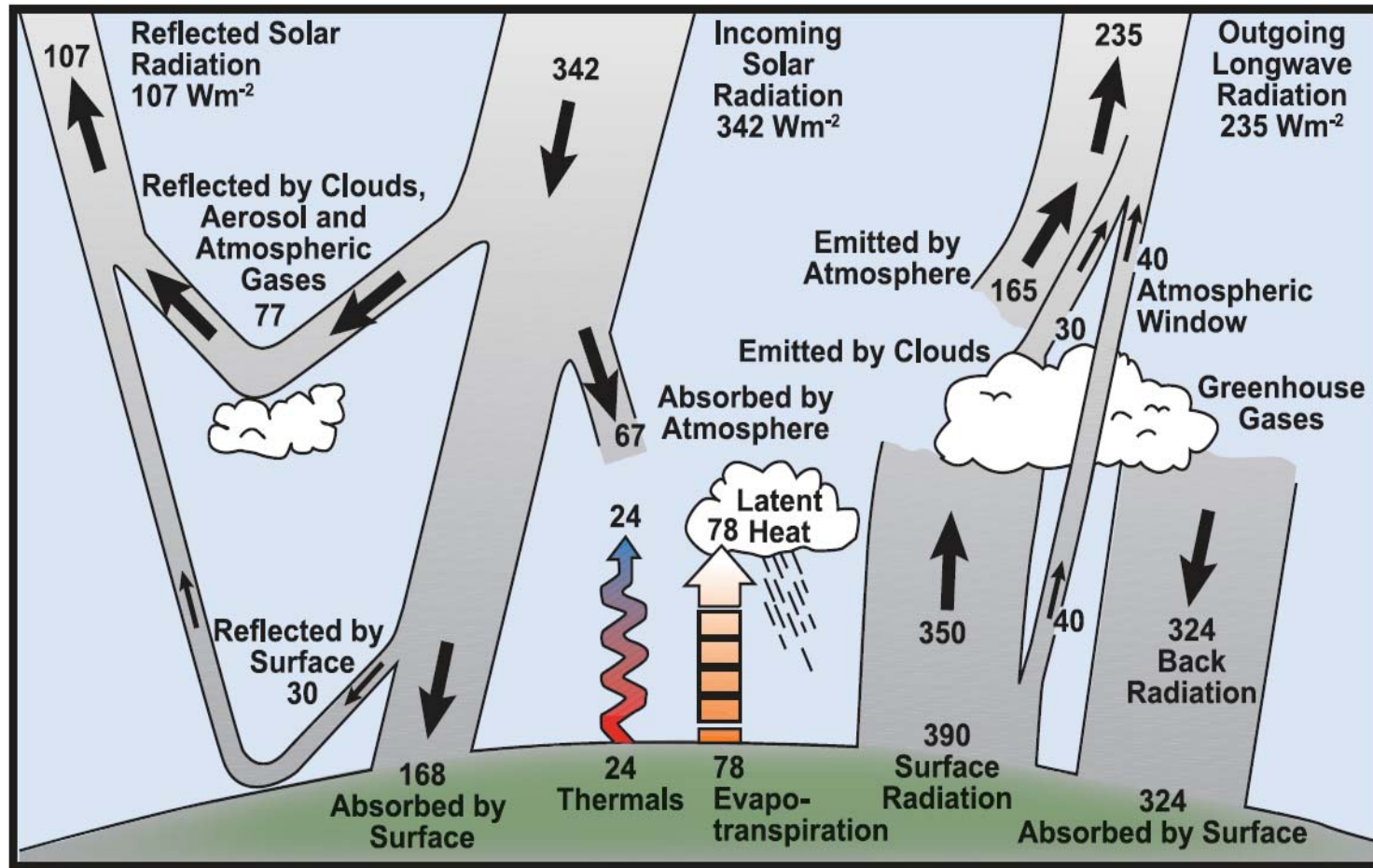
- Το φως από τον ήλιο εισέρχεται ως ακτινοβολία UV-VIS και απομακρύνεται ως ακτινοβολία IR. Τα συστατικά του αέρα είναι «διαφανή» για την εισερχόμενη ακτινοβολία, και «αδιαφανή» για την εκπεμπόμενη ακτινοβολία από τη γη.



Ισοζύγιο ακτινοβολίας προς και από τη γη



Ισοζύγιο ακτινοβολίας προς και από τη γη



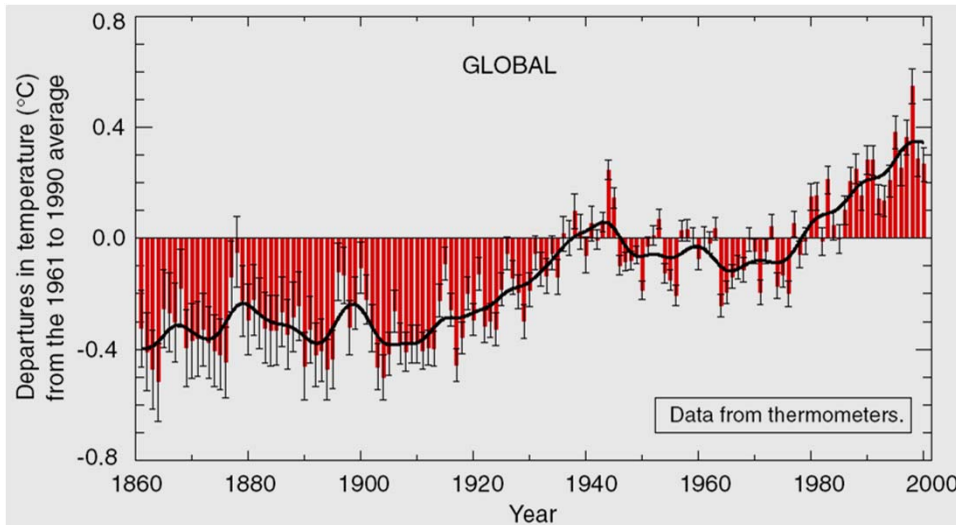
Estimate of the Earth's annual and global mean energy balance. Over the long term, the amount of incoming solar radiation absorbed by the Earth and atmosphere is balanced by the Earth and atmosphere releasing the same amount of outgoing longwave radiation. About half of the incoming solar radiation is absorbed by the Earth's surface. This energy is transferred to the atmosphere by warming the air in contact with the surface (thermals), by evapotranspiration and by longwave radiation that is absorbed by clouds and greenhouse gases. The atmosphere in turn radiates longwave energy back to Earth as well as out to space. Source: Kiehl and Trenberth (1997).



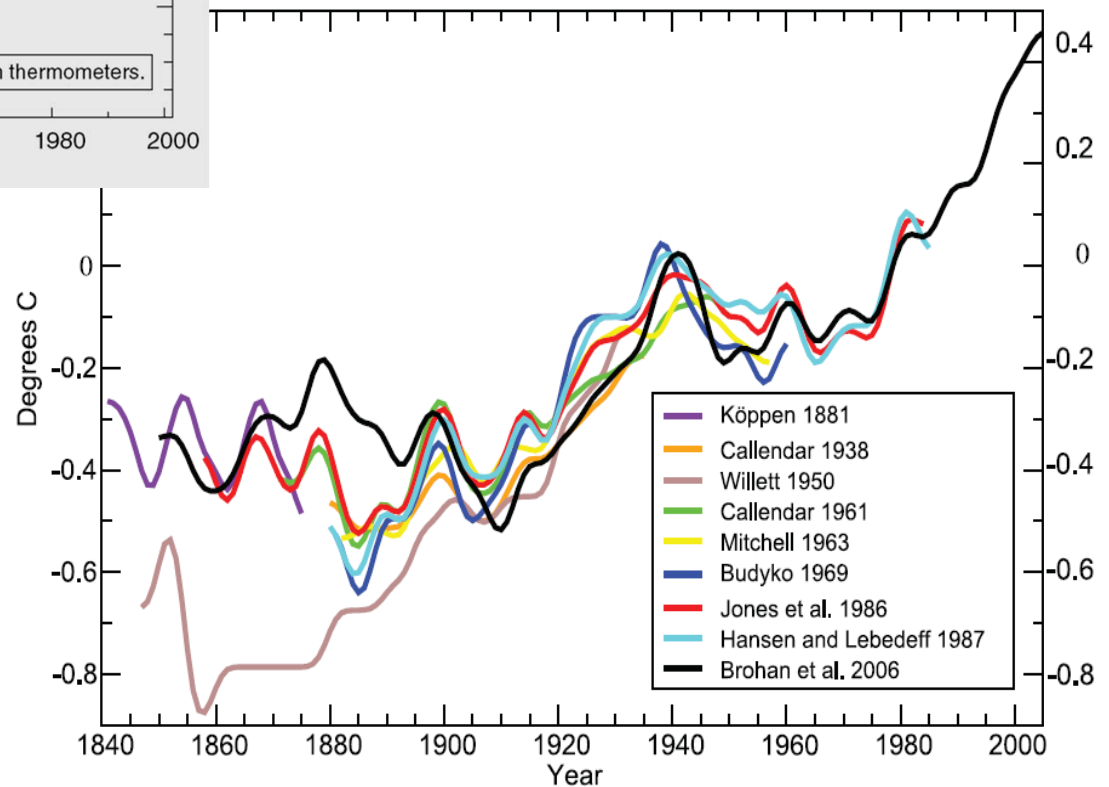
Πως γίνονται οι μετατροπές στη φύση:

- Το είδος της ακτινοβολίας εξαρτάται από τη θερμοκρασία του αντικειμένου που εκπέμπει την ακτινοβολία. Η θερμοκρασία του ήλιου είναι 6000°C και εκπέμπει ακτινοβολία στο ορατό κυρίως.
- Η θερμοκρασία της γης είναι $10-30^{\circ}\text{C}$ και ακτινοβολεί στα $4.000-100.000\text{ nm}$ (στην υπέρυθη περιοχή).
- Οι υδρατμοί απορροφούν ακτινοβολία στα $4000\text{ nm} - 7000\text{ nm}$.
- Το CO_2 απορροφά έντονα στα $7000 - 13.000\text{ nm}$
- Περίπου το 70% της ακτινοβολίας IR φεύγει από τη γη, αλλά το 30% απορροφάται από CO_2 , H_2O , την αιθάλη, το μεθάνιο (και τα άλλα αέρια του θερμοκηπίου, NO_x , CFCs , O_3 και υδρογονάνθρακες), θερμαίνοντας έτσι την τροπόσφαιρα και την επιφάνεια της γης.
- Υπάρχει ισορροπία στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου». Η απομάκρυνση από αυτήν την ισορροπία οδηγεί στην παγκόσμια θέρμανση και στην κλιματική αλλαγή.

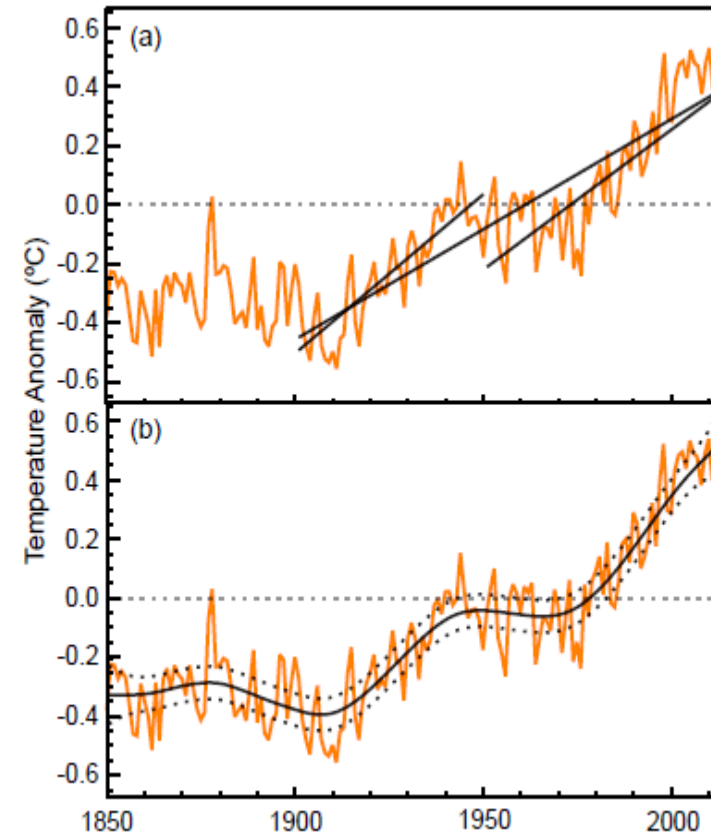
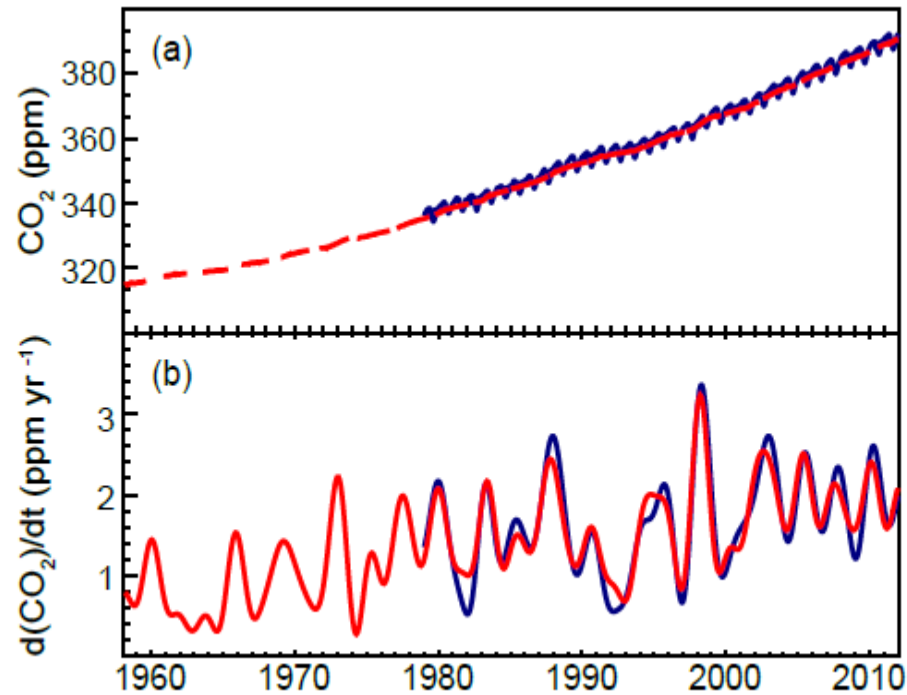
CO₂ και Μεταβολή της Θερμοκρασίας της γης



Μεταβολή της Θερμοκρασίας στην επιφάνεια της γης τα τελευταία 150 χρόνια (Πηγή : IPCC Third Assessment Report - Climate Change 2001, 2003.)

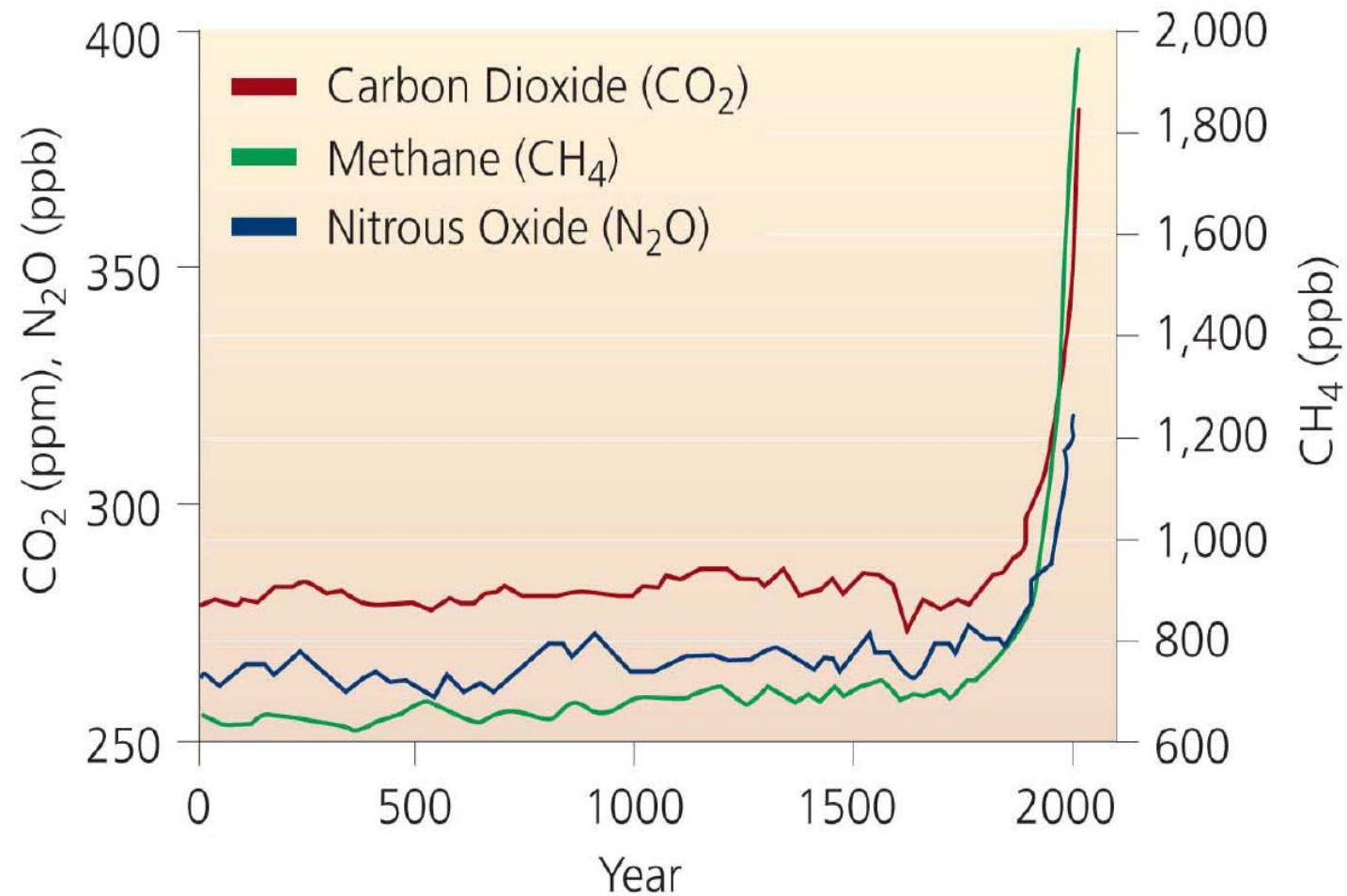


CO₂ και Μεταβολή της Θερμοκρασίας της γης



Μεταβολή της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της γης τα τελευταία 150 χρόνια (Πηγή : IPCC FIFTH ASSESSMENT REPORT CLIMATE CHANGE 2013)

Αέρια του Θερμοκηπίου



© 2011 Pearson Education, Inc.

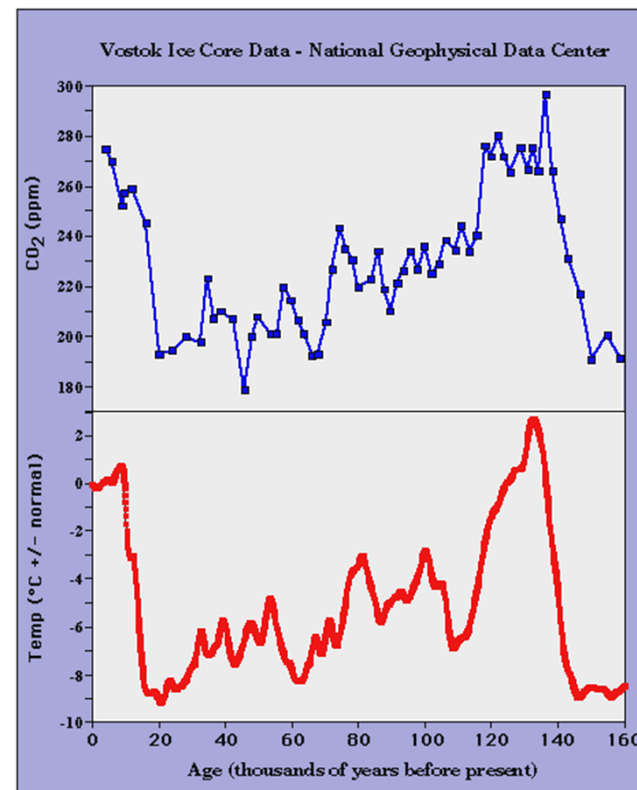
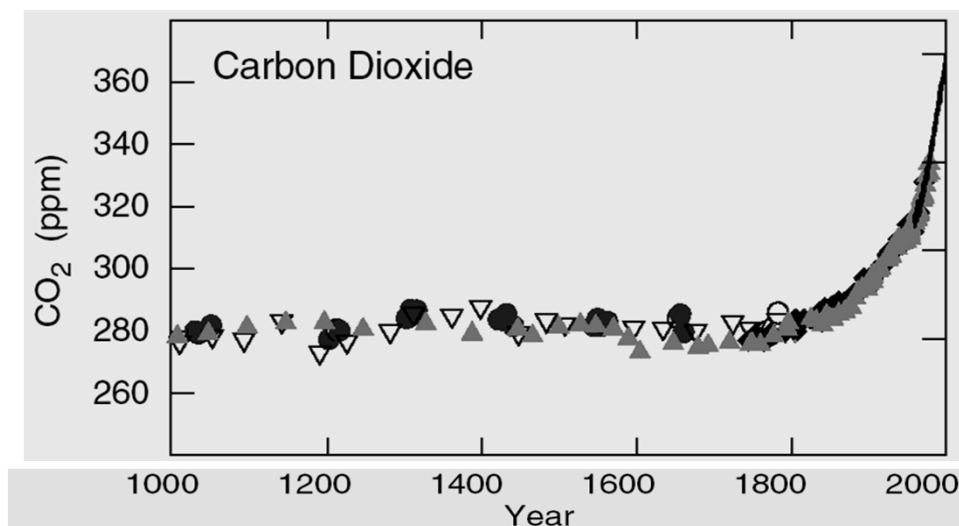
Συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα των σημαντικότερων αερίων του Θερμοκηπίου τα τελευταία 2000 χρόνια.



Αέρια του Θερμοκηπίου

1. Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) το οποίο παράγεται κυρίως κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων. Το κάψιμο των δασών συνεισφέρει κατά 20-33% στην αύξηση του CO_2 , αν και αυτό αμφισβητείται από ορισμένους (γιατί από τα τροπικά δάση εκπέμπεται μεθάνιο). Οι ωκεανοί έχουν ήδη απορροφήσει το 30-50% των εκπομπών CO_2 .

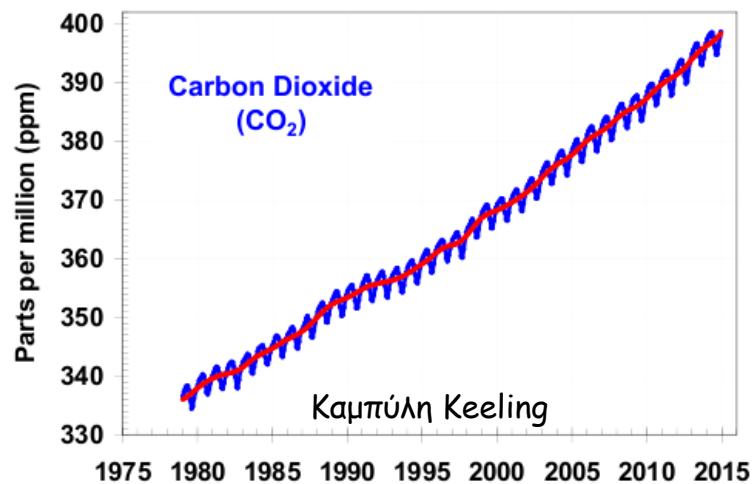
[1 kg βοδινό κρέας \Rightarrow 36 kg CO_2 (13000 L νερού),
1 kg σιτάρι \Rightarrow 0,22 kg CO_2 , (1500 L νερού)]



Συσχέτιση της θερμοκρασίας της γης με τη συγκέντρωση του CO_2 τα τελευταία 160000 χρόνια. Οι μετρήσεις της συγκέντρωσης του CO_2 έγιναν σε δείγματα εγκλεισμένων αερίων σε παγόβουνα.

Αέρια του Θερμοκηπίου

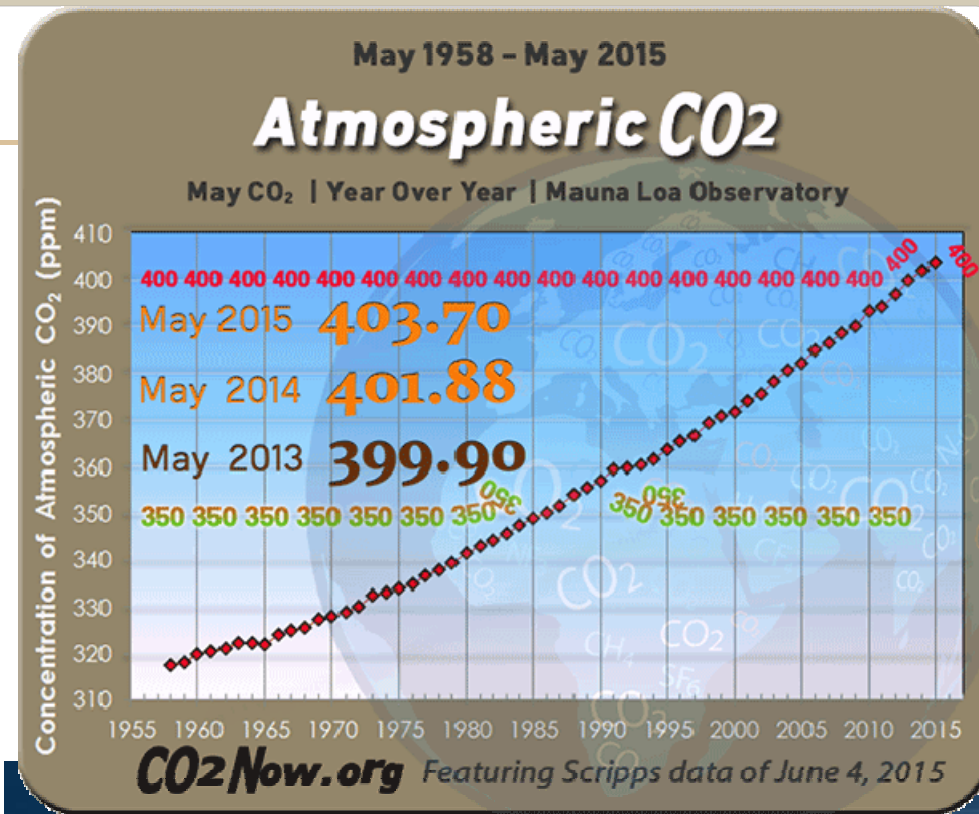
1. Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)



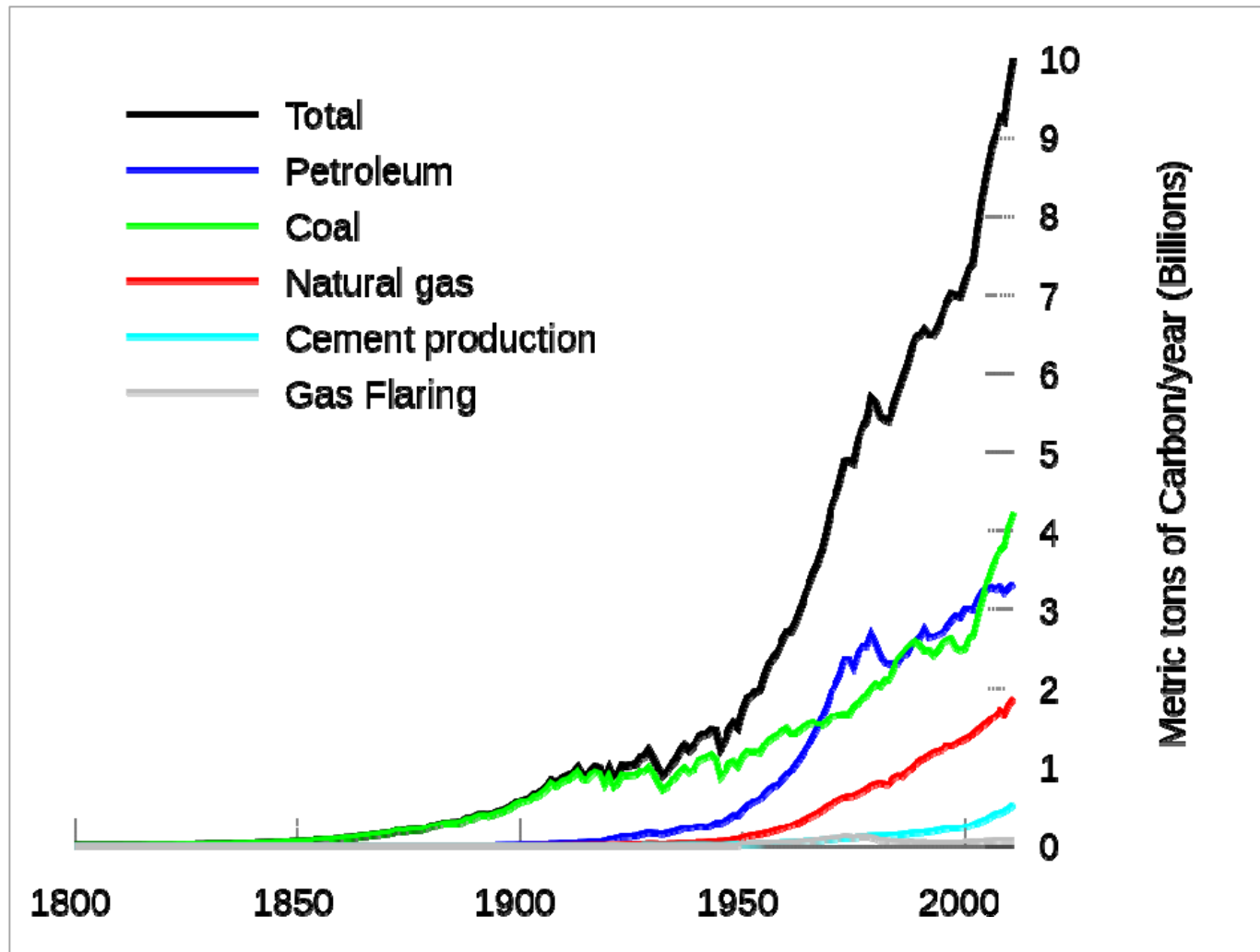
NOAA (<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/>)



Hawaii's Mauna Loa observatory



Εκπομπές CO₂ στην ατμόσφαιρα

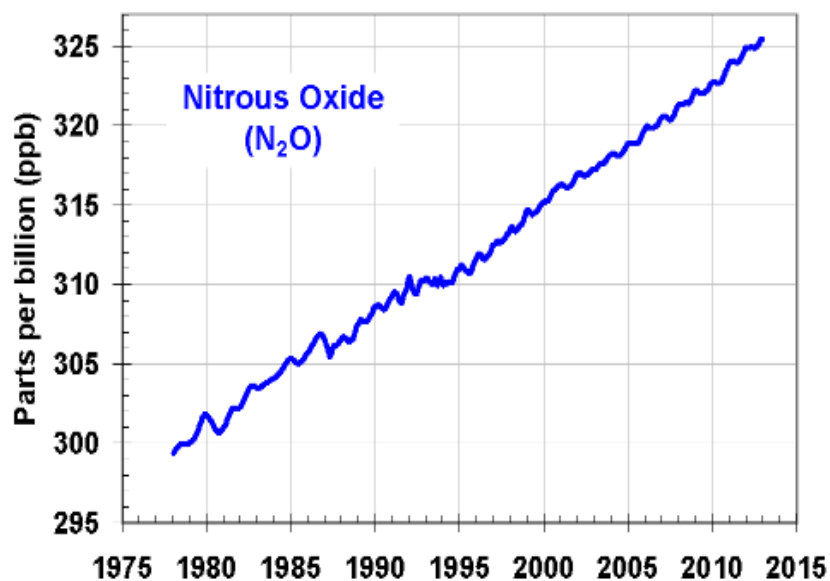


https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Global_Carbon_Emissions.svg

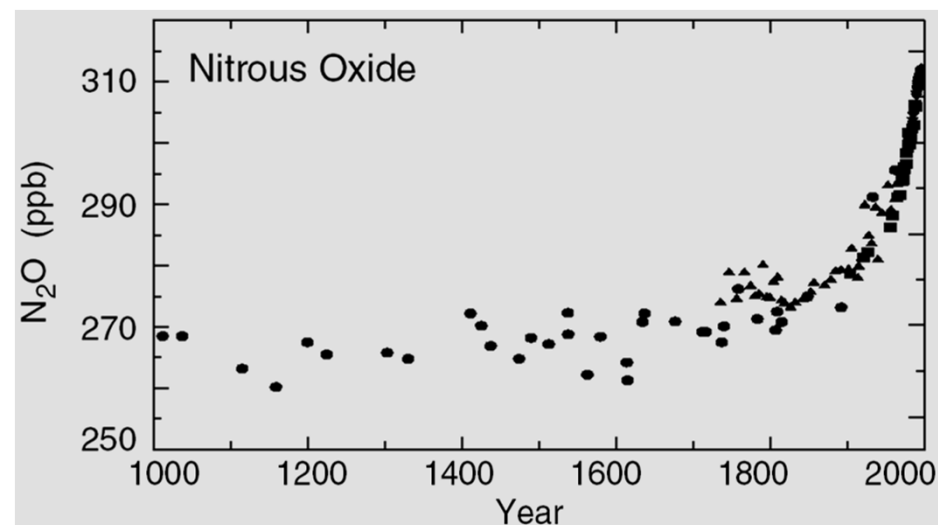


Αέρια του Θερμοκηπίου

2. Το υποξείδιο του αζώτου (N_2O). Προέρχεται περίπου ισόποσα από ανθρωπογενείς (καύση των ορυκτών καυσίμων), όσο και από φυσικές πηγές (65% από το έδαφος και 30% από τη θάλασσα).



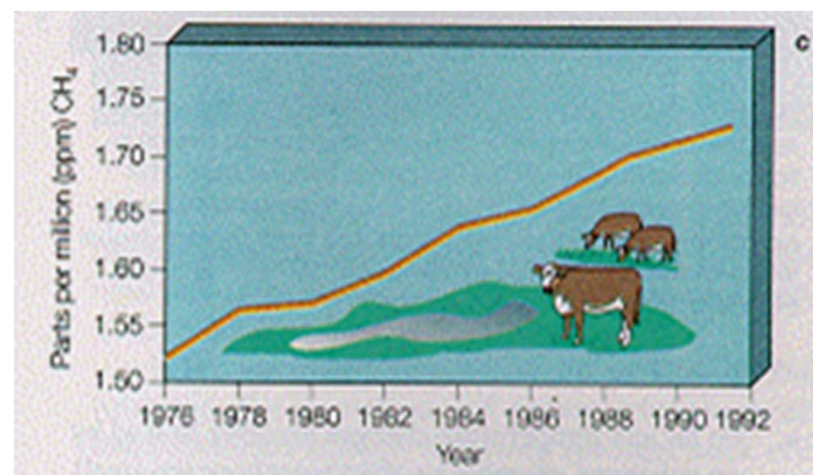
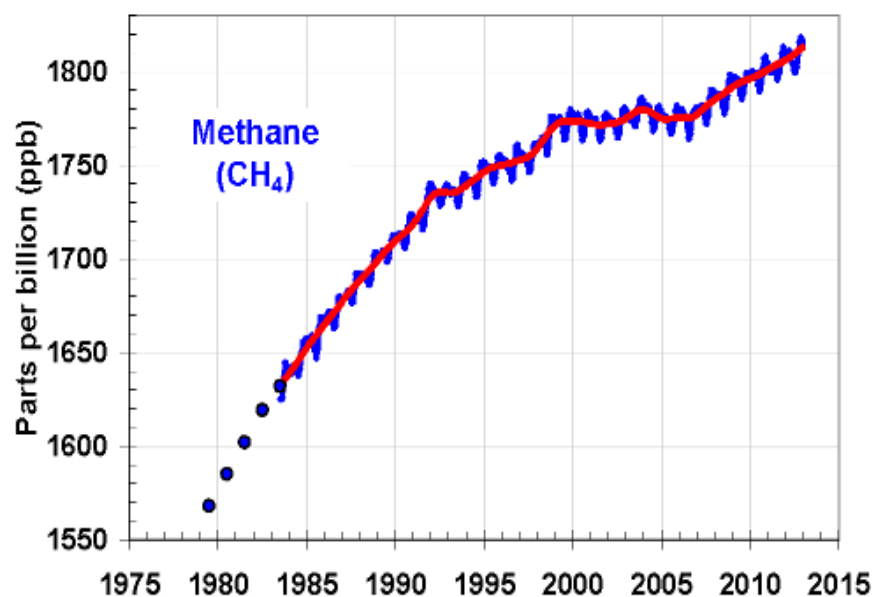
Hemispheric monthly mean N_2O mole fractions (ppb).





Αέρια του Θερμοκηπίου

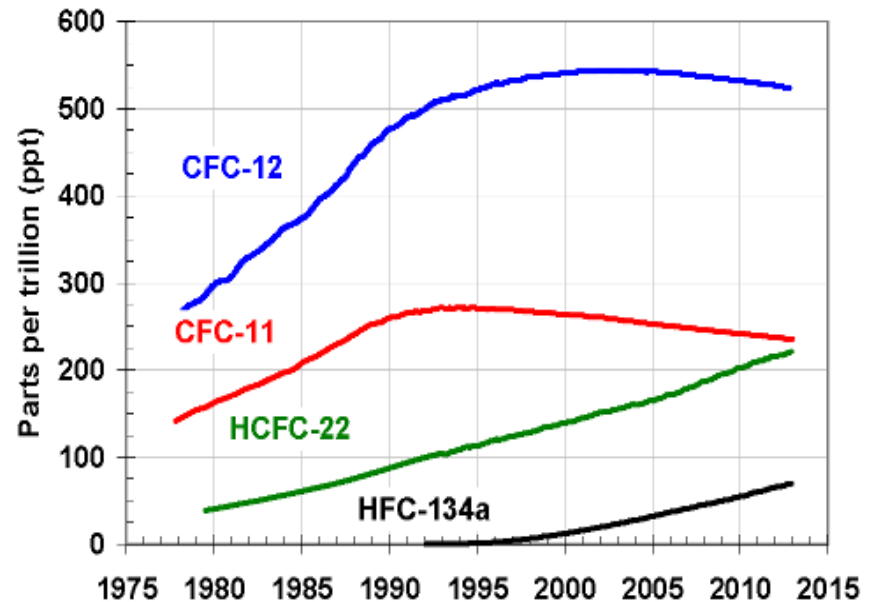
3. Το μεθάνιο (CH_4) παράγεται από την αποσύνθεση φυτών και ζωικών αποβλήτων (κατά 30%), τις διαρροές από την παραγωγή φυσικού αερίου και την εξόρυξη του άνθρακα, την καλλιέργεια ρυζιού, την κτηνοτροφία κτλ. Συνδέεται περισσότερο με την παραγωγή τροφίμων και την πληθυσμιακή αύξηση και πιστεύεται ότι θα γίνει στο μέλλον το κυρίαρχο αέριο του Θερμοκηπίου, λόγω του ότι ένα μόριο CH_4 αντιστοιχεί σε 23 μόρια CO_2 .



Αέρια του Θερμοκηπίου

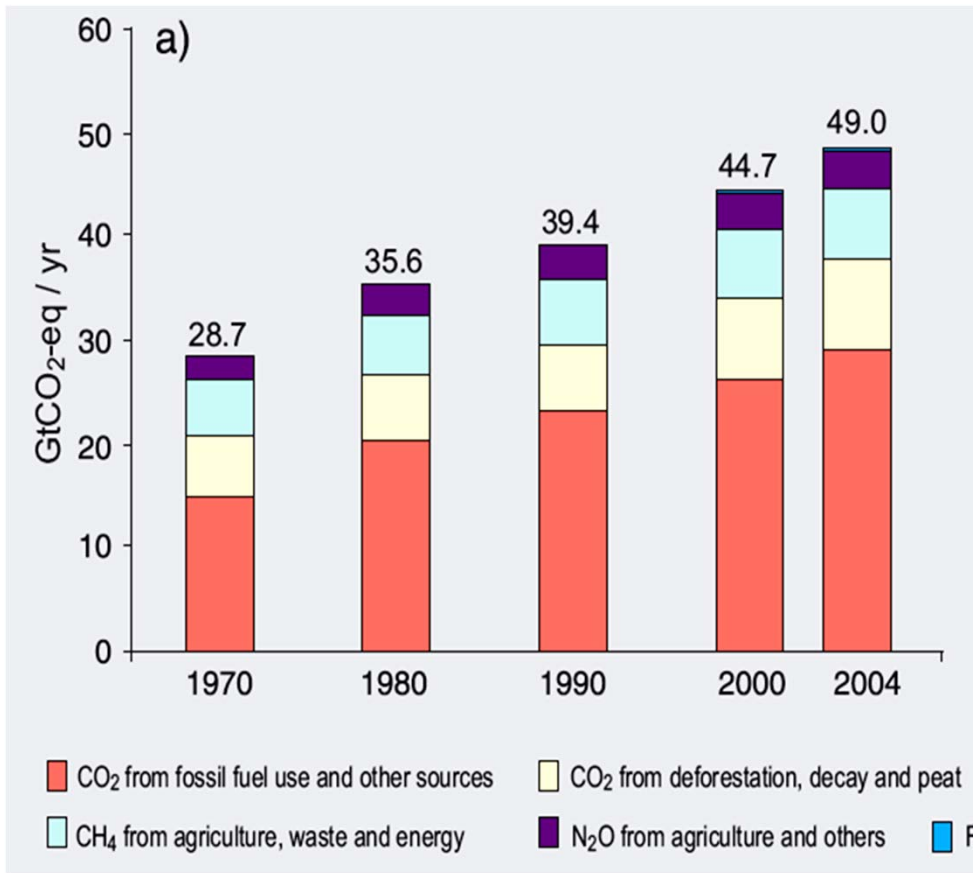


4. Οι χλωροφθοράνθρακες (CFC) και άλλοι αλογονωμένοι υδρογονάνθρακες χρησιμοποιούνται (ή καλύτερα είχαν χρησιμοποιηθεί) ως ψυκτικά, διογκωτικά, διαλύτες κλπ. Βέβαια η προοδευτική εξαφάνισή τους λόγω της επίδρασής τους στο στρατοσφαιρικό όζον (Συνθήκη του Montreal) θα έχει θετική επίδραση και στη κλιματική αλλαγή αλλά και οι υδροχλωροφθοράνθρακες και υδροφθοράνθρακες που τους αντικαθιστούν είναι επίσης αέρια του Θερμοκηπίου.



Temporal evolution of the global average dry-air mole fractions (ppt) of the major halogen-containing LLGHGs.

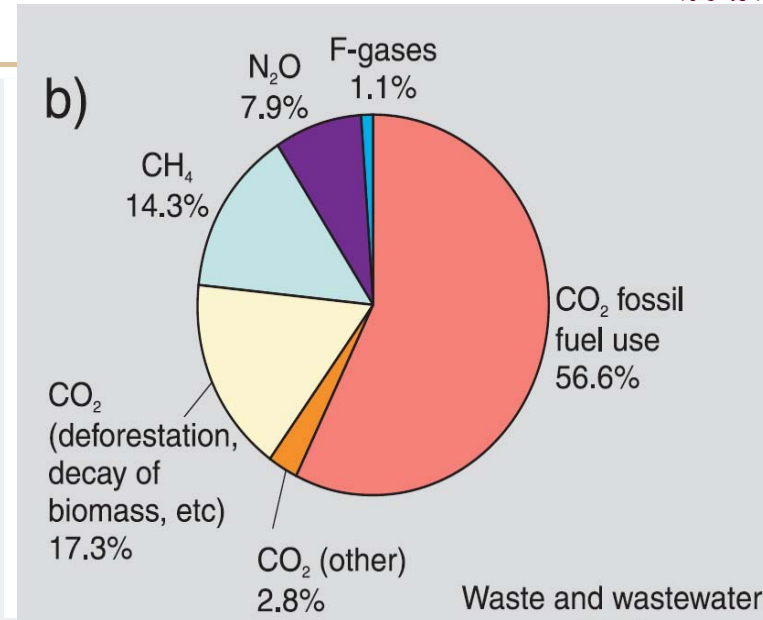
Αέρια του Θερμοκηπίου



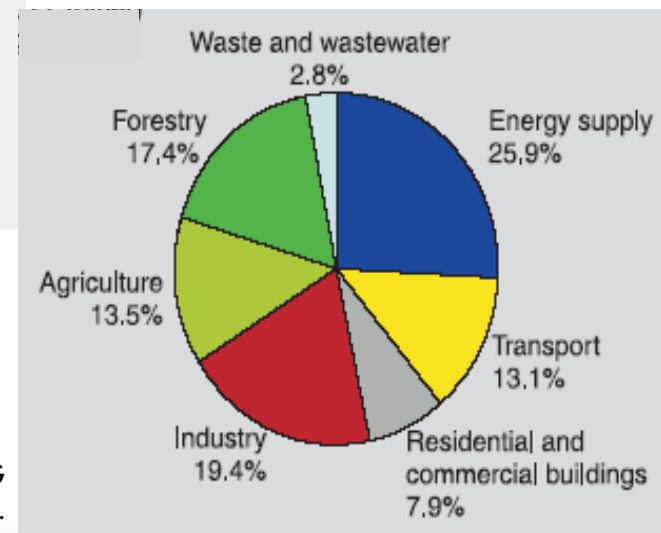
Global annual emissions of anthropogenic GHGs from 1970 to 2004.

Από: IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007

Share of different sectors in total anthropogenic GHG emissions in 2004 in terms of CO₂-eq.

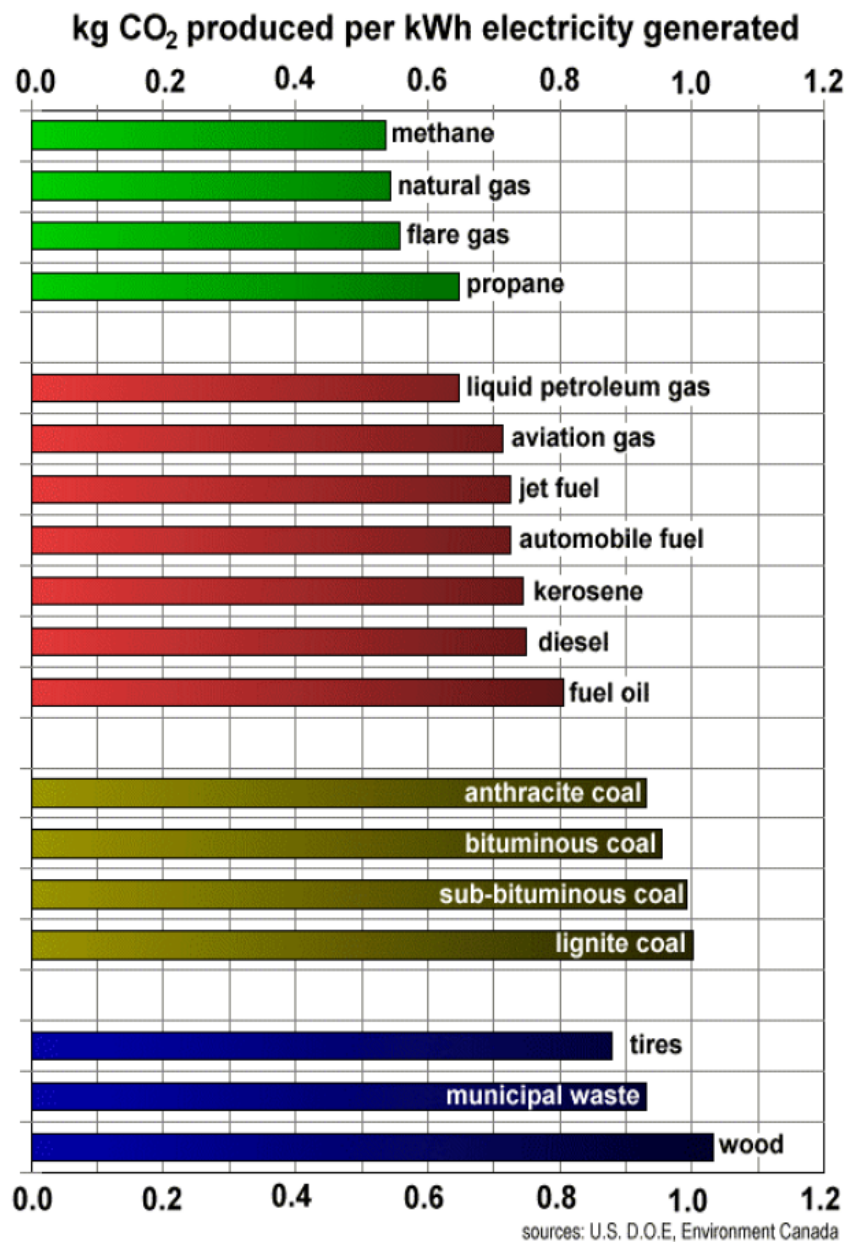


Share of different anthropogenic GHGs in total emissions in 2004 in terms of CO₂-eq.





Παραγωγή CO₂ ανά παραγόμενη kWh ηλεκτρικής ενέργειας





Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη ενός ρύπου

- Η ιδέα του **Δυναμικού Παγκόσμιας Υπερθέρμανσης** (ΔΠΥ, global warming potential) αναπτύχθηκε για να συγκρίνει την ικανότητα κάθε αερίου του θερμοκηπίου σε σχέση με την ικανότητα του CO_2 να απορροφήσει την ακτινοβολία στην ατμόσφαιρα και να συμβάλει έτσι στην παγκόσμια θέρμανση.
- Το δυναμικό του CO_2 ορίστηκε 1, με την υπόθεση ότι ο μέσος χρόνος παραμονής του στην ατμόσφαιρα είναι 100 χρόνια.
- $CFC > N_2O > CH_4 > CO_2$
- Δεν έχουν προταθεί ΔΠΘ για τους ρυπαντές CO , NO_x , μη μεθανιούχες οργανικές ουσίες και SO_2 .
- Έχει οριστεί και η έννοια της **ενίσχυσης της ακτινοβολίας (radiative forcing)**, της συμβολής δηλαδή ενός αερίου στην αύξηση της ακτινοβολίας IR που προσπίπτει στη γη από την ατμόσφαιρα.



Δυναμικό Παγκόσμιας Υπερθέρμανσης ενός ρύπου

Αέριο Θερμοκηπίου	Δυναμικό Παγκόσμιας Θέρμανσης*
Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)	1
Μεθάνιο (CH_4)	23
Υποξείδιο του αζώτου (N_2O)	296
HFC-23	12000
HFC-125	3400
HFC-134a	1300
HFC-143a	4300
CF_4	5700
C_2F_6	11900
SF_6	22200
HFE-125	19990
HG-10	2700

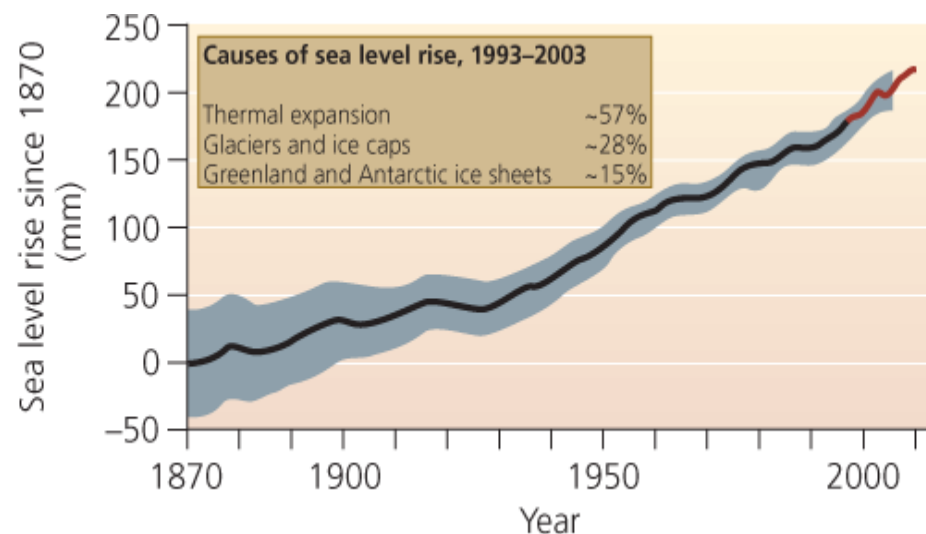
* Βασίζεται σε χρόνο παραμονής του CO_2 στην ατμόσφαιρα 100 έτη. (Πηγή: IPCC 2003).



Προβλέψεις για την Παγκόσμια Θέρμανση

Οι σημαντικότερες από τις επιπτώσεις της παγκόσμιας θέρμανσης για τα επόμενα 300 χρόνια είναι:

1. Μέση εκτίμηση της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη 1,5-6°C μέχρι το 2050. Μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας στους πόλους.
2. Προβλέπεται μεγάλης έκτασης λιώσιμο των πάγων, με αποτέλεσμα την ανύψωση του επιπέδου της θάλασσας κατά 0,1-0,5 m το 2100. Η ανύψωση ενισχύεται εντονότερα από τη θερμική διαστολή του νερού. Ευρύτερες πλημμύρες αναμένονται σε περιοχές χαμηλού ή αρνητικού υψομέτρου.

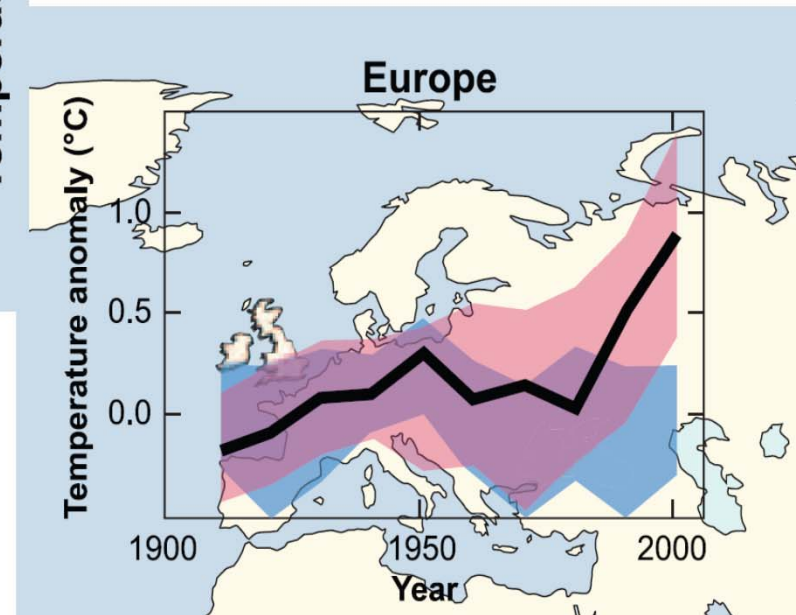
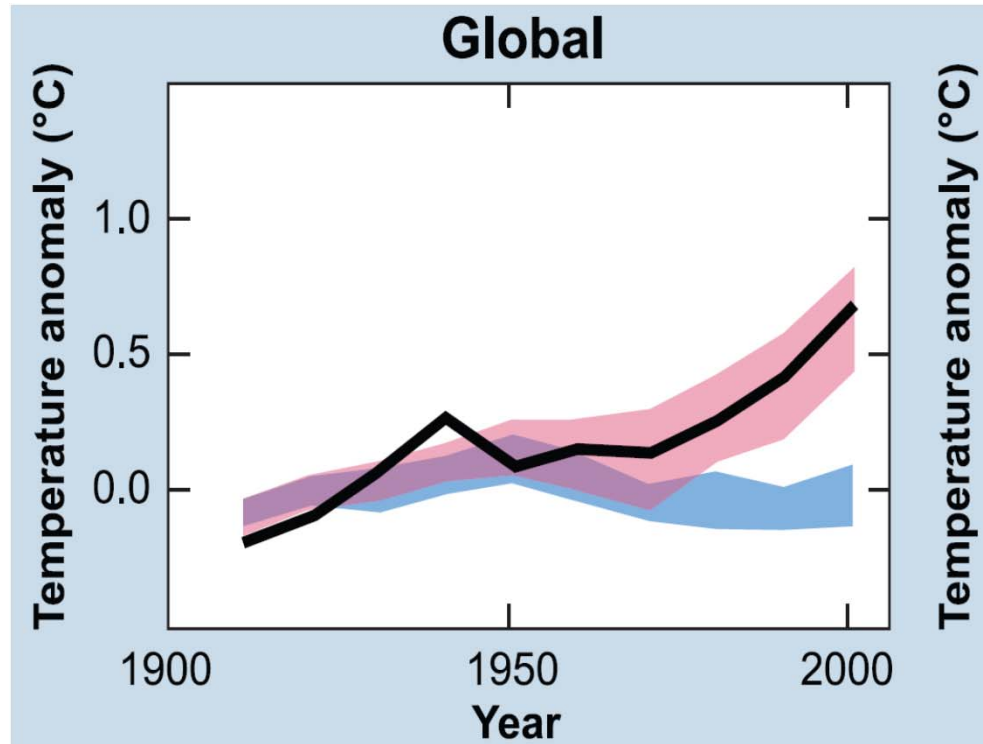


Προβλέψεις για την Παγκόσμια Θέρμανση



3. Η μείωση των περιοχών με πάγους και χιόνια θα μειώσει την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλάται στο διάστημα (μείωση της ανακλασιμότητας)
4. Αλλαγές στα επίπεδα βροχόπτωσης μπορεί να προκαλέσουν την ερημοποίηση ορισμένων περιοχών, ενώ σε άλλες περιοχές μπορεί να προκληθούν έντονα καιρικά φαινόμενα.
5. Η κλιματική αλλαγή μπορεί να είναι γρηγορότερη από την ικανότητα των φυτών και ζώων να προσαρμοστούν στις νέες κλιματολογικές συνθήκες.
6. Η άνοδος της θερμοκρασίας θα συντείνει στη διάδοση ασθενειών που προέρχονται από υδρόβιους μικροοργανισμούς, αλλά και από οργανισμούς που μεταφέρονται από έντομα.

Προβλέψεις για την Παγκόσμια Θέρμανση



Σήμερα:

ΝΑΥΤΕΜΠΟΡΙΚΗ, 17/7/2015



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΛΙΜΑ

Η υπερθέρμανση του πλανήτη ξεπέρασε τον ένα βαθμό Κελσίου

Παρασκευή, 17 Ιουλίου 2015 13:04 • **UPD: 13:04**



Λιωμένοι πάγοι στη Γροιλανδία.



[Το πρώτο μισό του 2015 σημείωσε μέση θερμοκρασία ένα βαθμό Κελσίου πάνω από τα επίπεδα της δεκαετίας του 1980, σύμφωνα με στοιχεία της NASA.](#)

Η ανησυχητική αυτή εξέλιξη σημαίνει ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη βρίσκεται ήδη στα μισά του δρόμου για να ξεπεράσει το όριο ασφαλείας των δύο βαθμών Κελσίου, το οποίο έχει συμφωνηθεί διεθνώς ως το κατώφλι μετά το οποίο ο πλανήτης θα αρχίσει να βιώνει τις πιο καταστροφικές συνέπειες της ανθρωπογενούς κλιματικής αλλαγής.

Δείτε ακόμα

Οι πολικές αρκούδες στα πρόθυρα της εξαφάνισης 08/07 14:12

Αυστραλία: Η κλιματική αλλαγή προκαλεί αλλαγή φύλου σε σούρες 02/07 13:03

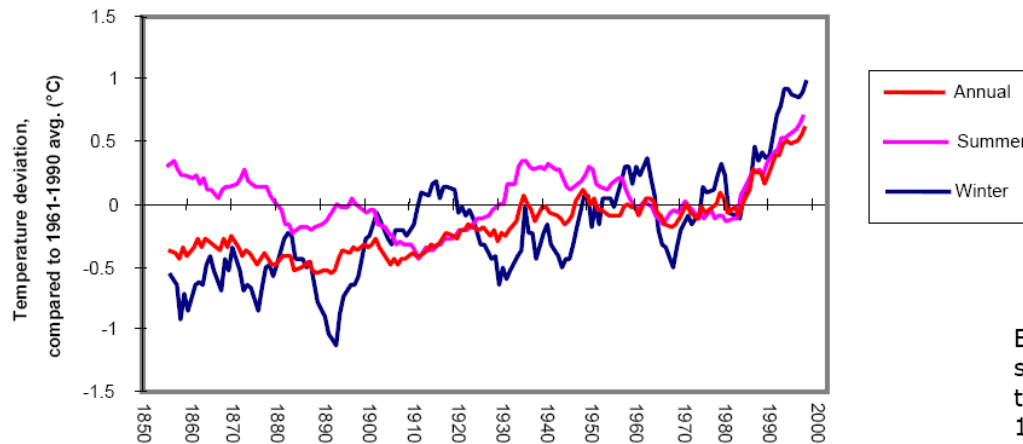
Ο Ινδικός Ωκεανός αποθηκεύει τη μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας στον πλανήτη 05/06 13:17



Air Temperature

- Global temperature: $+ 0.7 \pm 0.2$ °C over past 100 years
- Europe: mean annual $+0.95$ °C
- Summer $+0.7$ °C ; Winter $+1.1$ °C

past trends



European annual and seasonal mean temperature deviations, 1850-2002

- Global projection (1990–2100): $+ 1.4-5.8$ °C
- Europe: $+ 2.0-6.3$ °C

future projec

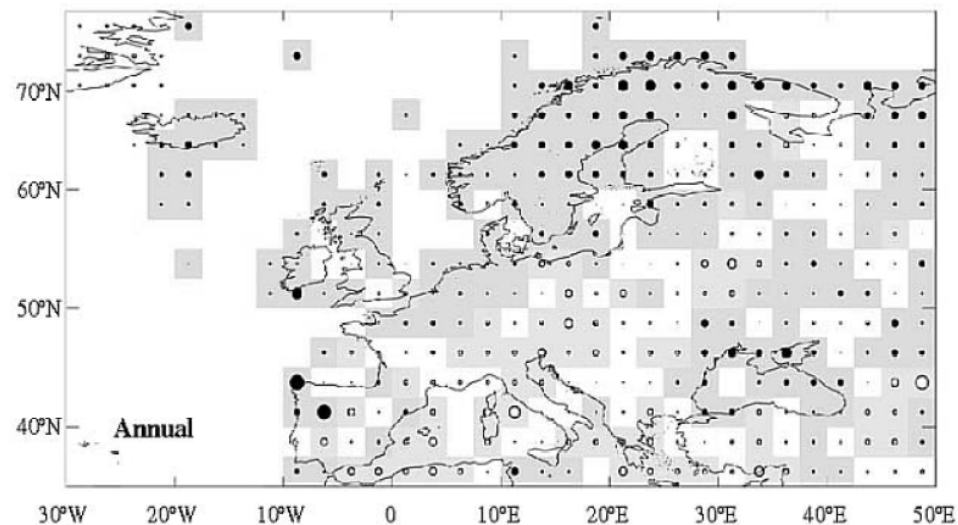
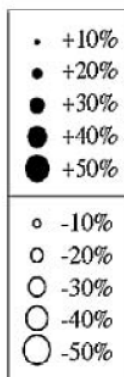


Precipitation

- Heterogeneous trends (1900–2000):
 - northern Europe 10-40 % wetter
 - southern Europe up to 20 % drier

past trends

Precipitation trend
(1900–2000):



future project

- Projection:
 - 1-2% increase per decade for northern Europe
 - up to 1 % per decade decrease in southern Europe

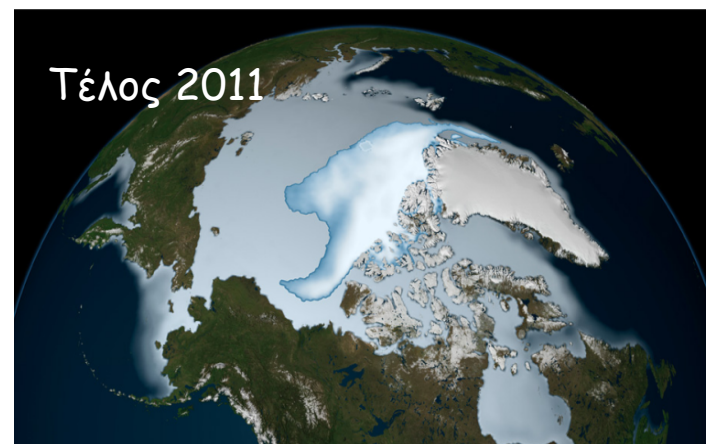


Temperature and precipitation extremes



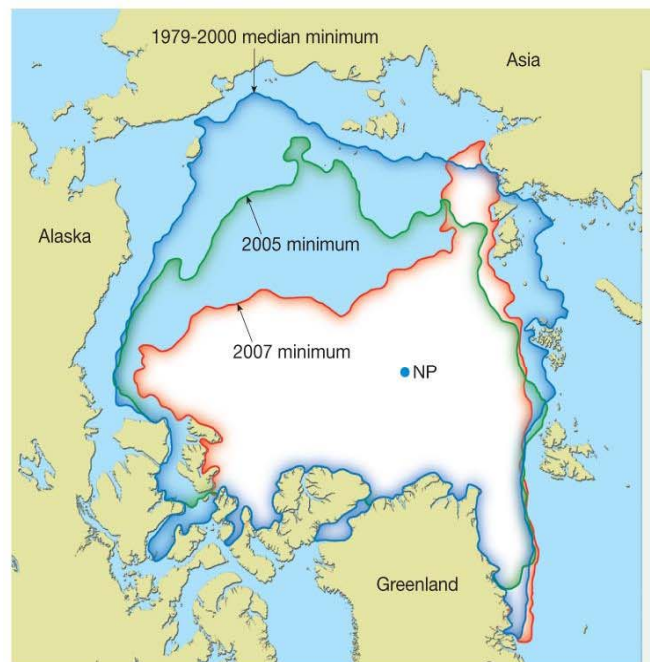


Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής



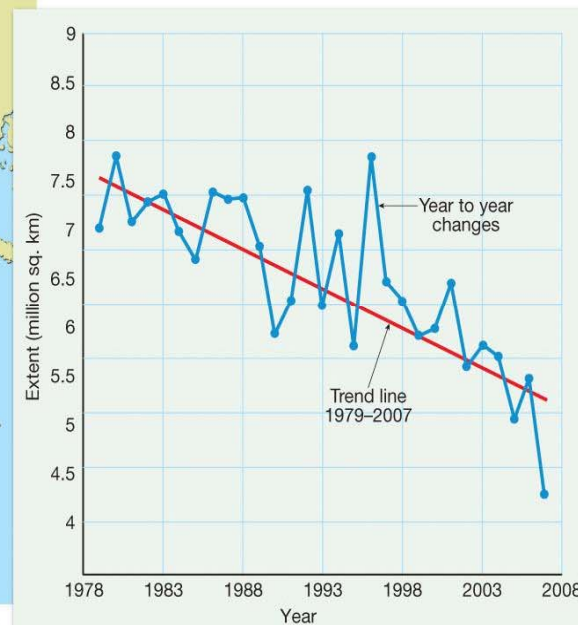
Συρρίκνωση
του πάγου στην
Αρκτική.

Αρκτική χωρίς
θαλάσσιο πάγο
το αργότερο
έως το 2080



A.

© 2011 Pearson Education, Inc.



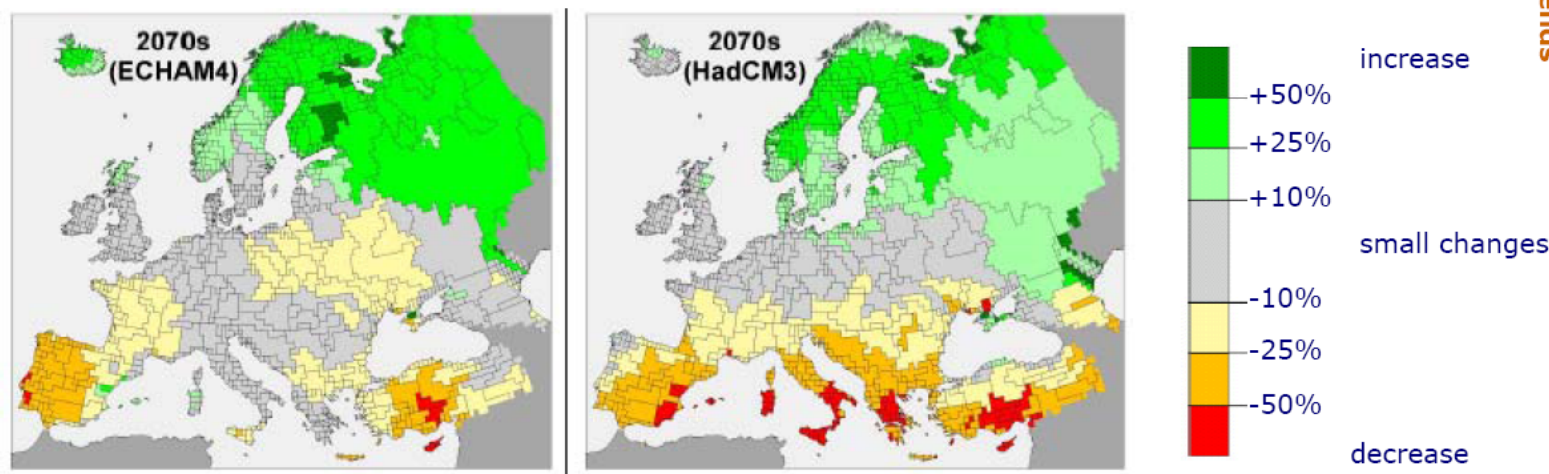
B.



River discharge

- River discharge has changed over the last decades across Europe

past trends



- Projected changes in precipitation and temperature will mean further changes in river discharge
- Strong decline in southern and south-eastern Europe
- Increase in almost all parts of northern and north-eastern Europe

future pro.

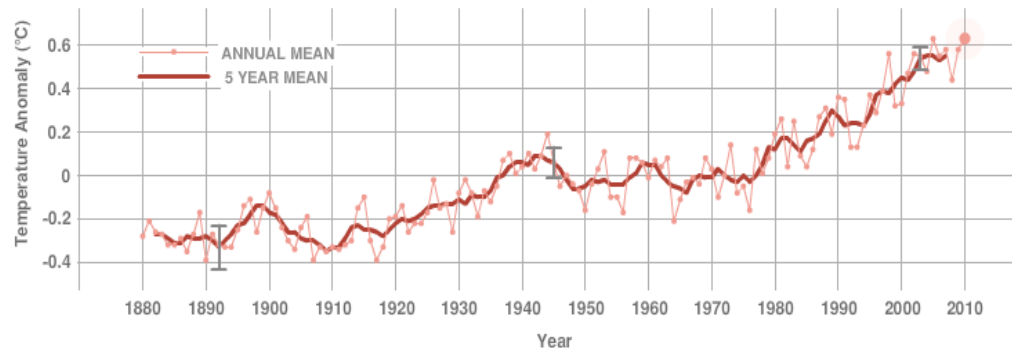
Σημερινές ενδείξεις για την Παγκόσμια Θέρμανση



1. Η παγκόσμια μέση θερμοκρασία της επιφάνειας της γης αυξήθηκε κατά $\sim 1^{\circ}\text{C}$ τα τελευταία 150 χρόνια. Στην Αρκτική η αύξηση της θερμοκρασίας ήταν διπλάσια.

GLOBAL LAND-OCEAN TEMPERATURE INDEX

Source: NASA's Goddard Institute for Space Studies (GISS). This trend agrees with other global temperature records provided by the U.S. National Climatic Data Center, the Japanese Meteorological Agency and the Met Office Hadley Centre / Climatic Research Unit in the U.K. Credit: NASA/GISS



2. Η τελευταία εικοσαετία ήταν η θερμότερη περίοδος των δύο τελευταίων αιώνων, με 11 χρονιές να βρίσκονται στις 12 θερμότερες του αιώνα.
3. Στην Ανταρκτική, όπου παρατηρήθηκε μέση ετήσια αύξηση θερμοκρασίας $0,05^{\circ}\text{C}$ από το 1958, ο παγετώνας Wordie έχει λιώσει σχεδόν παντελώς.
4. Η γραμμή παρουσίας δένδρων στη Φιλανδία κινείται βόρεια με ρυθμό περίπου 40 m/έτος.
5. Η γραμμή «πάγου» της ατμόσφαιρας έχει ανυψωθεί περισσότερο από 160 m τα τελευταία 50 χρόνια.



Σημερινές ενδείξεις για την Παγκόσμια Θέρμανση

1. Μαλάκια των ζεστών νερών βρίσκονται όλο και βορειότερα, ενώ μαλάκια κρύων νερών δεν ανευρίσκονται πια στα νοτιότερα όρια παρουσίας τους.
2. Ανύψωση της στάθμης της θάλασσας κατά ~20 cm στα τελευταία 150 χρόνια, με ρυθμό ανύψωσης ~1,7 mm/έτος. (το 57% λόγω θερμικής διαστολής, 28% από το λιώσιμο των πάγων)

Sea Level

Data updated 8.5.11

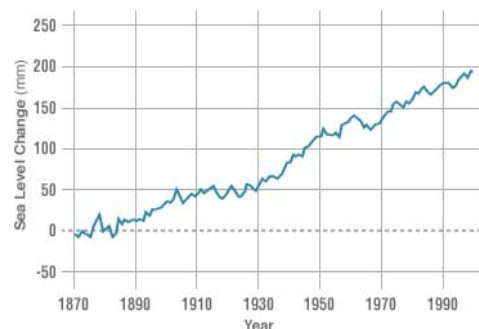
[download data](#)

GROUND DATA: 1870-2000

Data source: Coastal tide gauge records.
Credit: CSIRO

RATE OF CHANGE

↑ 1.70 mm per yr*



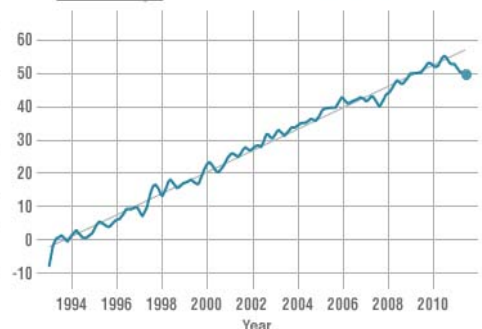
*estimate for 20th century

SATELLITE DATA: 1993-PRESENT

Data source: Satellite sea level observations.
Credit: CLS/Cnes/Legos

RATE OF CHANGE

↑ 3.27 mm per yr*



Inverse barometer applied and seasonal signals removed.

*estimate for 1993-2010

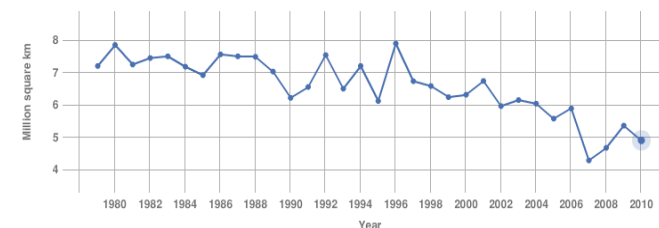
Arctic Sea Ice

Data updated 2.23.11

[download data](#)

AVERAGE SEPTEMBER EXTENT

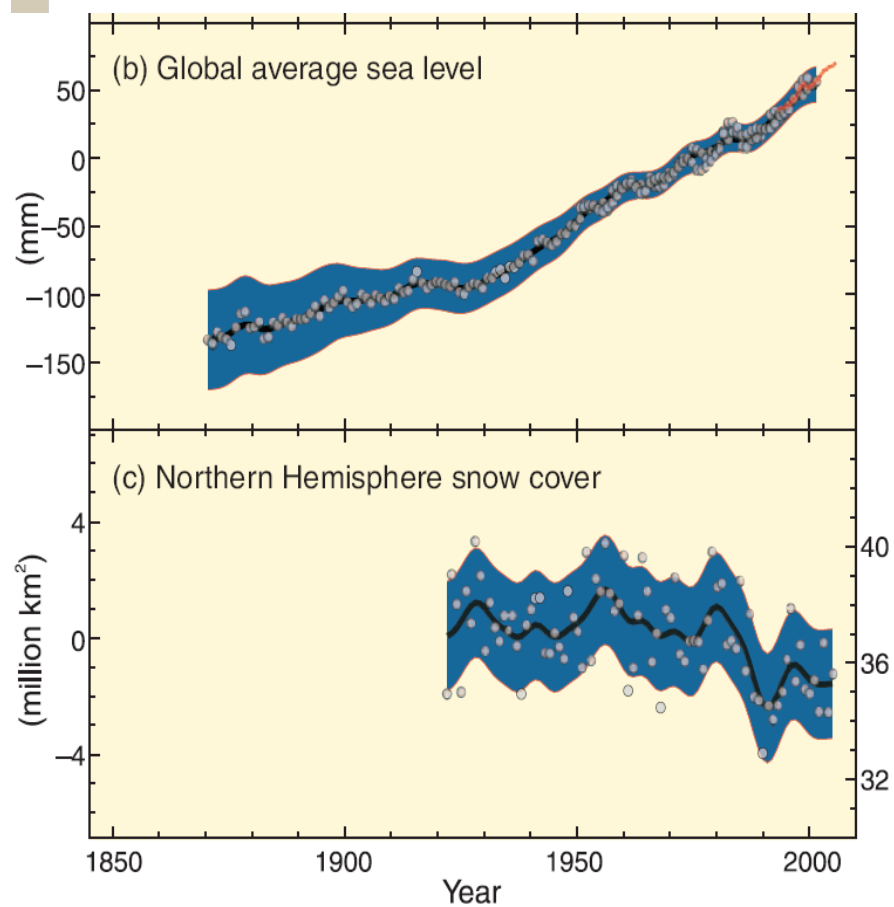
Data source: Satellite observations
Credit: NSIDC



3. Ο παγετώνας στο όρος Κιλιμάνζαρο συρρικνώθηκε περισσότερο από 40%. Εκτίμηση ορισμένων επιστημόνων είναι ότι ο παγετώνας αυτός δεν θα υπάρχει σε 50 χρόνια.



Τάσεις - Προβλέψεις: παγετώνες



Διασκέψεις για την κλιματική αλλαγή



Μάιος και Ιούνιος 1992, Rio de Janeiro, Βραζιλία: United Nations Conference on Environment and Development (UNCED), Convention of Climate Change (σύνοδος για την αλλαγή του κλίματος, UNFCCC), με τη συμμετοχή 150 χωρών, όπου υποστηρίχτηκε η σταθεροποίηση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου στα επίπεδα του 1990 από το 2000 και μετά.

1995: Βερολίνο και 1996: Γενεύη, Ελβετία. Αλλαγή στάσης των ΗΠΑ από προαιρετικά σε υποχρεωτικά μέτρα. Τα πλούσια αναπτυγμένα κράτη που είναι υπεύθυνα για τις μεγαλύτερες ποσότητες των εκπομπών οφείλουν να σηκώσουν το βάρος της μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Η Ευρώπη έδειξε τη θέλησή της για εντατικοποίηση των προσπαθειών.

Δεκέμβριος 1997: Κιότο, Ιαπωνία. Συμμετείχαν 160 χώρες, υπογράφηκε το Πρωτόκολλο του Κιότο για τον έλεγχο των εκπομπών CO₂ από τις αναπτυγμένες χώρες. Η Ε.Ε. δεσμεύτηκε να μειώσει τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου κατά 5% από τα επίπεδα του 1990 μέχρι το 2010.

Νοέμβριος 1998: Μπουένος Άιρες, Αργεντινή - η συνάντηση των τεσσάρων μερών. Στο μέλλον για σταθεροποίηση των αερίων του θερμοκηπίου απαιτείται συναίνεση των αναπτυσσόμενων μερών. «Πίστωση» ή «δικαίωμα» (credit) για το CO₂. Ανταλλαγή πίστωσης μεταξύ διαφόρων χωρών.

Νοέμβριος 2000: Χάγη. Πλήρης αποτυχία στη θέσπιση μέτρων από τις αναπτυγμένες χώρες για δραστική μείωση των εκπομπών.



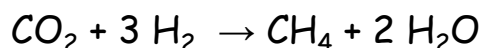
Σχετικά γρήγορα να μειωθούν οι εκπομπές του CO_2 και των άλλων αέριων ρύπων κατά 30% (ή τουλάχιστον να παραμείνει σταθερό). Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με:

- Την εξοικονόμηση ενέργειας
- Την ανάπτυξη αποδοτικότερων συσκευών και αυτοκινήτων
- Το φύτεμα και την ανάπτυξη φυτικών ειδών (ειδών που αναπτύσσονται γρήγορα)
- Τη μερική δέσμευση των εκπομπών του CO_2
- Την προώθηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Ορισμένοι θεωρούν ότι και η πυρηνική ενέργεια μπορεί να συνδράμει στο στόχο αυτό με τη νέα γενιά πυρηνικών αντιδραστήρων και την ασφαλέστερη διάθεση των πυρηνικών αποβλήτων.



Μερική Αντιμετώπιση - Δέσμευση των εκπομπών CO₂

- Σταθεροποίηση με δέσμευση των προϊόντων της καύσης, διεργασία κατά την οποία απαιτείται τουλάχιστον 20% περισσότερη ενέργεια. Πρόβλημα ο διαχωρισμός CO₂/N₂ (καύση με καθαρό O₂). Μέθοδοι δέσμευσης είναι:
 - χημική προσρόφηση (ΜΕΑ, μονοαιθαλοναμίνη)
 - διαχωρισμός με μεμβράνες
 - κρυογονική κλασματοποίηση
 - διαχωρισμός με μοριακά κόσκινα
- Άμεσες χρήσεις για παραγωγή χρήσιμων προϊόντων με καταλυτική μετατροπή σε CH₄

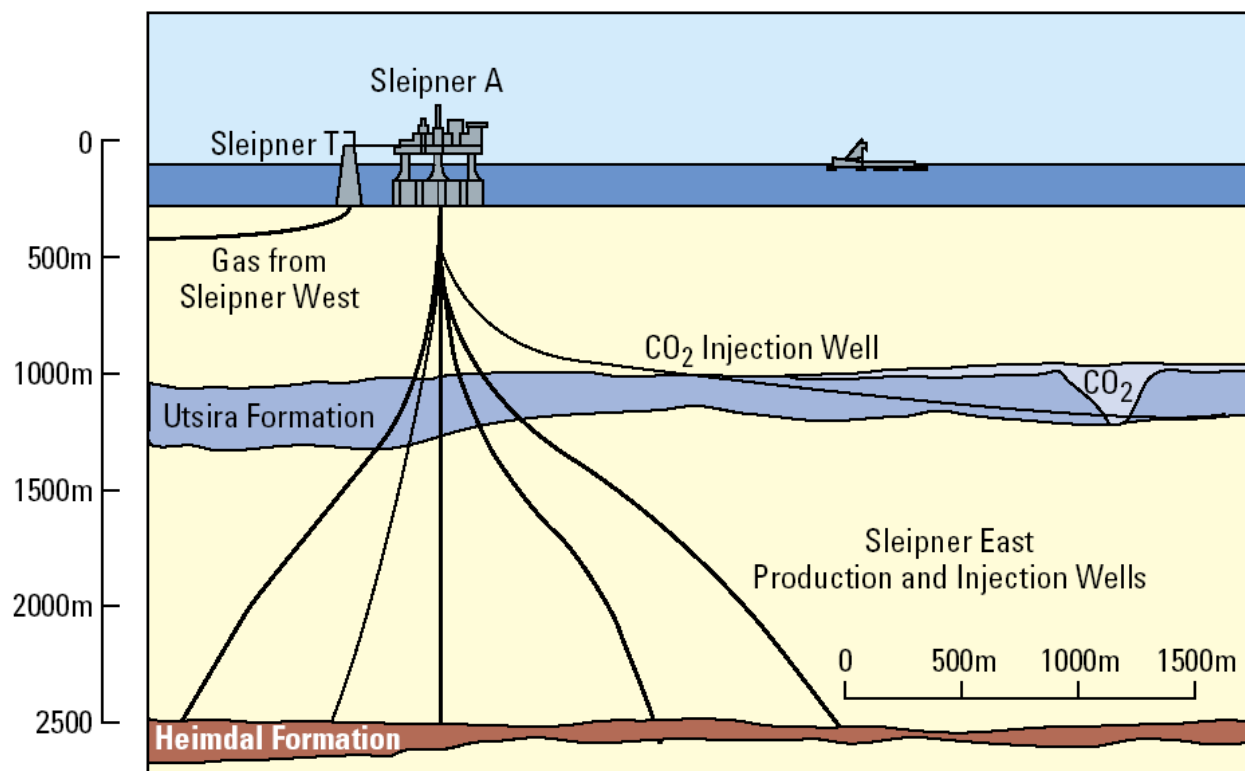


Προς το παρόν βέβαια αποτελεί δαπανηρή μέθοδο και διερευνάται μόνο ερευνητικά κυρίως στην Ιαπωνία

- Βιολογική μετατροπή με μικροοργανισμούς.
- Απευθείας δέσμευση σε μεγάλα βάθη (>3000 m) στους ωκεανούς, όπου εκτιμάται ότι μπορούν να διατηρηθούν για τουλάχιστον 500 χρόνια.
- Αποθήκευση σε κλίνες άνθρακα, σε θόλους άλατος, σε παλιούς ταμιευτήρες πετρελαίου και φυσικού αερίου και σε βαθείς «αλμυρούς» υδροφόρους ταμιευτήρες (όπως το νορβηγικό πρόγραμμα στο Sleipner).



Το πρόγραμμα Sleipner για επανεισαγωγή CO₂



-Πρώτη φορά το Σεπτ. 1996, όταν η Statoil άρχισε την αποθήκευση CO₂ από το πεδίο Sleipner West σε έναν ψαμμιτικό σχηματισμό 1000 m κάτω από τη Βόρεια Θάλασσα (Νορβηγία).

-Το κόστος της διεργασίας υποστηρίζεται ότι είναι \$15/m.t. Του CO₂ που αποθηκεύεται.



1.4.4 ΟΞΙΝΗ ΒΡΟΧΗ





Όξινη βροχή

- «**Όξινη βροχή**» είναι ένας γενικός όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τον όξινο χαρακτήρα του νερού της ατμόσφαιρας.
- Ο όρος επινοήθηκε το 1872 από τον Σκωτσέζο χημικό Robert Angus Smith (1817-1884) για να περιγράψει την όξινη απόθεση στο Μάντσεστερ της Αγγλίας.
- Προέρχεται βασικά από τις εκπομπές στην ατμόσφαιρα **διοξειδίου του θείου, οξειδίων του αζώτου και αμμωνίας**.
- Ένας περισσότερο ακριβής όρος είναι η **όξινη απόθεση** (acid deposition), η οποία αποτελείται από δύο μέρη, την υγρή και την αέρια απόθεση.
- Η υγρή απόθεση αναφέρεται στην **όξινη βροχή, ομίχλη και χιόνι**. Καθώς το όξινο νερό πέφτει στη γη **επιδρά στα φυτά, τα υλικά και τον άνθρωπο**.
- Οι επιπτώσεις από την όξινη βροχή εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, όπως το pH του όξινου νερού, τη χημεία και τη ρυθμιστική ικανότητα του εδάφους και των επιφανειακών νερών, τα είδη των ψαριών, δένδρων και όλων των οργανισμών που εξαρτώνται από το νερό κτλ.
- Η αέρια απόθεση αφορά **όξινα αέρια και σωματίδια**. Ο αέρας μεταφέρει τα όξινα αέρια και τα σωματίδια σε κάθε επιφάνεια. Στα πρώτα στάδια μιας βροχής το νερό παρασύρει την αέρια απόθεση κάνοντας το νερό περισσότερο όξινο.



Μεταβολή του pH της βροχής από τα όξινα αέρια

Συγκεντρώσεις ισορροπίας ειδών σε μορφή διαλυμένη σε καθαρό νερό το οποίο είναι σε ισορροπία με τα αέρια CO_2 και SO_2 . Οι συγκεντρώσεις των αερίων δίνονται σε ppb ή ppm, ενώ των διαλυμένων ειδών σε pC (-log της συγκέντρωσης) και υπολογίζονται από τις σταθερές ισορροπίας των αντιδράσεων 1-7. Οι συντελεστές ενεργότητας λαμβάνονται μοναδιαίοι.

	A	B	C	D	E	F
CO_2 (g) /ppm	0	342	342	342	342	342
SO_2 (g) /ppb	0,3	0	0,3	3	30	1600
$[SO_2 \cdot H_2O]$	9,43	0	9,43	8,43	7,43	5,71
$[HSO_3^-]$	5,65	0	5,80	5,15	4,65	3,79
$[SO_3^{2-}]$	7,18	0	7,48	7,18	7,18	7,18
$[CO_2 \cdot H_2O]$	0	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94
$[HCO_3^-]$	0	5,65	5,80	6,15	6,65	7,51
$[CO_3^{2-}]$	0	10,32	10,62	11,32	12,32	14,04
pH	5,66	5,66	5,51	5,16	4,66	3,80

(A), (B), (C) : καθαρή εξοχική περιοχή

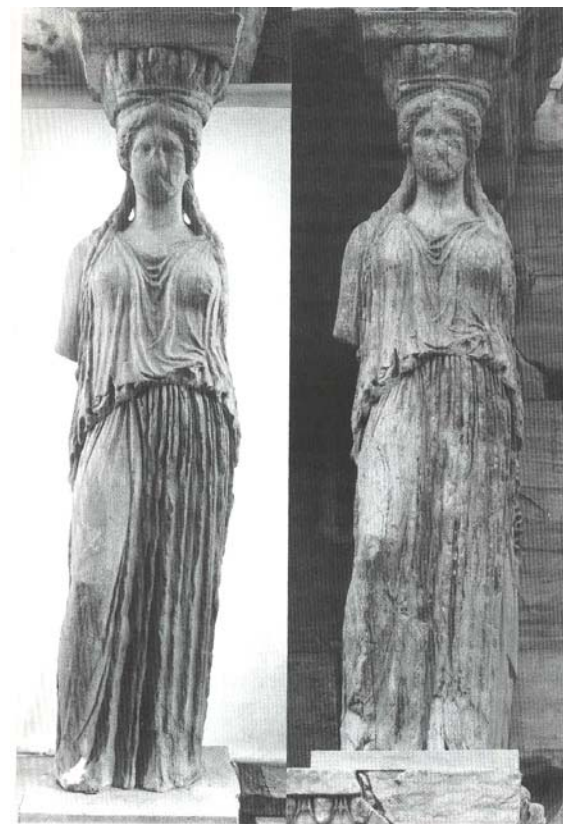
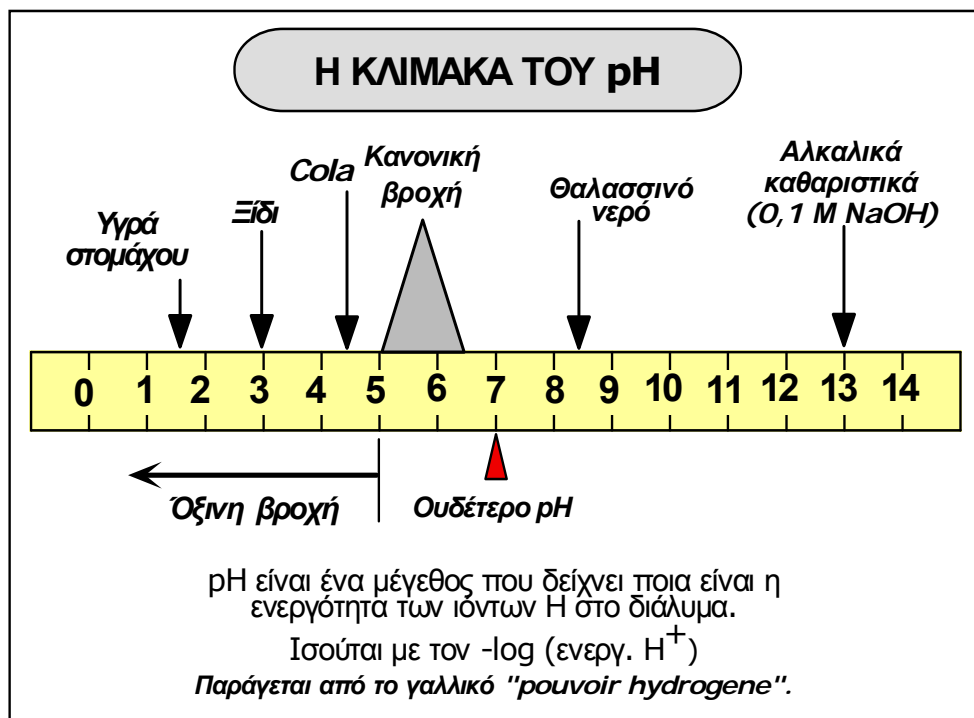
(D): καθαρή αστική περιοχή ή ελαφρά μολυσμένη εξοχική περιοχή

(E): μολυσμένη αστική περιοχή

(F) : εξαιρετικά μολυσμένη περιοχή



Η κλίμακα του pH και ο ορισμός της όξινης βροχής

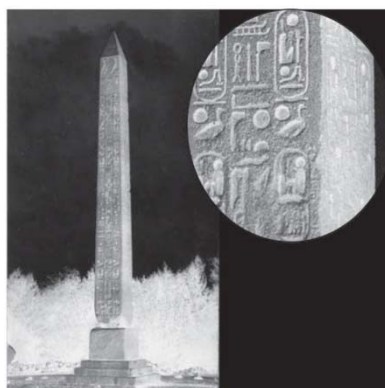


Φθορά από έκθεση σε όξινο περιβάλλον: Η ίδια Καρυάτιδα το 1950 (αριστερά) και το 1970.



(b) After acid rain damage

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings



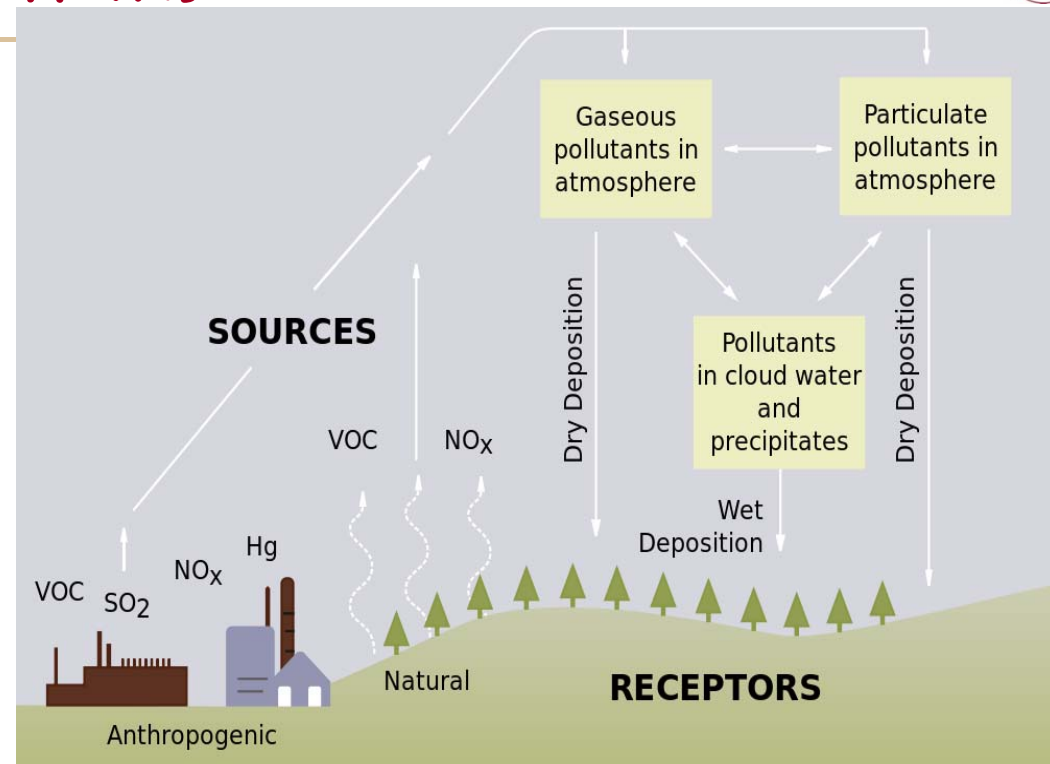
(a) Before acid rain damage

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings

Στάδια γένεσης της όξινης βροχής



- Παραγωγή οξειδίων (φυσικών και ανθρωπογενών)



- Απορρόφηση των οξειδίων (σε αέρια ή στερεή φάση) στο νερό (νέφη, βροχή, ομίχλη, χιόνι)
- Αλληλεπίδραση των παραγόμενων οξέων (SO₂, H₂O, H₂SO₄, HNO₃) με την αμμωνία και τα ανθρακικά άλατα.
- «Καθαρισμός» και μερική διαλυτοποίηση των αερολυμάτων στο νερό
- Εναπόθεση των οξέων: «ξηρή» εναπόθεση και «υγρή» εναπόθεση
- Περίπου το $\frac{1}{2}$ της απόθεσης γίνεται με την υγρή εναπόθεση.



Στάδια γένεσης της όξινης βροχής

Οξειδία του θείου

- Προέρχονται από την καύση στερεών καυσίμων (κυρίως πετρελαίου και άνθρακα) και τα αέρια αυτά είναι υπεύθυνα για τα $\sim 2/3$ της οξύτητας της ατμόσφαιρας. Το 64% της συνολικής ποσότητας του SO_2 που υπάρχει στην ατμόσφαιρα εκπέμπεται από μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Υπάρχουν τεχνικές για τη δέσμευση αυτών των ρυπαντών.
- Πρωτογενείς ρυπαντές: SO_2 , SO_3 ($SO_2 + SO_3 = SO_x$), H_2S
- Δευτερογενείς ρυπαντές: H_2SO_4 , MSO_4 (π.χ. $(NH_4)_2SO_4$, $CaSO_4$, $MgSO_4$)

Οξειδία του αζώτου, NO_x

- Προέρχονται κυρίως από τις εκπομπές των αυτοκινήτων. Το 1/4 των NO_x προέρχονται από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με καύση συμβατικών καυσίμων και κυρίως άνθρακα. Συνεισφέρουν κατά $\sim 1/3$ στην οξύτητα της ατμόσφαιρας. Οι εκπομπές «θερμικών» NO_x μπορούν να μειωθούν με τη μείωση της θερμοκρασίας της καύσης.
- Πρωτογενείς ρυπαντές: NO , NH_3 , ($NO + NO_2 = NO_x$)
- Δευτερογενείς ρυπαντές: NO_2 , HNO_3 (g), MNO_3

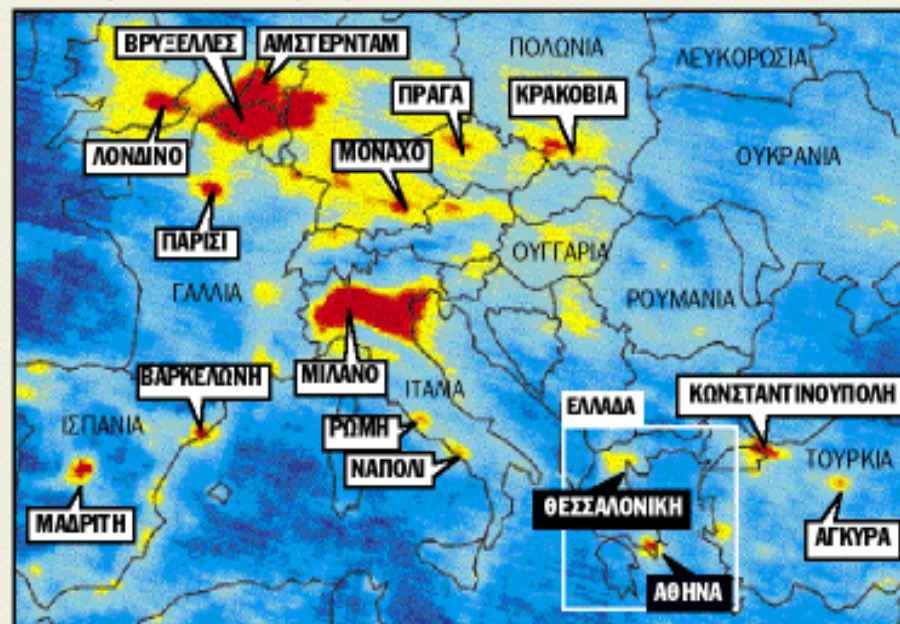
Βάσεις

- Προέρχονται συνήθως από την αιωρούμενη σκόνη.



Διοξείδιο του αζώτου... φυσάει στην Αθήνα

Ο ευρωπαϊκός δορυφόρος Envisat, που χαρτογράφησε την ποιότητα της ατμόσφαιρας στον πλανήτη μας, κατέγραψε σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του αζώτου στην Αττική. Ο ρύπος αυτός προκαλεί βλάβες στους πνεύμονες και στο αναπνευστικό σύστημα. Όπως τόνισε στα «ΝΕΑ» ο καθηγητής στο Εργαστήριο Περιβαλλοντικών και Χημικών Διεργασιών του Πανεπιστημίου Κρήτης κ. Νίκος Μικαλόπουλος, το διοξείδιο του αζώτου δημιουργείται στην πρωτεύουσα από τα καυσαέρια των Ι.Χ. αυτοκινήτων που συνεχώς αυξάνονται.



Το Λεκανοπέδιο Αθηνών είναι η πιο επιβαρημένη περιοχή των Βαλκανίων. Καλύτερα εμφανίζονται τα πράγματα στην Κεντρική Μακεδονία ενώ στην υπόλοιπη χώρα δεν παρατηρούνται συγκεντρώσεις του επικίνδυνου ρύπου



Πηγή: Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Διαστήματος

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ



4 Ο δορυφόρος Envisat της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Διαστήματος που χαρτογράφησε την ατμόσφαιρα της Γης από τον Φεβρουάριο του 2002 μέχρι τον Ιούνιο του 2004.

ΤΕΧΝΕΣ



Στάδια γένεσης της όξινης βροχής

- Τα οξειδία (και άλλοι ρυπαντές) μπορούν να μεταφερθούν σε απόσταση μεγαλύτερη από 1000 km (η αμμωνία σε λιγότερη απόσταση) και έτσι μπορούν να πληγούν περιοχές χωρίς ιδιαίτερες εκπομπές των ρύπων
- Ο ρυθμός απόθεσης των ρυπαντών εξαρτάται από: (α) τη φύση ρυπαντή (τύπος, κατανομή μεγέθους), (β) το τυρβώδες πεδίο της ατμόσφαιρας και (γ) τα χαρακτηριστικά επιφάνειας-δέκτη (νερό, φυτό, μνημείο).
- Τα οξέα στην ομίχλη μπορεί να είναι 10-50 φορές περισσότερα από ότι στη βροχή.
- Στην Ελλάδα δεν υπάρχει ιδιαίτερο πρόβλημα αναφορικά με την οξίνιση του εδάφους και των νερών. Μόνο το 25% των δειγμάτων βροχής είναι κάτω από pH 5,0, αλλά και η σύσταση των εδαφών της χώρας μας κάνει σχεδόν αδύνατη την προσβολή από την όξινη βροχή. Βεβαίως, η επίδραση της όξινης απόθεσης στα μαρμάρινα μνημεία της χώρας μας είναι ιδιαίτερα επιβλαβής.

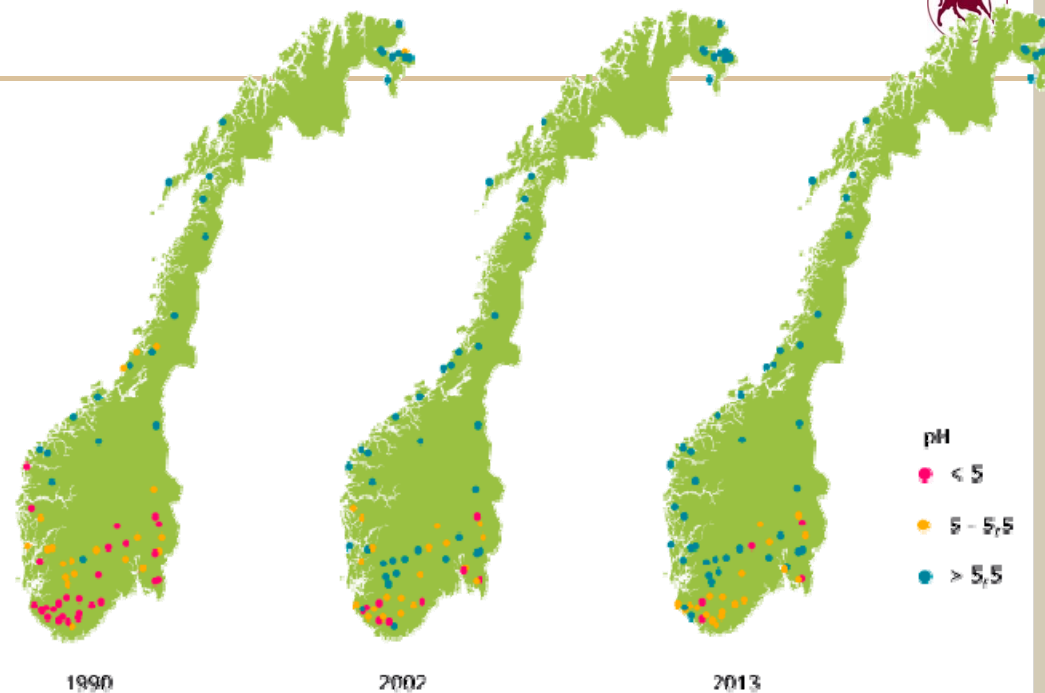
Επιπτώσεις της όξινης βροχής



Επιπτώσεις από την όξινη βροχή, Slaska Poremba, Poland

Όξινης βροχής στη Νορβηγία

→ pH trends in lakes from 1990 to 2013



SOURCE: Norwegian Institute for Water Research 2014 / environment.no



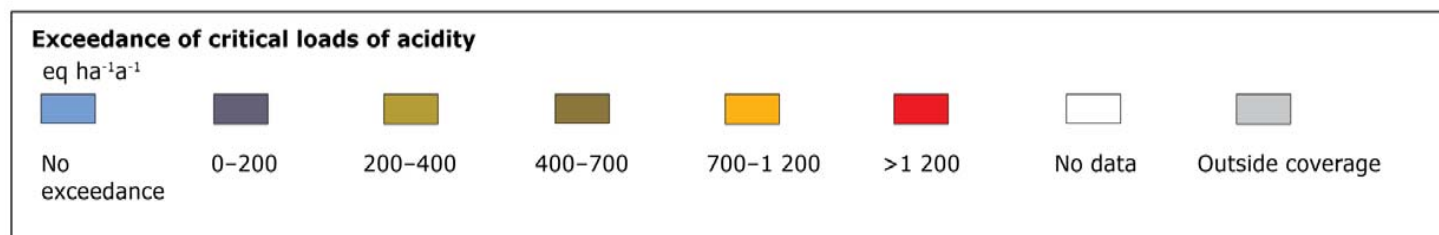
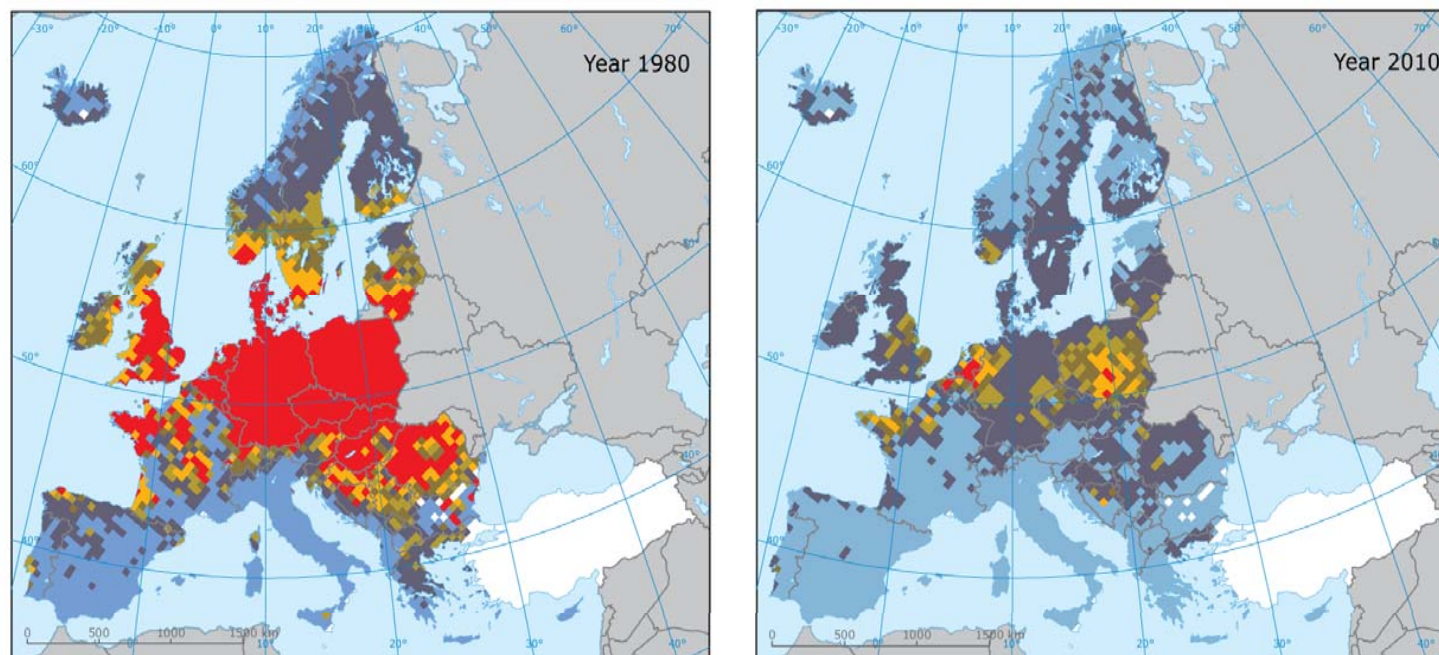
Ψεκασμός οξειδίου του ασβεστίου
σε λίμνη στην Νορβηγία
(<http://www.environment.no/Topics/Air-pollution/Acid-rain/>)

Έλεγχος των εκπομπών SOx



Τύπος πηγής	Τυπικές εκπομπές SO ₂ (g/GJ)	Εγκατεστημένη ισχύς (MWh)	Κόστος κεφαλαίου (ECU/kWh)	Λειτουργικό κόστος (ECU/kWh)
Χωρίς έλεγχο:				
Σκληρός άνθρακας	500-1000			
Λιγνίτης	500-4000			
Βαρύ πετρέλαιο	800-1500			
Με έλεγχο:				
Εισαγωγή προσθέτων	140-1400		1030	0,002-0,005
Υγρή πλυντρίδα	<140	194 000	30100	0,005-0,013
Ξηρή απορρόφηση σε σπρέι	<140	16 000	2090	0,005-0,012
Πλυντρίδα αμμωνίου	40400	2000	100	0,005-0,012
Μέθοδος Wellman - Lord	<140	2000	150-250	0,008-0,018
Ενεργός άνθρακας	<140	700	100-120	0,006-0,007
Συνδυασμένη κατάλυση	<140	1300	80-120	0,002-0,003
Καύση σε ρευστοστερεά κλίνη	<400	30 000		

Λύσεις για τον έλεγχο των εκπομπών SOx σε μονάδες παραγωγής Η.Ε. και μεγάλους λέβητες



Φόρτιση των εδαφών της ΕΕ με οξύτητα.



1.4.4

ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗ - ΦΩΤΟΧΗΜΙΚΟ ΝΕΦΟΣ (smog)



Η φύση του Φωτοχημικού νέφους

Οι κυριότεροι ρύποι που είναι υπεύθυνοι για το φωτοχημικό νέφος

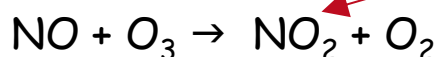
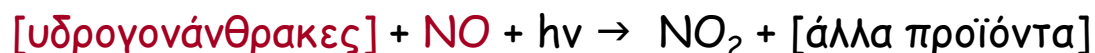
Species	Polluted Area ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Unpolluted Air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
CO	10,000-30,000	<200
NO	100-400	<20
HC (excluding CH₄)	600-3,000	<300
O₃	50-150	<5
PANs	50-250	<5

Most values are estimates based on data in *Air Quality* in Ontario 1991,
Environment Ontario, Queen's Printer for Ontario; 1992

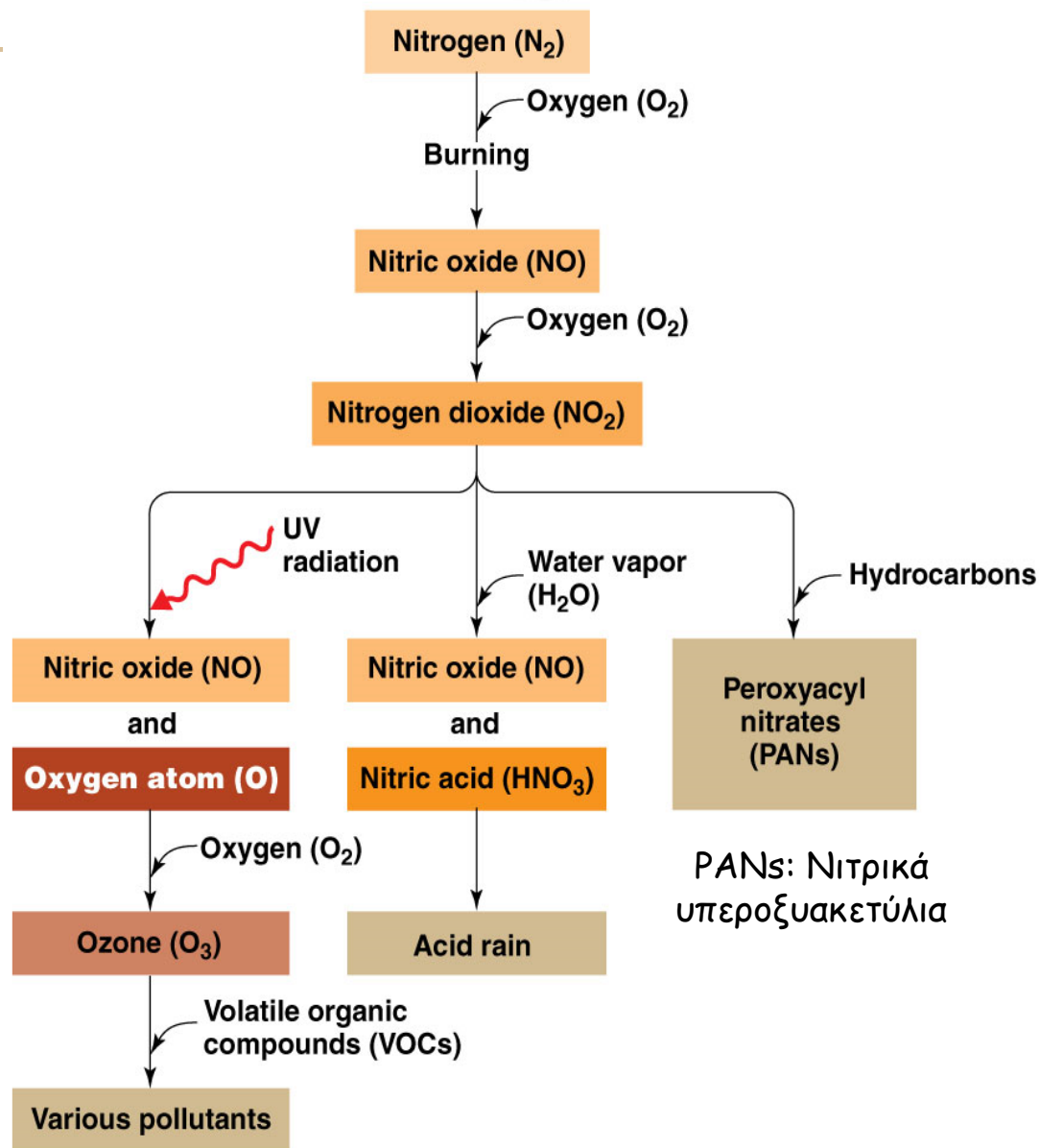


Φωτοχημικό νέφος

- Το **φωτοχημικό νέφος** (ή νέφος του Los Angeles) είναι η «καφετιά-υποκίτρινη» ομίχλη που ρυπαίνει τις πόλεις, ιδίως τους καλοκαιρινούς και φθινοπωρινούς μήνες. Το κυριότερο συστατικό αυτού του νέφους είναι το O_3 .
- Το φαινόμενο οφείλεται κυρίως στις εκπομπές των **NO_x** (μαζί με πτητικές οργανικές ουσίες, κυρίως άκαυστους **HC**) τα οποία προέρχονται κυρίως από τις εκπομπές των αυτοκινήτων. Αποτελεί σύνθετο πρόβλημα, πλήττει κυρίως πυκνοκατοικημένες, ηλιόλουστες πόλεις (**ακτινοβολία UV**) με θερμό και ξηρό κλίμα.
- Απλουστευτικά οι κυριότερες αντιδράσεις μπορεί να γραφούν ως εξής:



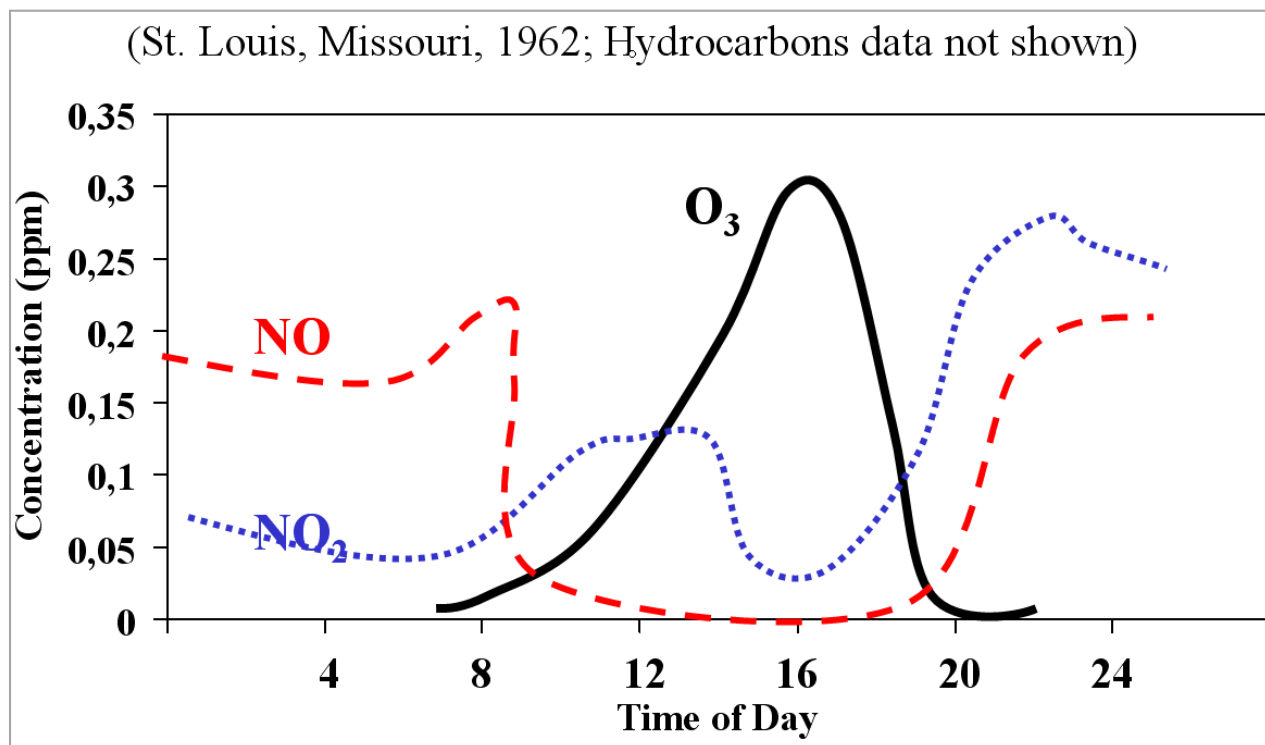
Καφετί-κίτρινο
χρώμα



(a) Formation of photochemical smog



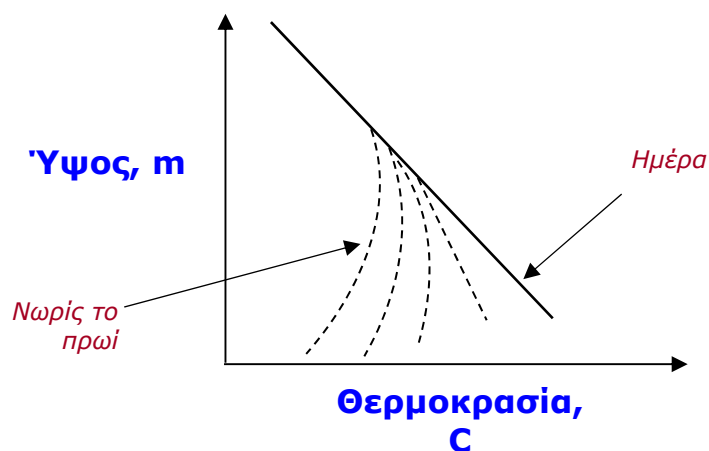
Φωτοχημικό νέφος- Κατανομή ρύπων στη διάρκεια της ημέρας





Φωτοχημικό νέφος

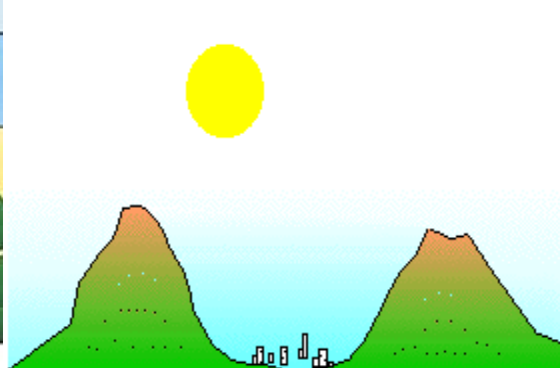
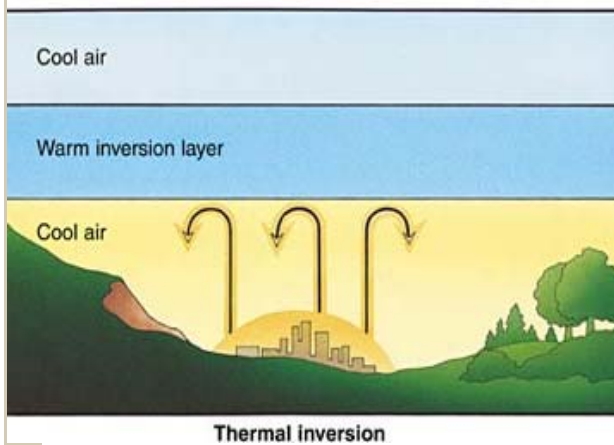
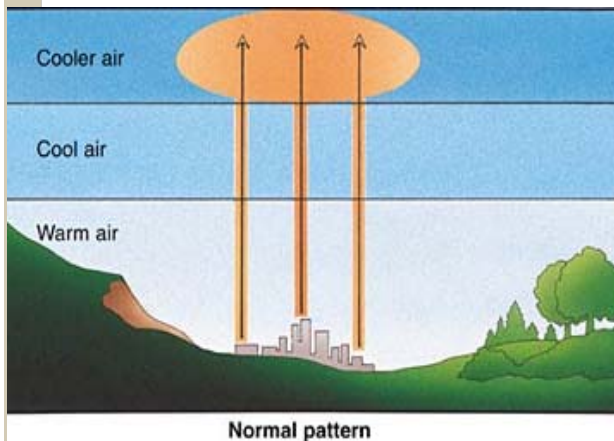
- Τα προϊόντα του νέφους ερεθίζουν τα μάτια και επιδρούν αρνητικά στο αναπνευστικό σύστημα.
- Οι διάφοροι **HC** έχουν σημαντικά διαφορετικό δυναμικό να δημιουργήσουν νέφος.



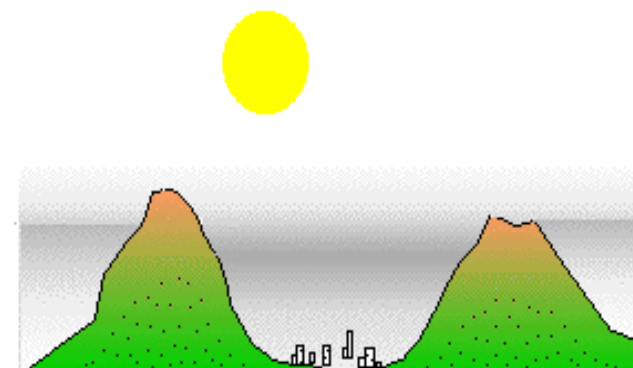
Θερμοκρασιακή αναστροφή

- Η ατμ. T μειώνεται κατά $\sim 7^{\circ}\text{C} / 1000 \text{ m}$ ύψος.
- Κατά τη διάρκεια μιας ξηρής νύχτας, η γη IR ακτινοβολία και ψύχεται, δημιουργώντας κάποια **Θερμοκρασιακή αναστροφή** (σε ύψος $< 500 \text{ m}$).
- Κατά το λυκαυγές η αναστροφή γίνεται ισχυρότερη.
- Με το ήλιο, η γη θερμαίνεται και αποκαθίσταται η φυσική μεταβολή της T με το ύψος με αποτέλεσμα τη μείωση της επίδρασης του νέφους μετά το μεσημέρι.

Θερμοκρασιακή αναστροφή



Normal Conditions



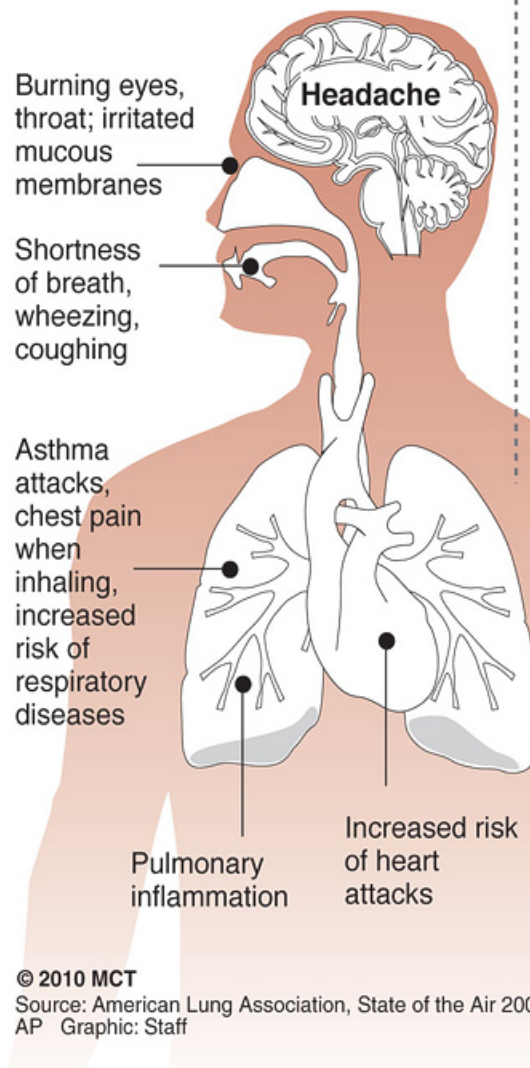
Thermal Inversion conditions




Why smog is harmful

Ozone, the main ingredient in smog, is one of the most widespread air pollutants and among the most dangerous.

Effects on health



How ozone forms

1 Oxygen in the atmosphere  O₂

2 Nitric oxide, byproduct of combustion  NO

3 Sunlight breaks up nitric oxide



4 Ozone formed by three oxygen atoms



U.S. ozone limits

In parts per billion

• 1997-2008	84
• 2008-present	75
• New EPA proposal	60-70

© 2010 MCT
Source: American Lung Association, State of the Air 2008,
AP Graphic: Staff



1.4.6

ΘΕΡΜΙΚΗ ΡΥΤΤΑΝΣΗ



Θερμική ρύπανση

- Θερμική ρύπανση (ΘΡ) είναι η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα ή του νερού από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, άμεσες ή έμμεσες.
- Η ΘΡ του αέρα σχετίζεται με τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου και την απόρριψη θερμότητας στην ατμόσφαιρα από διάφορες δραστηριότητες.
- Περισσότερο σοβαρή είναι η ΘΡ των νερών, με την απελευθέρωση ποσοτήτων ενέργειας με τη μορφή **ραδιενεργού ακτινοβολίας και θερμότητας** σε λίμνες, ποτάμια και ωκεανούς σε τέτοιο βαθμό που να επιδρούν στα υδάτινα οικοσυστήματα.
- Η ΘΡ των νερών προκαλείται κυρίως από τη διάθεση θερμών νερών από τα συστήματα ψύξης **θερμικών και πυρηνικών σταθμών παραγωγής Η.Ε. και άλλων βιομηχανιών.**
- Άλλες πηγές ΘΡ: **διάβρωση του εδάφους, αποδάσωση, οι αποστραγγίσεις νερών από κτήρια, ασφαλτοστρωμένους δρόμους κτλ.**



Η αυξημένη θερμοκρασία των νερών:

- μειώνει τη συγκέντρωση του διαλυμένου O_2 ,
- επιδρά στην ανάπτυξη και την αναπαραγωγική διαδικασία πολλών υδάτινων ειδών
- μπορεί να προκαλέσει ασθένειες ακόμη και το θάνατο ψαριών λόγω του θερμικού αιφνιδιασμού (thermal shock)
- επιδρά στη χλωρίδα των οικοσυστημάτων (με την είσοδο νέων ειδών και με την αύξηση ορισμένων φυκών και τη δημιουργία αναερόβιων συνθηκών).

Το θερμό νερό μπορεί να είναι **ευεργετικό** (thermal enrichment). Για παράδειγμα, καλλιέργειες που κινδυνεύουν να παγώσουν τη νύχτα μπορούν να ψεκαστούν με θερμό νερό, ενώ μπορεί να βοηθηθεί η ανάπτυξη ιχθυοκαλλιεργειών. Προφανώς, τα αρνητικά αποτελέσματα υπερτερούν κατά πολύ των θετικών.



1.4.7

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΛΛΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΡΥΠΤΑΝΣΗΣ



Ενέργεια & Ρύπανση

- **Επιφανειακά ορυχεία:** ανοικτές «πληγές», σκόνη, θόρυβος. Απαιτείται να γίνει ανάπλαση του χώρου.
- **Καθιζήσεις** και πλημμύρες σε υπόγεια ορυχεία.
- **Διυλιστήρια:** οπτική ρύπανση, οσμές, κίνδυνος εκπομπής τοξικών ουσιών, κίνδυνος εκρήξεων και πυρκαγιάς κ.ά.
- **Ατμοηλεκτρικές μονάδες:** οπτική ρύπανση, οσμές, τοπική αλλαγή του κλίματος από τη θερμική ρύπανση και την υγρασία από τους πύργους ψύξης κ.ά.
- **Μεταφορά πετρελαίου:** κυρίως με θαλάσσια μέσα
 - Μεταξύ 1970 και 1986: 186 μεγάλες διαρροές πετρελαίου από πλοία
 - 1989: "Εχχον Valdez", Αλάσκα, 39.000 τόνοι αργού πετρελαίου στη θάλασσα. Χωρίς να είναι η μεγαλύτερη διαρροή πετρελαίου, επηρεάστηκε σημαντικά το κοινό των Η.Π.Α.

Πετρελαιοκηλίδες



- Πετρελαιοκηλίδες μπορούν να προκληθούν από ατυχήματα σε πετρελαιοφόρα δεξαμενόπλοια και σε εξέδρες άντλησης πετρελαίου, από τον παράνομο καθαρισμό των δεξαμενών των πλοίων και την απόρριψη χρησιμοποιημένων λιπαντικών στη θάλασσα.
- Το πετρέλαιο έχει μικρότερο ειδικό βάρος από το νερό και για το λόγο αυτό επιπλέει στην επιφάνειά της θάλασσας.
- Από τη στιγμή που το πετρέλαιο θα βρεθεί στη θάλασσα, αρχίζει μια αργή, φυσική διαδικασία οξείδωσης και βιοδιάσπασής του από μικροοργανισμούς που έχουν την ικανότητα να διασπούν υδρογονάνθρακες.
- Οι πετρελαιοκηλίδες έχουν καταστρεπτική επίδραση στη χλωρίδα και την πανίδα σε μεγάλη έκταση γύρω από το σημείο όπου δημιουργήθηκαν, όπως επιπτώσεις στο πλαγκτόν, μαζικοί θάνατοι θαλάσσιων οργανισμών και πτηνών κτλ.
- Εκτός από τις καταστρεπτικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, σημαντικές είναι και οι δυσμενείς επιπτώσεις των πετρελαιοκηλίδων στην αλιεία και τον τουρισμό στις περιοχές που πλήττονται.





Ιανουάριος 2007, Locquirec, Γαλλία: νεκρό πουλί γεμάτο πετρέλαιο που ανασύρθηκε από τις ακτές της Locquirec.



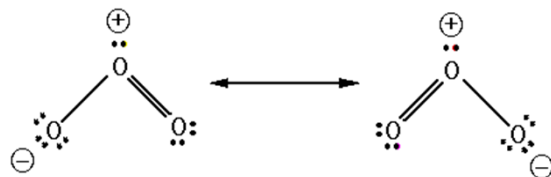
1.4.8

ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΣΤΙΒΑΔΑΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ



Στρατόσφαιρα & Όζον

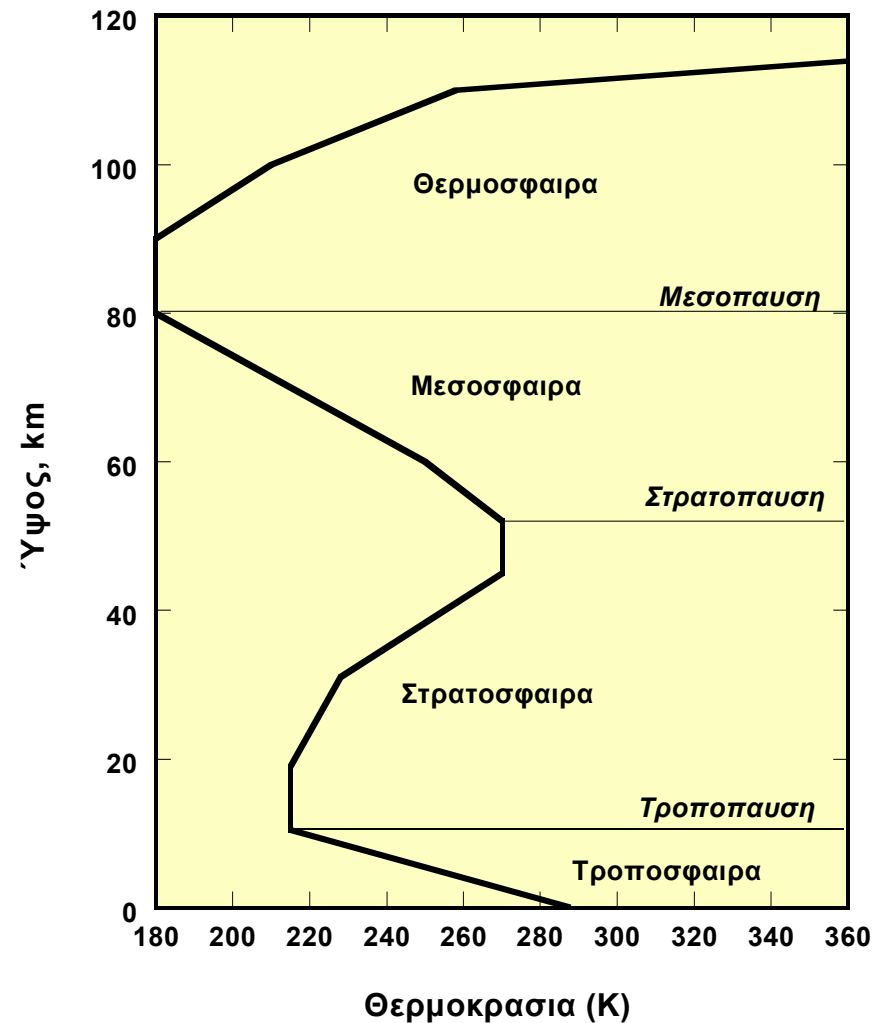
Όζον: O_3



Ozone and Oxygen		
Oxygen Atom (O)	Oxygen Molecule (O_2)	Ozone Molecule (O_3)

Ατμοσφαιρικές στιβάδες

- 0-17 km Τροπόσφαιρα
- 17-50 km Στρατόσφαιρα
- 50-90 km Μεσόσφαιρα
- >100 km Θερμόσφαιρα ή Ιονόσφαιρα





Στρατόσφαιρα & Όζον

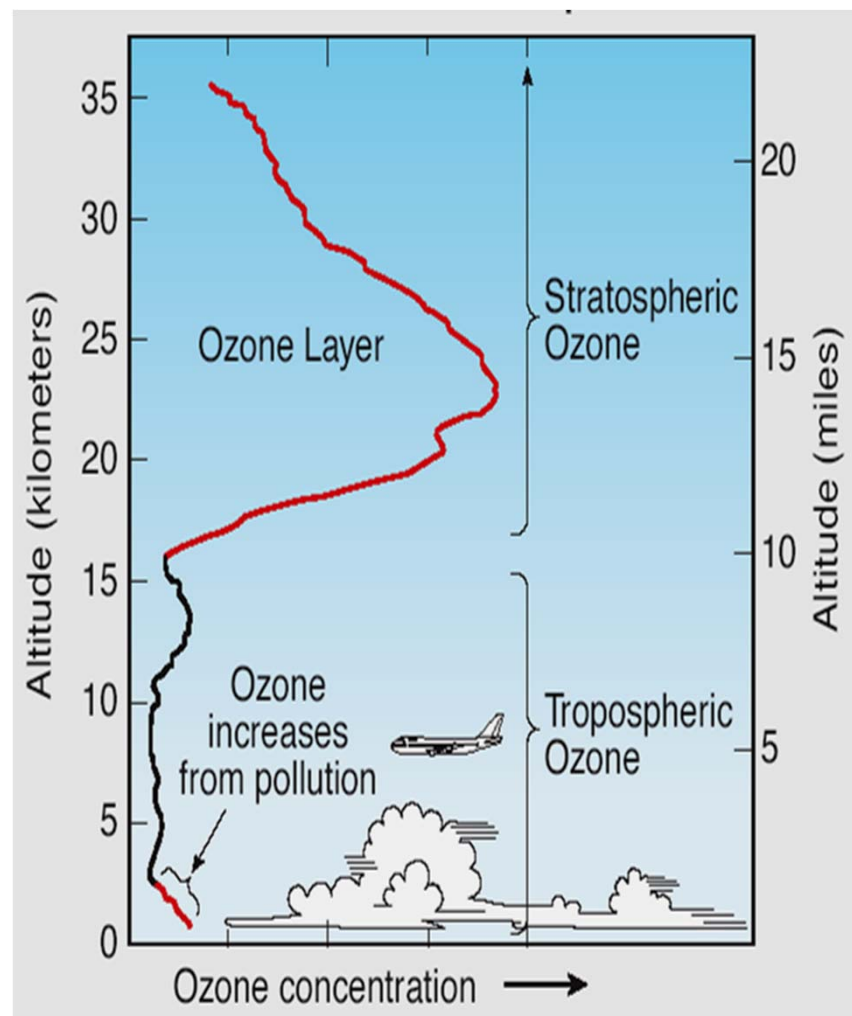
Στρατόσφαιρα

- Περιέχει τη στιβάδα του O_3 με ~99% του O_3
- Υπάρχει εδώ και 400 εκατ. χρόνια
- 27-42 km
- Στιβάδα O_3 : 0,005 cm πάχος στην 1 atm

Υπεριώδης ακτινοβολία:

Ακτινοβολία 390-4 nm

UV-B: 280-315 nm





Για τα CFCs

CFC's - χλωροφθοράνθρακες (chlorofluorocarbons)

- Ανακαλύφθηκαν το 1930 από τον Thomas Midgley Jr. της General Motors (είχε ανακαλύψει και τον τετραθυλιούχο μόλυβδο)
- Εμπορικό όνομα από τη DuPont: Freons
- αντικατέστησαν το SO_2 και την NH_3 ως ψυκτικά περίπου πριν από 50 χρόνια.

Χημικό όνομα	Τύπος	Εμπορικό όνομα
Τριχλωρο-φθορο-μεθάνιο	CCl_3F	CFC-11 (Freon-11)
Διχλωρο-διφθορο-μεθάνιο	CCl_2F_2	CFC-12 (Freon-12)
χλωρο-διφθορο-μεθάνιο	$CHClF_2$	CFC-22 (Freon-22)
1,1,2- Τριχλωρο -1,2,2-τριφθοροαιθάνιο	$Cl_2FCCClF_2$	CFC-113 (Freon-113)

CFC-0123a

0 = Number of double bonds (omitted if zero)

1 = Carbon atoms -1 (omitted if zero)

2 = Hydrogen atoms +1

3 = Fluorine atoms

a = Letter added to identify isomers,

Χαρακτηριστικά των CFC:

- σταθερά
- άοσμα
- μη διαβρωτικά
- μη αναφλέξιμα
- μη τοξικά
- υψηλή θερμοότητα εξάτμισης
- βέλτιστη πίεση ατμού



Χρήσεις των CFCs

- Ψυκτικά στα κλιματιστικά
- Πρωθητικά σε σπρέι (σταμάτησαν από τη δεκαετία του 80)
- Καθαριστικά ηλεκτρονικών τμημάτων
- Δημιουργία φυσαλίδων σε πολυστυρενικά αφρώδη πλαστικά
- Συσκευασία (DuPont - Styrofoam) κ.α.

Άλλες πηγές αλογονωμένων μορίων στην ατμόσφαιρα

- Halons στους πυροσβεστήρες (αν και το Br μόνο το 1% των αλογ. ενωσ. συνεισφέρει ~1/3)
- Τετραχλωράνθρακας: εξαιρετος μη-πολικός διαλύτης
- Τριχλωροαιθάνιο: διαλύτης για ξηρό καθάρισμα
- Μερικές ουσίες από φυσικές πηγές

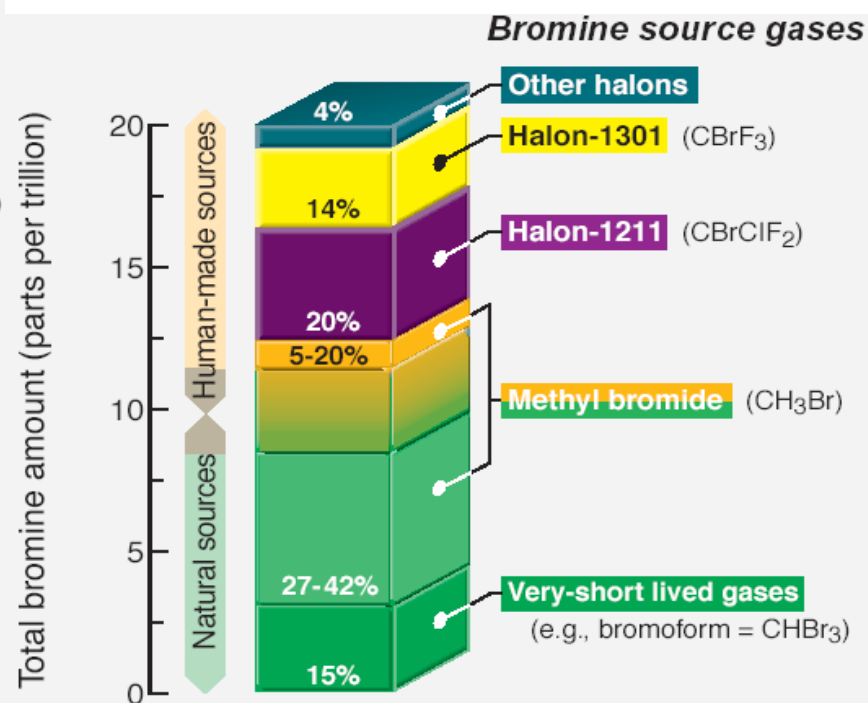
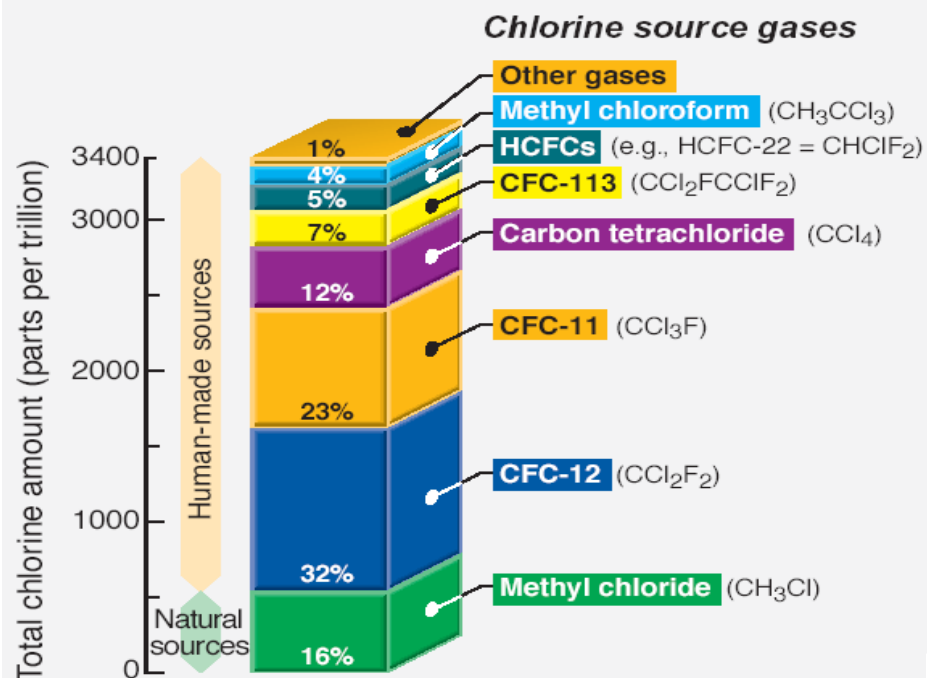
Στατιστικά

- Οι αναπτυγμένες χώρες παρήγαν το ~ 84% των CFCs
- Οι ΗΠΑ είχαν περίπου το 25% της ολικής κατανάλωσης
- Τα κλιματιστικά των αυτοκινήτων υπεύθυνα για το 75% των εκπομπών στις ΗΠΑ.
- Μέχρι το 2000, 75 χώρες σταμάτησαν τη χρήση των CFC.



Πηγές CFCs

Primary Sources of Chlorine and Bromine for the Stratosphere in 1999



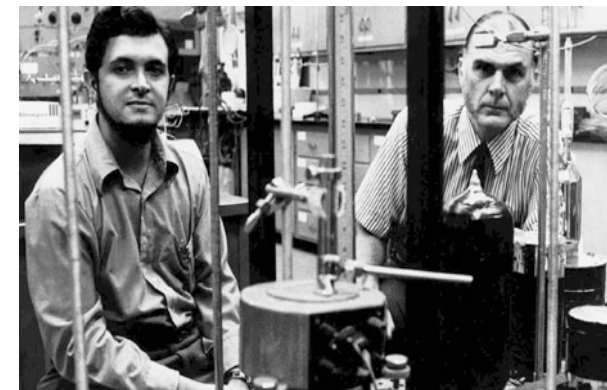
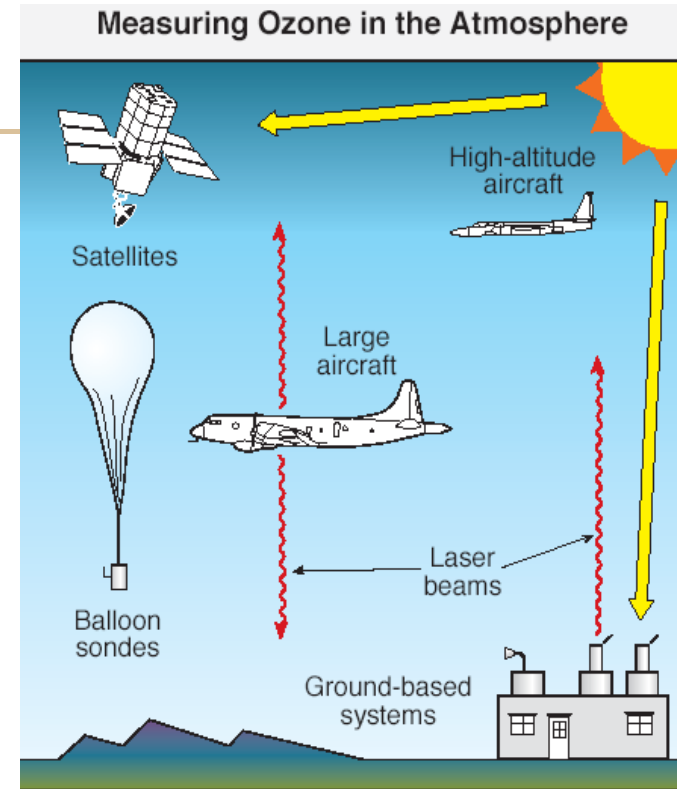
Γιατί το Cl βλάπτει το Όζον :

Πόσο μένει ένα CFC στην ατμόσφαιρα:

- 50-400 χρόνια !!
- Τα Freon χωρίς H έχουν ζωή ~100 χρόνια
- Απαιτείται χρόνος για να φτάσουν στην στρατόσφαιρα/
- Ένα άτομο Cl μπορεί να μετατρέψει 10.000 μέχρι 100.000 O_3 σε O_2 και O .
- CH_3CCl_3 και $CHClF_2$ διαρκούν μόνο 6-7 χρόνια.

Υπόθεση για την Επίδραση του Όζοντος

- Προτάθηκε αρχικά από τον H.S. Johnson στο Berkeley στη δεκαετία του 60
- Θεωρητική ανάλυση από δύο χημικούς, τον Sherwood Rowland και τον Mario Molina του Πανεπ. του Irvine το 1974





Μηχανισμός αποσύνθεσης του O_3

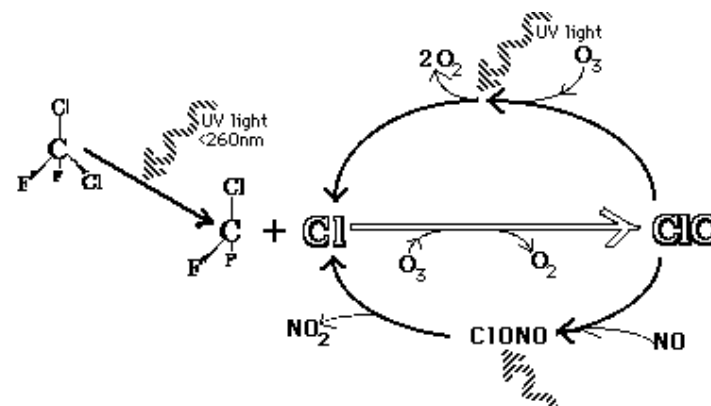
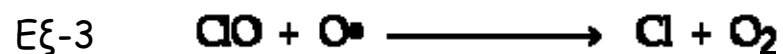
Τα CFC ταξιδεύουν πάνω από τη στιβάδα του O_3 στην Στρατόσφαιρα,



Μετά επιστρέφει στην κατώτερη Στρατόσφαιρα όπου και η μεγαλύτερη συγκέντρωση του O_3 ,



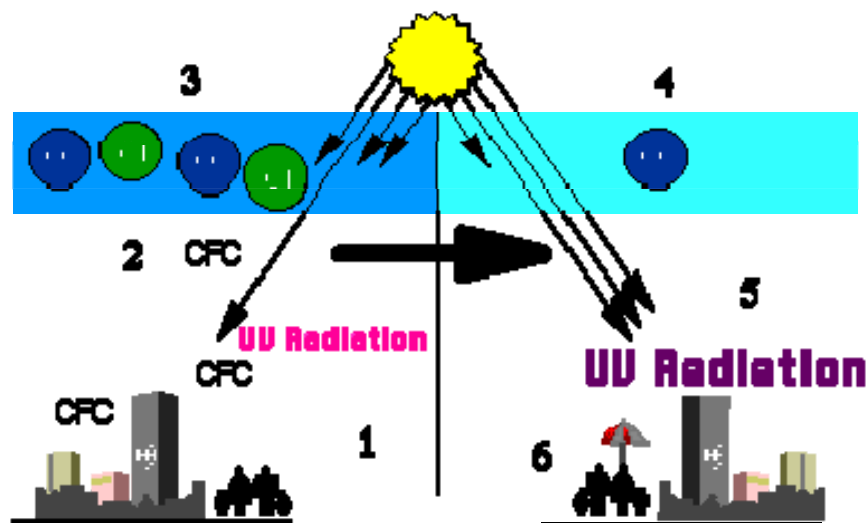
Άμεση καταστροφή του Όζοντος



1 άτομο Cl καταστρέφει $\sim 10^5$ άτομα O_3



Μηχανισμός αποσύνθεσης του O₃

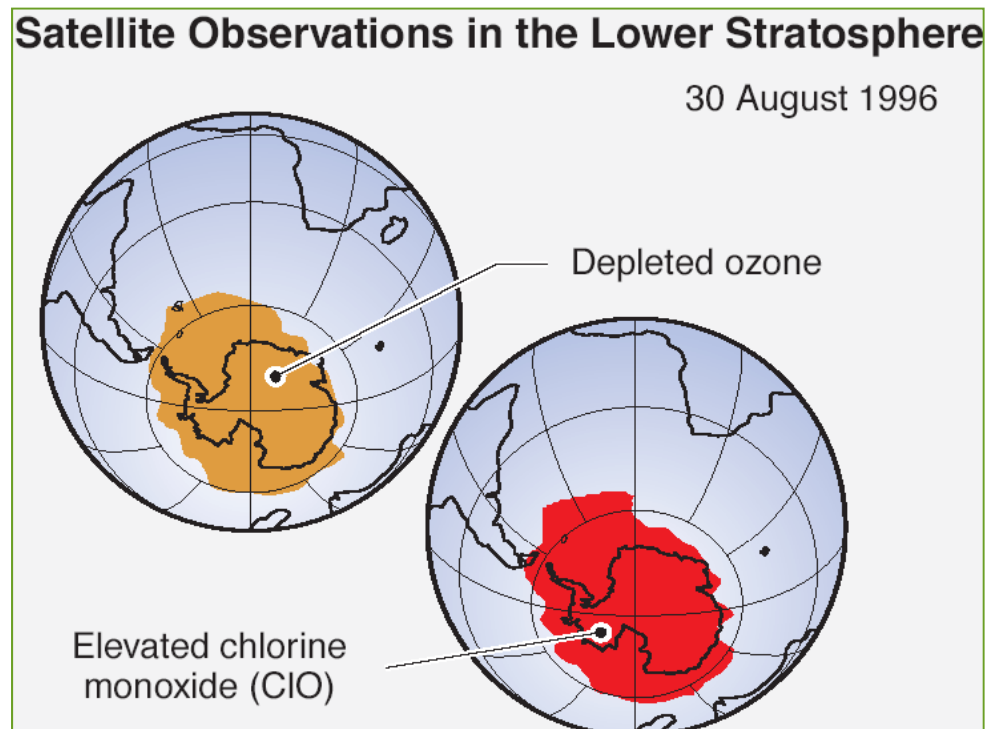


- | | |
|---|--|
| 1. Απελευθέρωση CFC | 4. Το Cl καταστρέφει το όζον |
| 2. Ανύψωση των CFC στο στρώμα του όζοντος | 5. Μειωμένο όζον → περισσότερη UV |
| 3. Η ακτινοβολία UV απελευθερώνει Cl από τα CFC | 6. Περισσότερη UV → μεγαλύτερες επιπτώσεις |

Σχηματική παράσταση της διεργασίας καταστροφής του στρατοσφαιρικού όζοντος (<http://www.epa.gov/ozone/science/process.html>).



Ανταρκτική και O_3



Γιατί υπάρχει τρύπα του O_3 πάνω από την Ανταρκτική;

- Κατάλυση: οι κρύσταλλοι του πάγου προσροφούν τα CFCs και προσφέρουν την επιφάνεια για την αλληλεπίδραση του μορίου του O_3 . Επιταχύνουν την αντίδραση.

Επιπτώσεις της ακτινοβολίας UV-B

- **Στον άνθρωπο:** Μελάνωμα, καταρράκτης στα μάτια (διπλασιάστηκαν τα επεισόδια τα τελευταία 20 χρόνια) κτλ.
- **Φυτοπλαγκτόν:** επηρεάζει τον προσανατολισμό του και την κινητικότητά του
- **Ψάρια:** επιπτώσεις ιδιαίτερα στη μικρή ηλικία
- **Υλικά:** επιπτώσεις στα πολυμερικά κυρίως υλικά

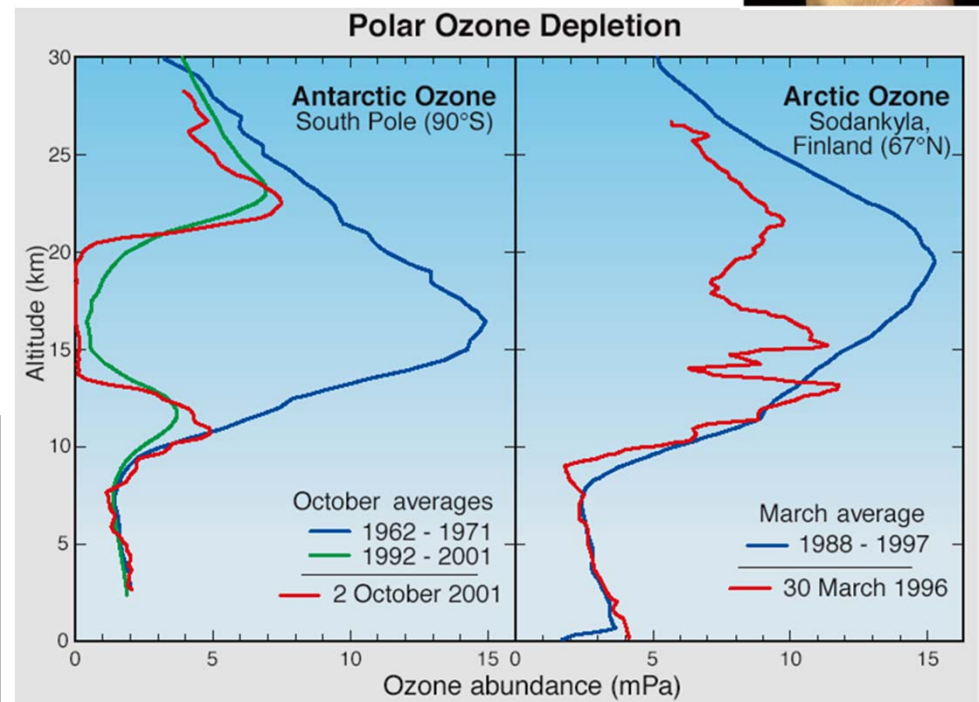


Μπορεί η «τρύπα» του O_3 να σταθεροποιηθεί;

- Ναι
- Επιπτώσεις μέχρι το 2100
- Τα τελευταία 15 χρόνια όχι CFCs στα σπρέι.

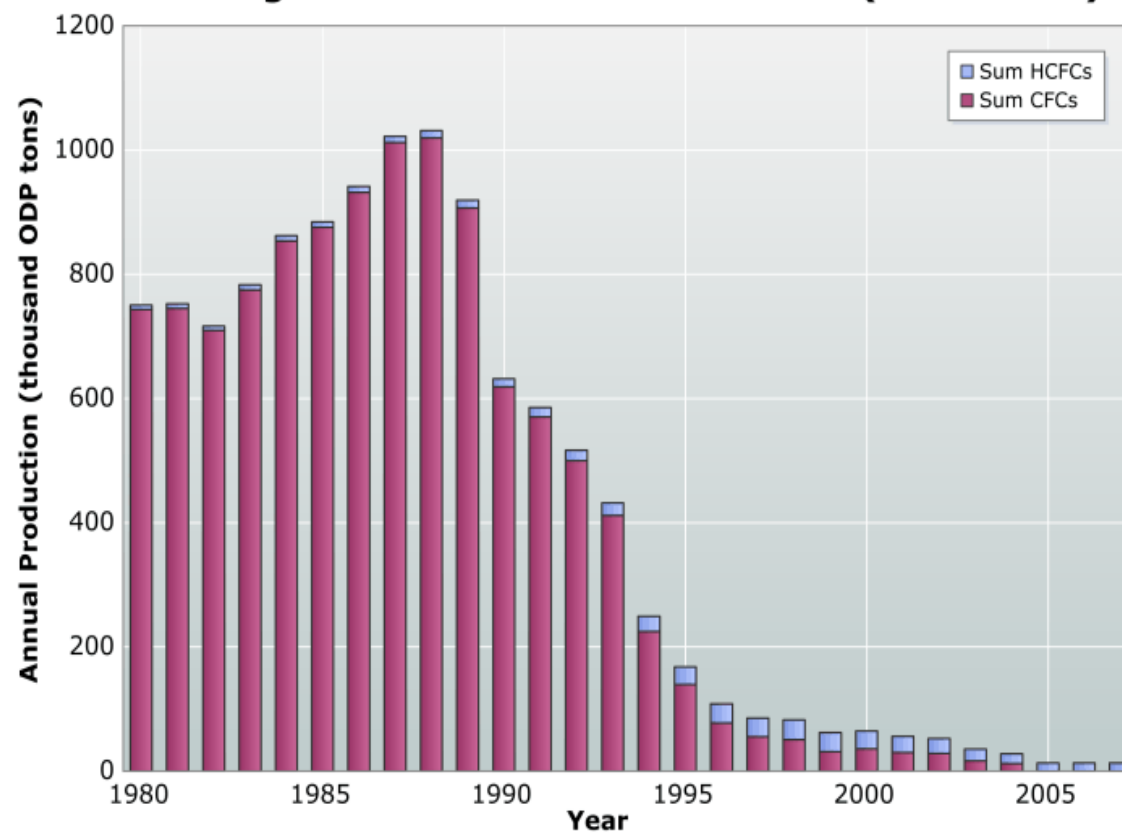
Συμφωνίες για τα CFC

- Το Πρωτόκολλο του Montreal 1987 - 197 χώρες
- 2010 - 95% μείωση της παραγωγής.





ODP-Weighted Fluorocarbon Production (1980-2007)



Πηγή: <http://www.afeas.org/overview.php>

Η «τρύπα του όζοντος» σταμάτησε να μεγαλώνει



- Θεωρείται η μεγαλύτερη περιβαλλοντική επιτυχία
- Το Πρωτόκολλο του Montreal μπορεί να θεωρηθεί ως πρότυπο για τη διεθνή συνεργασία στο περιβάλλον.