

# Υδρομετεωρολογία

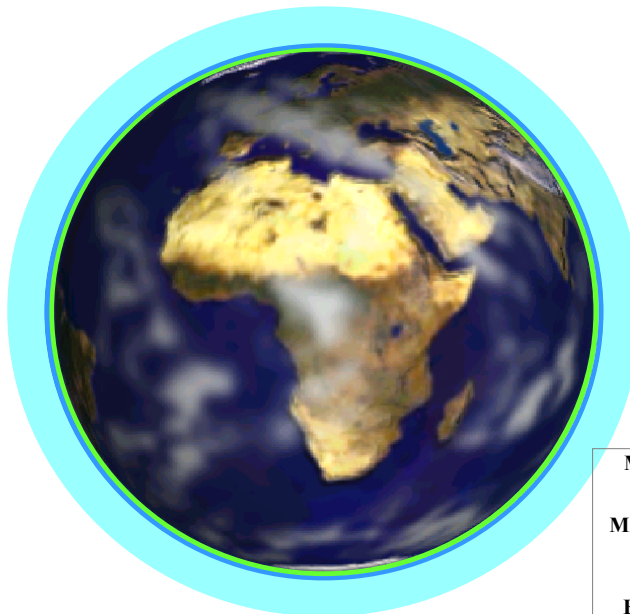
## Γενικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας

Νίκος Μαμάσης και Δημήτρης Κουτσογιάννης  
Τομέας Υδατικών Πόρων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο  
Αθήνα 2008

### **ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ:** *Γενικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας*

- **ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ**
- **ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ**
- **ΕΙΔΙΚΟΤΕΡΑ ΘΕΜΑΤΑ**
- **ΜΙΑ ΠΙΘΑΝΗ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ**
- **ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ**  
(χρονική, εποχιακή, γεωγραφική)

## ΓΗ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ



█ ΤΡΟΠΟΣΦΑΙΡΑ ΚΑΙ ΣΤΡΑΤΟΣΦΑΙΡΑ  
 (ΥΨΟΣ 50 km - ΠΟΣΟΣΤΟ ΜΑΖΑΣ 99.9%)

█ ΟΜΟΙΟΣΦΑΙΡΑ  
 (ΥΨΟΣ 85 km - ΠΟΣΟΣΤΟ ΜΑΖΑΣ 99.999%)

█ ΤΡΟΠΟΣΦΑΙΡΑ, ΣΤΡΑΤΟΣΦΑΙΡΑ, ΜΕΣΟΣΦΑΙΡΑ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΣΦΑΙΡΑ  
 (ΥΨΟΣ 500 km)

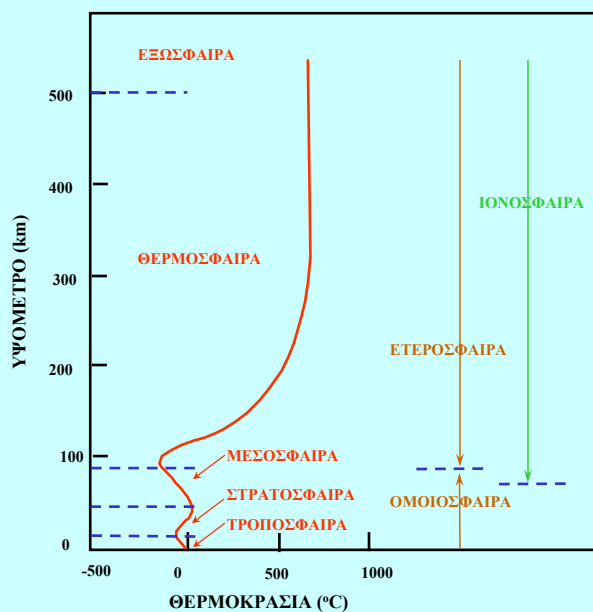
ΜΕΣΗ ΑΚΤΙΝΑ ΓΗΣ: 6370 km

ΜΑΖΑ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ:  $5.14 \cdot 10^{18}$  kg

ΜΕΣΗ ΠΙΕΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ: 988 hP

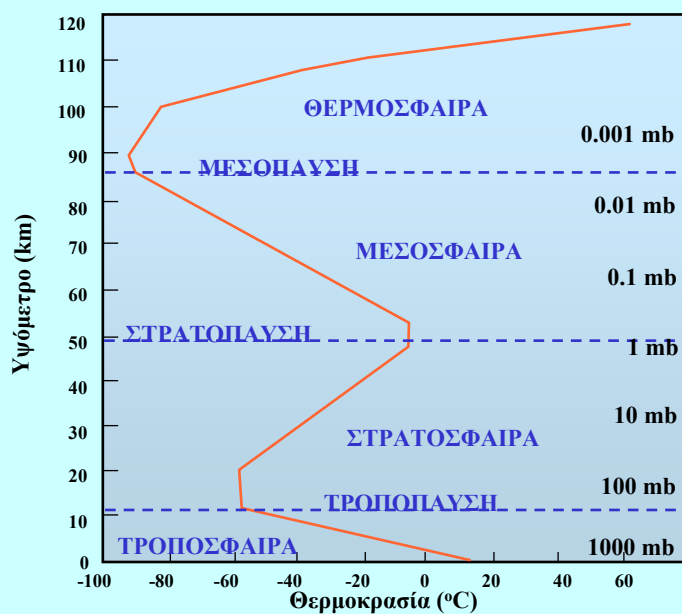
Υδρομετεωρολογία-Γενικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας, 3

## ΣΤΡΩΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ



Υδρομετεωρολογία-Γενικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας, 4

## ΣΤΡΩΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ



Υδρομετεωρολογία-Γενικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας, 5

## ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΣΤΗΝ ΟΜΟΙΟΣΦΑΙΡΑ

Στοιχεία			Ενώσεις		
Αέριο	Σύμβολο	Ποσοστό όγκου (%)	Αέριο	Σύμβολο	Ποσοστό όγκου (%)
Αζωτο	N <sub>2</sub>	78.08	Υδρατμοί	H <sub>2</sub> O	0-4
Οξυγόνο	O <sub>2</sub>	20.95	Διοξείδιο του άνθρακα	CO <sub>2</sub>	0.035
Οζόν	O <sub>3</sub>	0.000004	Μεθάνιο	C H <sub>4</sub>	0.00017
Αργόν	Ar	0.93	Οξείδιο του αζώτου	N <sub>2</sub> O	0.00003
Νέον	Ne	0.0018	Ατμοσφαιρικά αιωρήματα		0.000001
Ήλιον	He	0.0005			
Υδρογόνο	H <sub>2</sub>	0.00005	Χλωροφθοράνθρακες	CFCs	0.0000001
Ξένον	Xe	0.000009			
Κρυπτόν	Kr	0.0011			

Υδρομετεωρολογία-Γενικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας, 6

## ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

	ΕΙΣΟΔΟΣ	ΕΞΟΔΟΣ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
<b>N<sub>2</sub></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Αποσύνθεση φυτών και ζώων</li> <li>Μετατροπή οργανικών ενώσεων σε άζωτο, από αναερόβια βακτηρίδια</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Δέσμευση (fixation) από βιολογικούς μικροοργανισμούς κυρίως στο έδαφος</li> <li>Δέσμευση από κεραυνούς και άλλες διεργασίες ιονισμού στην ατμόσφαιρα</li> <li>Δέσμευση από την παραγωγή τεχνητών λιπασμάτων</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Πριν την εμφάνιση του ανθρώπου υπήρχε ισοζύγιο μεταξύ εισόδου και εξόδου του αερίου στην ατμόσφαιρα</li> <li>Στον 20<sup>ο</sup> αιώνα παρατήθηκε αύξηση της βιομηχανικής δέσμευσης αλλά και της βιολογικής (προέρχεται κυρίως από την καλλιέργεια των οσπρίων)</li> <li>Η βιομηχανική δέσμευση έχει τριπλασιαστεί τα τελευταία 30 χρόνια και η απορροή εκτάσεων στις οποίες χρησιμοποιούνται λιπάσματα, σε λίμνες, ποτάμια και θάλασσες, προκαλεί μείωση του οξυγόνου και ανάπτυξη φυκιών</li> </ul>
<b>O<sub>2</sub></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Φωτοσύνθεση</li> <li>Φωτοδιάσπαση του νερού</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Διαπνοή</li> <li>Αποσύνθεση</li> <li>Καύσεις</li> <li>Παραγωγή οξειδίων</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Είναι το περισσότερο χημικά ενεργό από τα αέρια που βρίσκονται σε αφθονία στην ατμόσφαιρα</li> <li>Σήμερα όλα τα ανόργανα γήινα υλικά είναι πλήρως οξειδωμένα και η δράση του οξυγόνου συνεχίζεται με το συνεχώς σχηματιζόμενο οργανικό υλικό</li> <li>Όλη η σημερινή ποσότητα έχει δημιουργηθεί από την κατά μέσο όρο ελαφρά υπεροχή της φωτοσύνθεσης έναντι της διαπνοής και της αποσύνθεσης. Η υπεροχή αυτή διατηρήθηκε για μεγάλο τμήμα της ιστορίας της γης και αυξήθηκε τα τελευταία λίγα εκατομμύρια έτη.</li> </ul>

*Υδρομετεωρολογία-Γενικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας, 7*

## ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

	ΕΙΣΟΔΟΣ	ΕΞΟΔΟΣ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
<b>Ar</b>	<p>Η αφθονία του στην ατμόσφαιρα οφείλεται στο ισότοπο <sup>40</sup>Ar το οποίο συσσωρεύεται σε όλη την ιστορία της γης από ραδιενεργό διάσπαση του καλλίου (<sup>40</sup>K) στο στερεό φλοιό της γης, ενώ στη συνέχεια πραγματοποιείται σταδιακή διάχυση στην επιφάνεια</p>		Είναι χημικά αδρανές και αναμεμιγμένο σε όλη την ομοιόσφαιρα.
<b>H<sub>2</sub>O</b>	Εξάτμιση	Συμπύκνωση	Η ποσότητα των υδρατμών μεταβάλλεται έντονα στο χώρο και το χρόνο δεδομένου ότι εμπλέκονται στον υδρολογικό κύκλο. Η σημερινή υδρόσφαιρα είναι 100 φορές μικρότερη από την ποσότητα των υδρατμών που έχει διοχετευθεί στην ατμόσφαιρα από τα ηφαίστεια
<b>CO<sub>2</sub></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Απελευθερώνεται από το εσωτερικό της γης</li> <li>Διαπνοή</li> <li>Εδαφικές διεργασίες</li> <li>Καύση δασών και ορυκτών καυσίμων (κάρβουνο, πετρέλαιο, φυσικό αέριο)</li> <li>Αποσύνθεση φυτών</li> <li>Ωκεάνια έκλυση</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Διάλυση στους ωκεανούς</li> <li>Κατανάλωση από φωτοσύνθεση</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Εμπλέκεται σε ένα σύνθετο παγκόσμιο κύκλο</li> <li>Ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης μεταβάλλεται σε ημερήσια και εποχική βάση, ενώ το CO<sub>2</sub> αποθηκεύεται στις ρίζες τα κλαδιά και τα φύλλα των φυτών</li> <li>Οι ωκεανοί παίζουν σημαντικό ρόλο στον κύκλο δεδομένου ότι αποτελούν μια αχανή δεξαμενή για το CO<sub>2</sub></li> </ul>

*Υδρομετεωρολογία-Γενικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας, 8*

## ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

	ΕΙΣΟΔΟΣ	ΕΞΟΔΟΣ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
<b>CH<sub>4</sub></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αναερόβιες διεργασίες βακτηριδίων σε υγρότοπους - οριζώνες (40%)</li> <li>• Πεπτικές διεργασίες των ζώων (βιοχημικές αντιδράσεις στο στομάχι)</li> <li>• Καύση βιομάζας και άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες</li> <li>• Παραγωγή στερεών καυσίμων</li> <li>• Εξόρυξη πετρελαίου και γαιάνθρακα</li> </ul>	<p>Καταστρέφεται στην τροπόσφαιρα από το υδροξύλιο <math>OH</math> που παράγεται από την χλωρίδα με βάση την αντίδραση:</p> $CH_4 + OH \rightarrow CH_3 + H_2O$	
<b>N<sub>2</sub>O</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Βιολογικοί μηχανισμοί στον ωκεανό και το έδαφος</li> <li>• Βιομηχανική καύση - αυτοκίνητα -αεροπλάνα-καύση βιομάζας</li> <li>• Αποτέλεσμα της χρήσης χημικών λιπασμάτων</li> <li>• Χημικές διαδικασίες με βακτήρια και μικρόβια στο έδαφος</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Καταστρέφεται από φωτοχημικές αντιδράσεις στη στρατόσφαιρα και παράγει οξείδια (<math>NO_x</math>)</li> <li>• Καταστρέφεται από την υπεριώδη ακτινοβολία</li> </ul>	Σχετικά αδρανές
<b>CFCs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ψυκτικά αέρια (freon) και κλιματιστικά</li> <li>• Προωθητικά αερίων</li> <li>• Διαλυτικό στον καθαρισμό ηλεκτρονικών μικροκυκλωμάτων</li> </ul>	Διασπώνται στην στρατόσφαιρα από την υπεριώδη ακτινοβολία σε μόρια χλωρίου	Προέρχονται αποκλειστικά από ανθρωπογενή δράση. Δεν υπήρχαν στην ατμόσφαιρα πριν το 1930

Υδρομετεωρολογία-Γενικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας, 9

## ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

	ΕΙΣΟΔΟΣ	ΕΞΟΔΟΣ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
<b>SO<sub>2</sub></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Φυσική οξείδωση ενώσεων του θείου, οι οποίες προέρχονται από βιολογικές λειτουργίες των οργανισμών</li> <li>• Καύση γαιάνθρακα και πετρελαίων, πλούσιων σε θείο</li> <li>• Τήξη των θειούχων μεταλλευμάτων</li> </ul>		Είναι ένα από τα πιο καταστροφικά αέρια της ατμόσφαιρας για τους ζωντανούς οργανισμούς. Όταν η συγκέντρωση ξεπεράσει την κανονική προκαλείται ερεθισμός και καταστροφή των ιστών των φυτών και των ζώων. Στις πόλεις όπου καταγράφονται συγκεντρώσεις πάνω από 1 ppm η εισπνοή του είναι η μεγαλύτερη αιτία καταστροφής των πνευμόνων (μετά το κάπνισμα). Ακόμη έχει παρατηρηθεί στο παρελθόν πλήρης καταστροφή της βλάστησης γύρω από βιομηχανίες, ιδιαίτερα όταν ο εξερισμός της περιοχής δεν ήταν επαρκής
<b>O<sub>3</sub></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ένωση μοριακού με ατομικό οξυγόνο</li> <li>• Ανθρώπινες δραστηριότητες (καυσεις)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Φωτοδιάσπαση από την απορρόφηση της υπεριώδους ακτινοβολίας</li> <li>• Καταστροφή από φωτοχημικές αντιδράσεις με οξείδια του αζώτου και χλώριο στη μέση και ανώτερη στρατόσφαιρα .</li> <li>• Ένωση με άλλα αέρια ή με άλλα μόρια όζοντος.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Στην επιφάνεια είναι το κύριο συστατικό της αθαλομίχλης (smog), αλλά η πλειονότητα (97%) βρίσκεται στην στρατόσφαιρα</li> <li>• Η μείωσή του θα είναι υπεύθυνη για αύξηση των καρκίνων του δέρματος, θα έχει αρνητική επίδραση στα φυτά και στα ζώα, ενώ μπορεί να προκαλέσει πτώση της θερμοκρασίας της στρατόσφαιρας με συνέπεια την κλιματική αλλαγή</li> <li>• Φαίνεται ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες ανεβάζουν τη συγκέντρωση του όζοντος</li> </ul>

Υδρομετεωρολογία-Γενικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας, 10

## ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΑ ΑΙΩΡΗΜΑΤΑ - AEROSOLS

Είναι τα υγρά και στερεά σωματίδια που βρίσκονται σε πολύ μεγάλο αριθμό στην κατώτερη ατμόσφαιρα. Είναι πολύ μικρά (ακτίνα  $10^{-3}$  -  $10 \mu\text{m}$ ) και πέφτουν αργά ώστε να θεωρηθούν κατακρήμνιση. Τα μεγαλύτερα είναι συγκρίσιμα με σταγόνες νεφών αλλά διακρίνονται γιατί περιέχουν μεγαλύτερη αναλογία στερεών η διαλυμένων υλικών.

- Με ακτίνα  $< 0.1 \mu\text{m}$  ονομάζονται **πυρήνες του Aitken (Aitken nuclei)** από τον Σκότο Aitken που πρώτος τα μέτρησε. Αποτελούν τη κύρια ποσότητα για την συμπύκνωση των σταγόνων στα νέφη. Αριθμητικά είναι τα περισσότερα αλλά περιλαμβάνουν το 1/5 της συνολικής μάζας.
- Με ακτίνα  $0.1-1.0 \mu\text{m}$  ονομάζονται **μεγάλοι πυρήνες (large nuclei)**. Είναι δέκα φορές λιγότερα από τα προηγούμενα αλλά περιλαμβάνουν το μισό της συνολικής μάζας.
- Με ακτίνα  $> 1 \mu\text{m}$  ονομάζονται **γιγάντιοι πυρήνες (giant nuclei)**. Αν και αριθμητικά πολύ λίγοι (σπάνια υπερβαίνουν 1000/λίτρο) περιλαμβάνουν μεγάλο μέρος της συνολικής μάζας.

Υδρομετεωρολογία-Γενικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας, 11

## ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΑ ΑΙΩΡΗΜΑΤΑ - AEROSOLS

ΕΙΣΟΔΟΣ	ΕΞΟΔΟΣ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Φυσικές και τεχνητές καύσεις (Aitken, μεγάλοι, γιγάντιοι)</li> <li>• Ηφαίστεια (Aitken, μεγάλοι, γιγάντιοι)</li> <li>• Μετατροπές αερίων σε σωματίδια, όταν τα αέρια προέρχονται από το μεταβολισμό και την αποσύνθεση ζωντανών οργανισμών (Aitken, μεγάλοι, γιγάντιοι)</li> <li>• Ένωση μικρότερων πυρήνων (μεγάλοι, γιγάντιοι)</li> <li>• Εισροή σωματιδίων αλατιού όταν οι φυσαλίδες σπάνε στην επιφάνεια της θάλασσας (μεγάλοι, γιγάντιοι)</li> <li>• Άνοδος σκόνης από τον αέρα στην έρημο (γιγάντιοι)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ενώνονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν μεγαλύτερα σωματίδια, όταν μεταφέρονται μακριά από τις περιοχές παραγωγής (Aitken)</li> <li>• Παρασύρονται από τους υδρατμούς για να σχηματίσουν νεφοσταγονίδια (Aitken)</li> <li>• Απομακρύνονται με τον σχηματισμό των νεφών (μεγάλοι)</li> <li>• Παρασύρονται από τη βροχή (γιγάντιοι)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μεγάλες συγκεντρώσεις των μεγάλων πυρήνων είναι υπεύθυνες για την διάχυση του ηλιακού φωτός και την δημιουργία της ξηράς αχλούς (dry haze) όταν επικρατούν αντικυκλώνες</li> <li>• Τα σωματίδια παίζουν σημαντικό ρόλο στη δημιουργία των νεφών, στην ορατότητα, και σε ορισμένες χημικές διαδικασίες στην τροπόσφαιρα. Ακόμη η διάχυση τους στη στρατόσφαιρα παίζει σημαντικό ρόλο στην εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία</li> <li>• Χωρίς τα aerosols η θερμοκρασία τον 20<sup>ο</sup> αιώνα θα ανέβαινε 20% ακόμη. Ίσως σε αυτά να οφείλεται η πτώση θερμοκρασίας κατά την περίοδο 1949-1970, ενώ μετά το 1970 το CO<sub>2</sub> και το CH<sub>4</sub> με μεγαλύτερο χρόνο ζωής συντέλεσαν ώστε να ξανανεβεί η θερμοκρασία</li> </ul>

Υδρομετεωρολογία-Γενικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας, 12

**ΕΙΔΙΚΟΤΕΡΑ ΘΕΜΑΤΑ**  
**ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΞΥΓΟΝΟΥ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ**

**1. Φωτοσύνθεση (photosynthesis)**



Με την παραπάνω διαδικασία η παραγωγή οξυγόνου συνδέεται και με βιολογικές διεργασίες, δεδομένου ότι το μονομερές  $\{CH_2O\}$  που παράγεται είναι η βασική δομική μονάδα για τα μόρια υδατανθράκων, που σχηματίζουν τα κύτταρα των φυτών. Το νερό και το  $CO_2$  που χρειάζονται για τη φωτοσύνθεση υπάρχουν άφθονα στις θάλασσες (50 φορές περισσότερο  $CO_2$  από ότι στην ατμόσφαιρα σε διαλυμένη μορφή) αν και οι μικρές ποσότητες στον αέρα είναι πολύ σημαντικές για το κομμάτι της βιόσφαιρας στην ξηρά. Χρησιμοποιώντας αυτά τα αποθέματα και το ηλιακό φως η ζωή δημιουργεί το απόθεμα οξυγόνου από το οποίο τώρα εξαρτάται

**2. Φωτοδιάσπαση του νερού (photodissociation)**



Ο ρόλος της φωτοδιάσπασης ερευνάται. Υπάρχει αβεβαιότητα σχετικά με το ρυθμό της αντίδρασης ο οποίος εξαρτάται από τον ρυθμό άλλων ανταγωνιστικών φωτοχημικών αντιδράσεων στην ίδια υπεριώδη ακτινοβολία. Ακόμη ο ρυθμός παραγωγής του οξυγόνου εξαρτάται από τον ρυθμό διαφυγής του υδρογόνου στην ατμόσφαιρα. Αν ο ρυθμός διαφυγής είναι μικρός τότε το οξυγόνο ενώνεται πάλι με το υδρογόνο για να σχηματίσει νερό

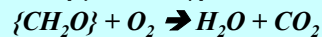
Υδρομετεωρολογία-Γενικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας, 13

**ΕΙΔΙΚΟΤΕΡΑ ΘΕΜΑΤΑ**

**ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΟΞΥΓΟΝΟΥ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ**

- 1. Αναπνοή (respiration).** Διαδικασία με την οποία ζωντανοί οργανισμοί παράγουν ενέργεια με υψηλά ρυθμιζόμενη οξειδωση της τροφής
- 2. Αποσύνθεση (decay).** Διαδικασία όπου βακτήρια αντιδρούν στα πτώματα των νεκρών οργανισμών
- 3. Καύση ορυκτών καυσίμων (combustion of fossil fuels).** Το οξυγόνο καταναλώνεται από όλες τις καύσεις (φωτιές δασών, γαιάνθρακας, πετρέλαιο). Με τους σημερινούς ρυθμούς καύσης ο άνθρωπος καταναλώνει σε ένα χρόνο το οξυγόνο που παράχθηκε με φωτοσύνθεση σε 1000 χρόνια

*Οι τρεις παραπάνω διεργασίες εκφράζονται από την αντίδραση:*



- 4. Διάφορες οξειδώσεις (oxidation).** Από το καθαρό οξυγόνο που έχει παραχθεί από τα φυτά (φωτοσύνθεση μείον αποσύνθεση), στην ιστορία της γης, μόνο το 10% είναι τώρα αποθηκευμένο στην ατμόσφαιρα. Το περισσότερο μετατράπηκε σε διάφορα οξείδια ( $Fe_2O_3$ ) και ενώσεις του άνθρακα ( $CaCO_3$ ,  $MgCO_3$ ) στην επιφάνεια της γης. Σημειώνεται ότι η παραγωγή των ενώσεων του άνθρακα είναι από τις κύριες αιτίες μείωσης του διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο έχει απελευθερωθεί από τα ηφαίστεια σε όλη την χρονική εξέλιξη της ατμόσφαιρας

Υδρομετεωρολογία-Γενικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας, 14

### ΕΙΔΙΚΟΤΕΡΑ ΘΕΜΑΤΑ ΟΞΙΝΗ ΒΡΟΧΗ - ACID RAIN

- Η καύση καυσίμων που περιέχουν θείο απελευθερώνει το άχρωμο διοξείδιο του θείου στον αέρα
- Στη συνέχεια το  $SO_2$  οξειδώνεται σε  $SO_3$  το οποίο ενυδατώνεται (hydrated) (όταν η ατμόσφαιρα είναι αρκετά υγρή) σε  $H_2SO_4$  στις σταγόνες των νεφών, διατηρώντας οξύτητα μακριά από την κανονική ( $PH=5.6$ )
- Σαν αποτέλεσμα πραγματοποιείται η όξινη βροχή κοντά σε βιομηχανικές περιοχές, η οποία οξειδώνει μέταλλα, προκαλεί ζημιές στα εδάφη μεγάλων περιοχών, στη βλάστηση (ειδικά στα δέντρα), στα ποτάμια και τις λίμνες
- Το φαινόμενο της όξινης βροχής διερευνάται και πιστεύεται πως εμπλέκονται και άλλα οξείδια όπως αυτά του αζώτου

Υδρομετεωρολογία-Γενικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας, 15

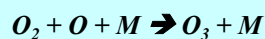
### ΕΙΔΙΚΟΤΕΡΑ ΘΕΜΑΤΑ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΟΞΥΓΟΝΟΥ - ΟΖΟΝΤΟΣ

#### 1. Φωτοδιάσπαση του οξυγόνου



Η αντίδραση διατηρεί πάνω από το 50% των ατόμων και μορίων οξυγόνου (στο επίπεδο πάνω από τα 120 km). Το ατομικό οξυγόνο που παράγεται με αυτήν την αντίδραση είναι το κύριο συστατικό της ατμόσφαιρας σε ύψη μεγαλύτερα των 100 km. Το ποσοστό ατομικού οξυγόνου είναι πολύ χαμηλό στη στρατόσφαιρα και σχεδόν μηδενικό πιο χαμηλά. Απορροφά υπεριώδη την ακτινοβολία (0.1-0.2  $\mu m$ ) και επιδρά στη θέρμανση της θερμόσφαιρας

#### 2. Σχηματισμός όζοντος



Το M είναι ένα τρίτο μόριο οποιουδήποτε αερίου που θα πρέπει να μεταφέρει την θερμότητα που απελευθερώνεται από την αντίδραση

Υδρομετεωρολογία-Γενικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας, 16



## ΕΙΔΙΚΟΤΕΡΑ ΘΕΜΑΤΑ

### ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ ΟΖΟΝΤΟΣ

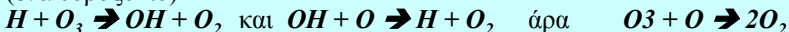
#### 1. Φωτοδιάσπαση του όζοντος



Το όζον είναι ισχυρός απορροφητής της υπεριώδους ακτινοβολίας (0.2-0.3 μm) διαμέσου της φωτοδιάσπασης

#### 2. Διάσπαση του όζοντος

Περικλείει μια επανασύνδεση με το ατομικό οξυγόνο με τη βοήθεια καταλύτη (ένα υδροξύλιο)

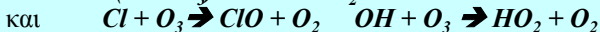
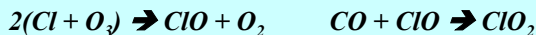


Τα άτομα υδρογόνου και τα υδροξύλια προέρχονται από υδρατμούς, μοριακό οξυγόνο και μεθάνιο

#### 3. Αντίδραση με χλώριο και οξείδια του αζώτου

Στη στρατόσφαιρα το όζον καταστρέφεται από οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>, NO, NO<sub>2</sub>) και ρίζες χλωρίου (Cl, ClO). Τα πρώτα προέρχονται από το N<sub>2</sub>O και τα δεύτερα από τους χλωροφθοράνθρακες. Και τα δύο αέρια μεταφέρονται στη στρατόσφαιρα όπου το πρώτο οξειδώνεται, ενώ οι δεύτεροι από την υπεριώδη γίνονται ρίζες χλωρίου

Κατόπιν



και οι δύο αντιδράσεις οδηγούν στην αφαίρεση του όζοντος και του ατομικού οξυγόνου

Υδρομετεωρολογία-Γενικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας, 17

## ΜΙΑ ΠΙΘΑΝΗ\* ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

1. Δημιουργία της γης. Η αρχική ατμόσφαιρα αποτελείται από υδρογόνο, ήλιο (τα δύο πιο διαδεδομένα αέρια στο σύμπαν), παράγωγα του υδρογόνου (μεθάνιο, αμμωνία), οξυγόνο, άζωτο, άνθρακα, καθώς και ίχνη από βαρύτερα στοιχεία.

3. Η αρχικά γρήγορη εκπομπή των αερίων σχεδόν ολοκληρώνεται. Τα αέρια περιλαμβάνουν υδρατμούς, υδρογόνο, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, υδροχλώριο και μοριακό άζωτο.

5. Το ατμοσφαιρικό CO<sub>2</sub> έχει μειωθεί σημαντικά λόγω της διάλυσής του στους ωκεανούς και την παγίδευσή του στο φλοιό της γης και τον ανώτερο μανδύα, μέσα από χημικές και βιολογικές διεργασίες σε ανθρακικούς σχηματισμούς (όπως οι ασβεστόλιθοι).

2. Η πρώτη ατμόσφαιρα διέφυγε στο διάστημα λόγω της βίαιης δραστηριότητας του νεαρού ηλιακού συστήματος ή της μεγάλης θερμοκρασίας της γης. Πιθανή δημιουργία δεύτερης ατμόσφαιρας με την εκπομπή αερίων από το εσωτερικό της γης (ηφαιστειακή δραστηριότητα).

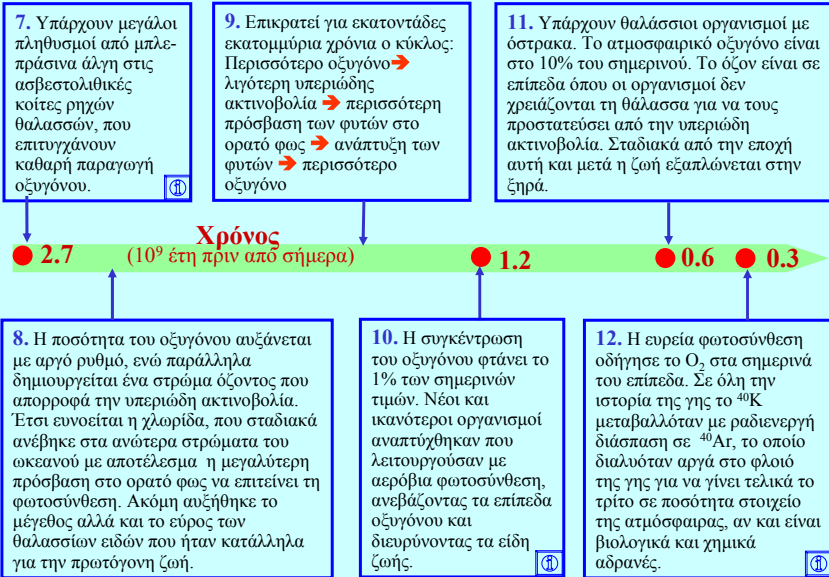
4. Σταδιακά με την πάροδο εκατοντάδων εκατομμυρίων ετών η γη κρύωσε και οι υδρατμοί συμπυκνώθηκαν δημιουργώντας σύννεφα και συνεχείς βροχοπτώσεις για χιλιάδες χρόνια που δημιούργησαν αρχαίους ωκεανούς, ποτάμια και λίμνες. Τα ελαφρά μόρια του υδρογόνου απέδρασαν από το πεδίο βαρύτητας αφήνοντας τη ατμόσφαιρα να κυριαρχείται από CO<sub>2</sub> και N<sub>2</sub>.

6. Από αυτή την εποχή και μετά υπάρχουν αποδείξεις (απολιθώματα), για την ύπαρξη μονοκυτταρικών βακτηριδίων, ικανών για περιορισμένη αναερόβια φωτοσύνθεση.

\* Η γνώση που σχετίζεται με την εξέλιξη της ατμόσφαιρας είναι σχετικά περιορισμένη, δεδομένου ότι οι χρονικές περιόδους στις οποίες δημιουργήθηκε και εξελίχθηκε η γήινη ατμόσφαιρα, χωρίζονται με το παρόν από μια **χρονική άβυσσο**. Έτσι στη συνέχεια παρουσιάζονται οι υποθέσεις εκείνες που έχουν γενικότερη αποδοχή από την επιστημονική κοινότητα, και που φαίνεται να τεκμηριώνονται από ορισμένες ενδείξεις

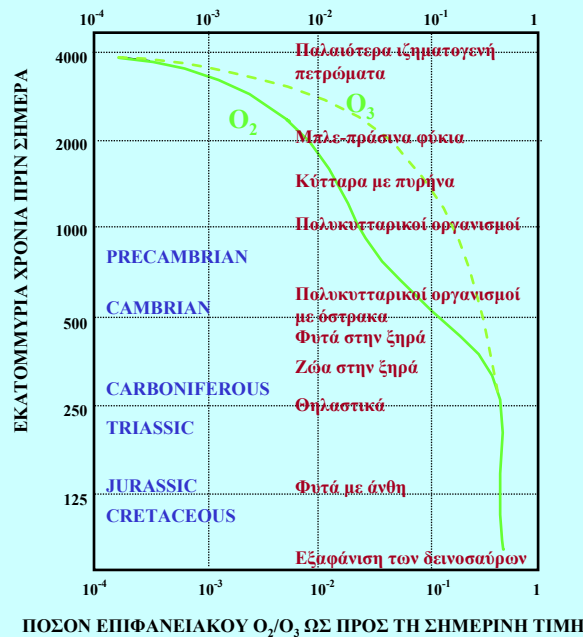
Υδρομετεωρολογία-Γενικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας, 18

## ΜΙΑ ΠΙΘΑΝΗ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ (συνέχεια)



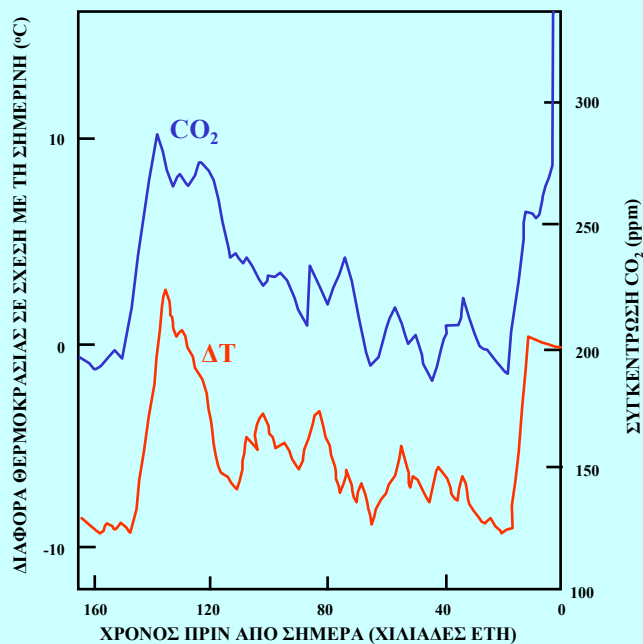
Υδρομετεωρολογία-Γενικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας, 19

## ΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΟΞΥΓΟΝΟΥ- ΟΖΟΝΤΟΣ



Υδρομετεωρολογία-Γενικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας, 20

## ΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ



Υδρομετεωρολογία-Γενικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας, 21

## ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΜΕ ΤΟ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΠΟΧΗ

### ΟΖΟΝ

Η περιεκτικότητα σε όζον είναι χαμηλή στον ισημερινό και υψηλή κοντά στους πόλους την άνοιξη κάθε ημισφαιρίου. Εάν η κατανομή οφείλονταν μόνο στις φωτοχημικές αντιδράσεις το μέγιστο θα έπρεπε να συμβαίνει τον Ιούνιο κοντά στον Ισημερινό. Η υπάρχουσα κατανομή αποδίδεται σε μεταφορά που γίνεται το χειμώνα από τα χαμηλά πλάτη (ύψος 30-40 km) στα υψηλά πλάτη (ύψος 20-25 km). Εδώ το όζον συγκεντρώνεται κατά την πολική νύκτα και πραγματοποιούνται υψηλές συγκεντρώσεις κατά την άνοιξη. Το είδος της κυκλοφορίας που ευθύνεται για αυτή την μεταφορά είναι ακόμη άγνωστο. Το ανοιξιάτικο – πλούσιο σε όζον – στρώμα διαταράχτηκε από την τρύπα του όζοντος πάνω από την Ανταρκτική

### ΥΔΡΑΤΜΟΙ

Δεδομένου ότι εξαρτάται από τη θερμοκρασία, συνήθως η συγκέντρωση των υδρατμών είναι μεγαλύτερη στα χαμηλά πλάτη το καλοκαίρι. Βέβαια υπάρχουν πολλές εξαιρέσεις στον κανόνα αυτό όπως για παράδειγμα οι μεγάλες έρημοι

### ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

Το CO<sub>2</sub> έχει μεγάλη εποχιακή μεταβολή στα υψηλά πλάτη του βορείου ημισφαιρίου, η οποία συνδέεται με τη φωτοσύνθεση και τη σήψη της βιόσφαιρας

Υδρομετεωρολογία-Γενικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας, 22

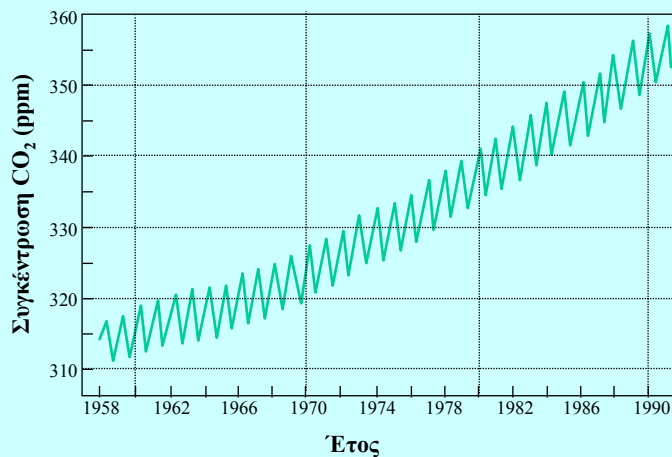
### ΠΡΟΣΦΑΤΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ

Αέριο	Συγκέντρωση (1750)*	Συγκέντρωση (2004)	Επίδραση στην αύξηση της ακτινοβολίας (W/m <sup>2</sup> )	Αιτίες μεταβολής
CO <sub>2</sub>	280 ppm	377.3 ppm	1.66	Καύσεις
CH <sub>4</sub>	688 ppb	1730 ppb	0.5	Ορυζώνες, αγελάδες, σκουπιδότοποι
N <sub>2</sub> O	270 ppb	319 ppb	0.16	Λιπάσματα, καύσεις, μικρόβια
Τροποσφαιρικό O <sub>3</sub>	25 ppb	34 ppb	0.35	Φωτοχημικές αντιδράσεις
CFC-11	0	253 ppt	0.34	Φρέον (από 1930)
CFC-12	0	545 ppt		Φρέον (από 1930)
CCl <sub>4</sub>	0	93 ppt		
CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub>	0	23 ppt		
HCFC-22	0	174 ppt		
HFC-23	0	14 ppt		
C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	0	3 ppt		
SF <sub>6</sub>	0	5.22 ppt		0.002
SF <sub>5</sub> CF <sub>3</sub>	0	0.12 ppt	< 0.0001	

\* Τα μεγέθη του 1750 προσδιορίζονται κύρια από μετρήσεις φουαλίδων αέρα οι οποίες παγιδεύτηκαν σε πυρήνες πάγου, όπως συσσωρεύονταν το χιόνι στις πολικές περιοχές

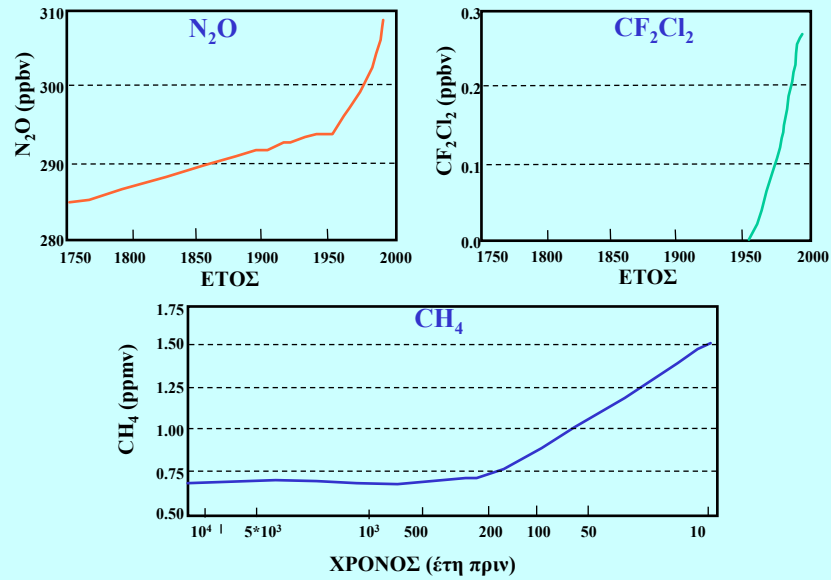
Υδρομετεωρολογία-Γενικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας, 23

### ΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (από το 1960 στη θέση Mauna Loa, Hawaii)



Υδρομετεωρολογία-Γενικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας, 24

### ΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ $N_2O$ , $CF_2Cl_2$ , $CH_4$



Υδρομετεωρολογία-Γενικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας, 25

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γραμματικάκης, Γ., *Η κόμη της Βερενίκης*, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης, 1992
- Κουτσογιάννης, Δ. και Θ. Ξανθόπουλος, *Τεχνική Υδρολογία*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1997
- Ahrens, C. D., *Essentials of Meteorology, An Invitation to the Atmosphere*, West Publishing, Minneapolis, 1993
- Barry, R.G, and R.J. Chorley, *Atmosphere, weather and climate*, Routledge, New York, 1992
- McIlveen, R., *Fundamentals of Weather and Climate*, Chapman, 1992
- Wallace, J. M., and P. V. Hobbs, *Atmospheric Science, An Introductory Survey*, Academic Press, San Diego, Ca., 1977

Υδρομετεωρολογία-Γενικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας, 26