

Image credit: William Putman, NASA/Goddard

Η ατμοσφαιρική ρύπανση

Χριστίνα Κ. Χρόνη



1

- Η φύση της ατμόσφαιρας

2

- Η ρύπανση της ατμόσφαιρας

3

- Οι κυριότεροι ρύποι

4

- Προβλήματα που σχετίζονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση

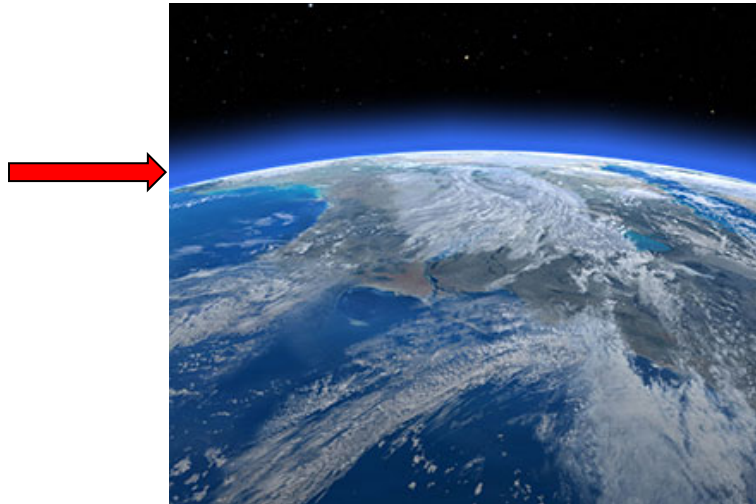
5

- Τι μέτρα λαμβάνονται σε παγκόσμιο επίπεδο

Ατμόσφαιρα

Ατμόσφαιρα

ονομάζεται το *λεπτό** στρώμα αερίων που περιβάλλουν τη Γη



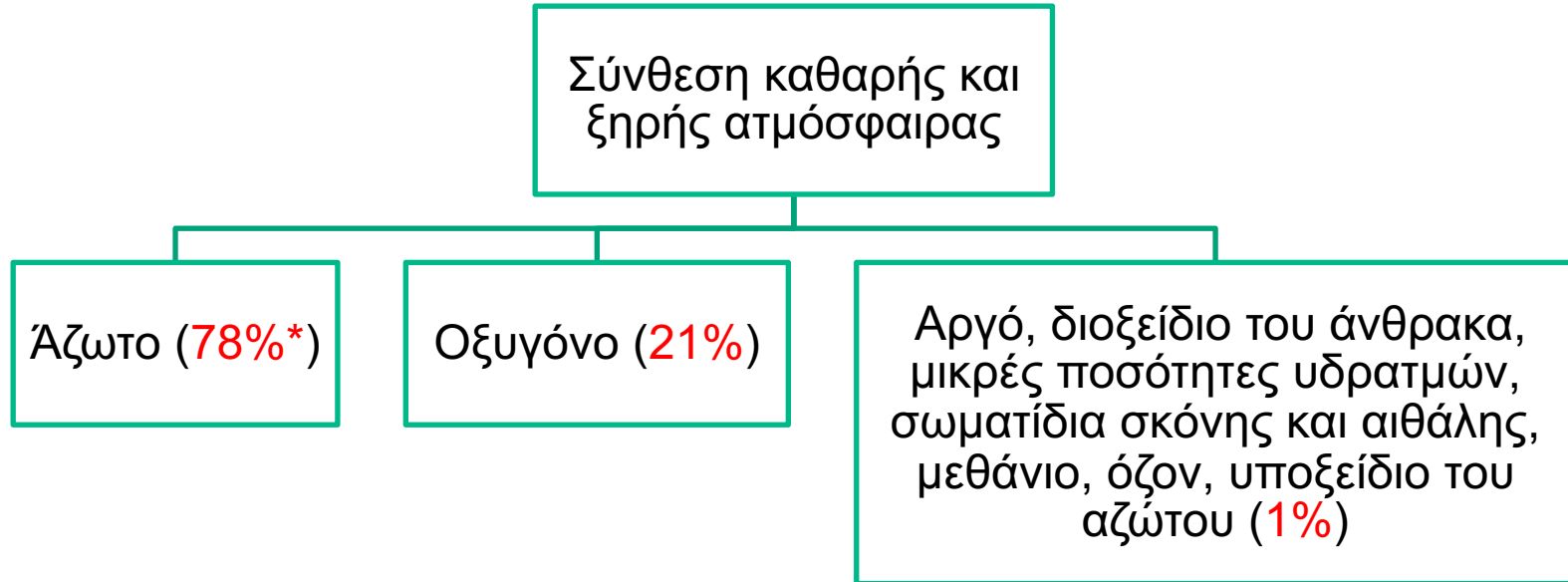
* Η διάμετρος της Γης είναι 12.756 Km (μεγάλος άξονας έλλειψης). Η ατμόσφαιρα υπολογίζεται περίπου 100 - 120 Km.

Ατμόσφαιρα

Η **σύνθεση** της ατμόσφαιρας μέχρι τα 80 έως 100 km παραμένει σχεδόν αμετάβλητη.

Η **πυκνότητά της** μειώνεται με το ύψος (π.χ. στην κορυφή του Έβερεστ, δηλ. στα 8,8 km, η πυκνότητα είναι περίπου το 1/3 της πυκνότητας που έχει ή ατμόσφαιρα στο επίπεδο της θάλασσας και η αναπνοή είναι εξαιρετικά δύσκολη).

Ατμόσφαιρα



Υπό κανονικές συνθήκες, υπάρχουν επιπλέον τουλάχιστον 40 «ιχνοαέρια» (π.χ. όζον, ήλιου, διοξείδιο του θείου), αλλά και **αερολύματα** (μικροσκοπικά υγρά και στερεά σωματίδια, όπως σκόνη, σωματίδια άνθρακα, γύρη, θαλάσσια άλατα και μικροοργανισμοί).

Ατμόσφαιρα

Η **ατμόσφαιρα** αποτελεί το στρώμα που προστατεύει και συντηρεί τη ζωή στη Γη, καθώς:

- ✓ είναι το βασικό τμήμα του **υδρολογικού κύκλου** (μεταφέρει το νερό από τους ωκεανούς στα εδάφη και τους χερσαίους ταμιευτήρες νερού).
- ✓ Απορροφά μεγάλο μέρος των **κοσμικών ακτίνων** και προστατεύει τους οργανισμούς από τις επιπτώσεις τους.
 - ✓ Εμποδίζει να αγγίξει τη γη η υπεριώδης ακτινοβολία,
 - ✓ Απορροφά ξανά μεγάλο ποσοστό της υπέρυθρης, η οποία εκπέμπεται από την επιφάνεια της γης,
 - ✓ Απορροφά μεγάλο μέρος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τον Ήλιο
- ✓ **Σταθεροποιεί τη θερμοκρασία** της βιόσφαιρας.

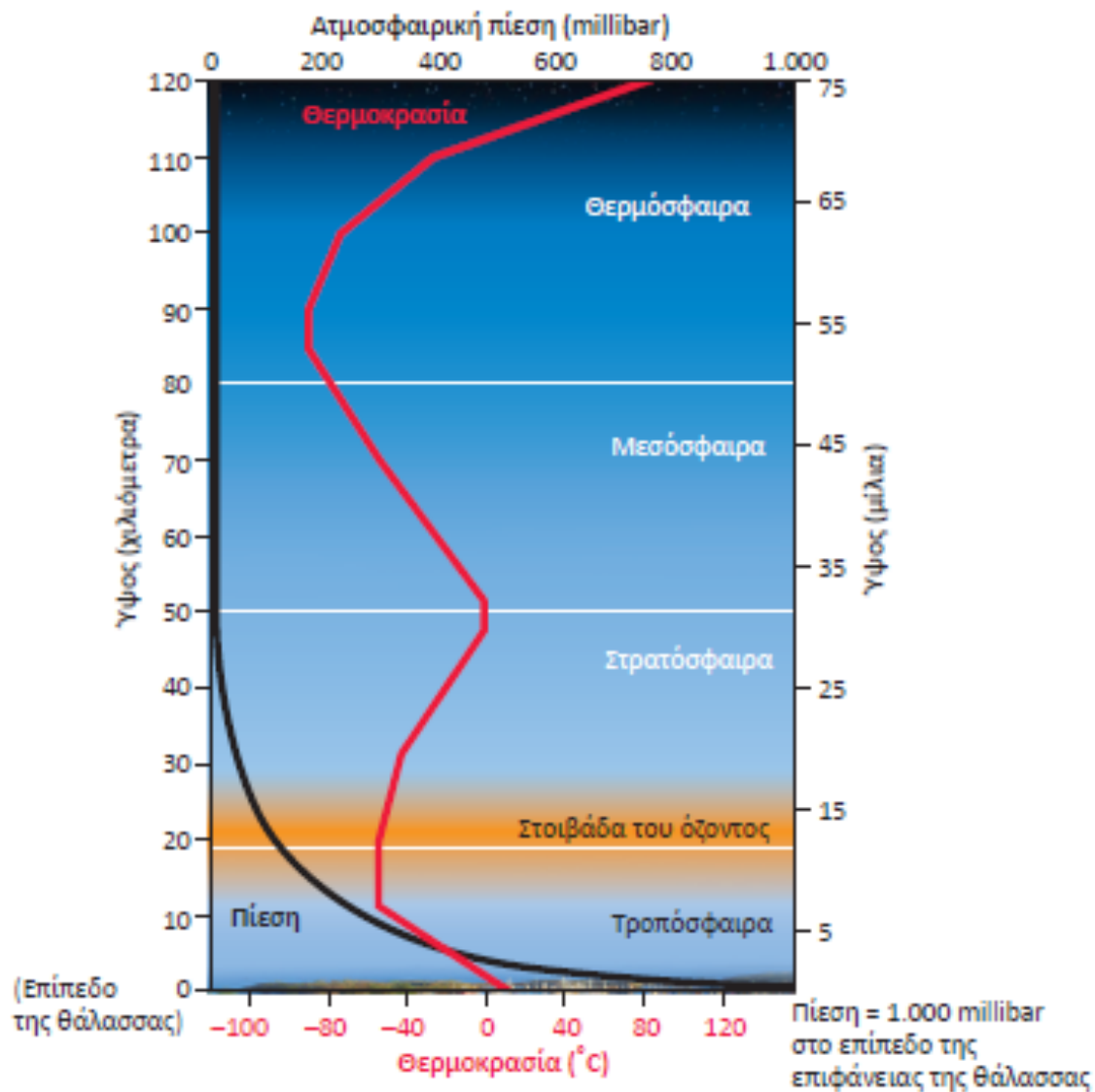


Η ατμόσφαιρα υποδιαιρείται σε 4 στρώματα (με τη σειρά που συναντώνται από τη Γη προς το διάστημα):

1. Την τροπόσφαιρα
2. Τη στρατόσφαιρα:
3. Τη μεσόσφαιρα
4. Τη θερμόσφαιρα

Ατμόσφαιρα

Οι στοιβάδες διακρίνονται με βάση τις ακτινοβολίες που απορροφούν και την κατανομή της μέσης θερμοκρασίας (κατακόρυφα)



Στοιχεία της τροπόσφαιρας και της στρατόσφαιρας

Τροπόσφαιρα



Φαινόμενο
του
Θερμοκηπίου

Στρατόσφαιρα

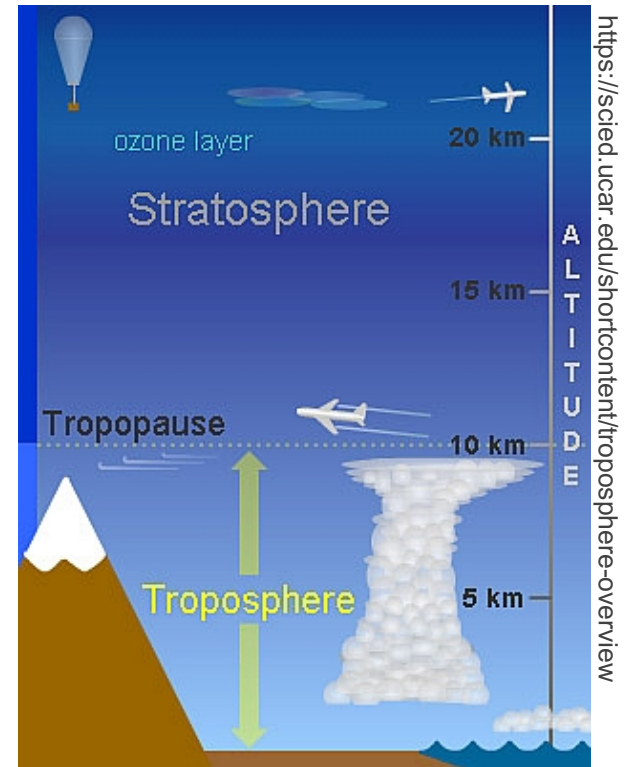


Στοιβάδα του
όζοντος

Τροπόσφαιρα

Η **τροπόσφαιρα** εκτείνεται περίπου 17 km πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας στον ισημερινό ή 6 km πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας στους πόλους.

Τα καιρικά φαινόμενα, οι υδρατμοί, οι ανθρώπινες δραστηριότητες και κατ'έπείταση οι εκπομπές των ατμοσφαιρικών ρύπων, λαμβάνουν χώρα στο κατώτερο στρώμα της ατμόσφαιρας, στην τροπόσφαιρα.



<https://scied.ucar.edu/shortcontent/troposphere-overview>

Στη νομοθεσία, ως ατμοσφαιρικός αέρας νοείται ο αέρας της τροπόσφαιρας στους εξωτερικούς χώρους – εξαιρείται ο αέρας στους χώρους εργασίας.

Τροπόσφαιρα

Τα ανοδικά και καθοδικά ρεύματα αέρα, οι άνεμοι και οι συγκεντρώσεις του CO₂ και των άλλων αερίων του θερμοκηπίου στην τροπόσφαιρα διαδραματίζουν μείζονα ρόλο, **βραχυπρόθεσμα στον καιρό και μακροπρόθεσμα στο κλίμα.**

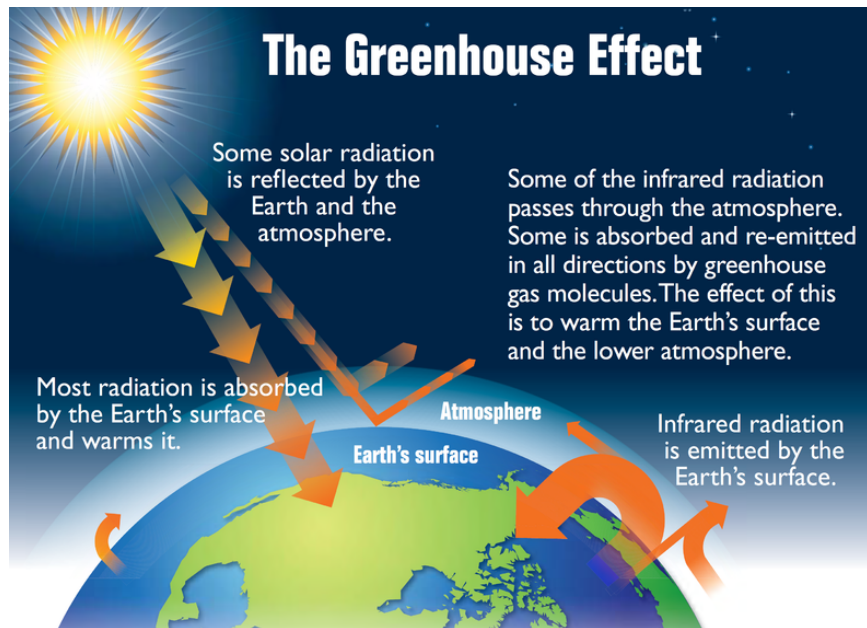
Ο καιρός συνίσταται σε βραχυπρόθεσμες μεταβολές στις ατμοσφαιρικές μεταβλητές, όπως η θερμοκρασία, οι κατακρημνίσεις, ο άνεμος και η βαρομετρική πίεση σε μια δεδομένη περιοχή για μια **περίοδο της τάξης των ωρών ή των ημερών**

Το **κλίμα** καθορίζεται από τις μέσες καιρικές συνθήκες της Γης ή μιας συγκεκριμένης περιοχής, ιδιαίτερα της θερμοκρασίας και των κατακρημνισμάτων, σε **περιόδους τουλάχιστον τριών δεκαετιών έως χιλιάδων ετών**

Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου (με πολύ λίγα λόγια*)

Η ενέργεια του Ήλιου εισχωρεί στην ατμόσφαιρα με τη μορφή φωτεινών κυμάτων και θερμαίνει τη Γη. Ένα ποσοστό της ενέργειας αυτής ζεσταίνει τον πλανήτη και κατόπιν επιστρέφει στο διάστημα με τη μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας.

Μέρος αυτής της υπέρυθρης ακτινοβολίας διαπερνά την ατμόσφαιρα, αλλά το μεγαλύτερο απορροφάται από τα αέρια του θερμοκηπίου και τα νέφη, και ακτινοβολείται προς κάθε κατεύθυνση. Έτσι, η επιφάνεια της Γης και η κατώτερη ατμόσφαιρα θερμαίνεται.



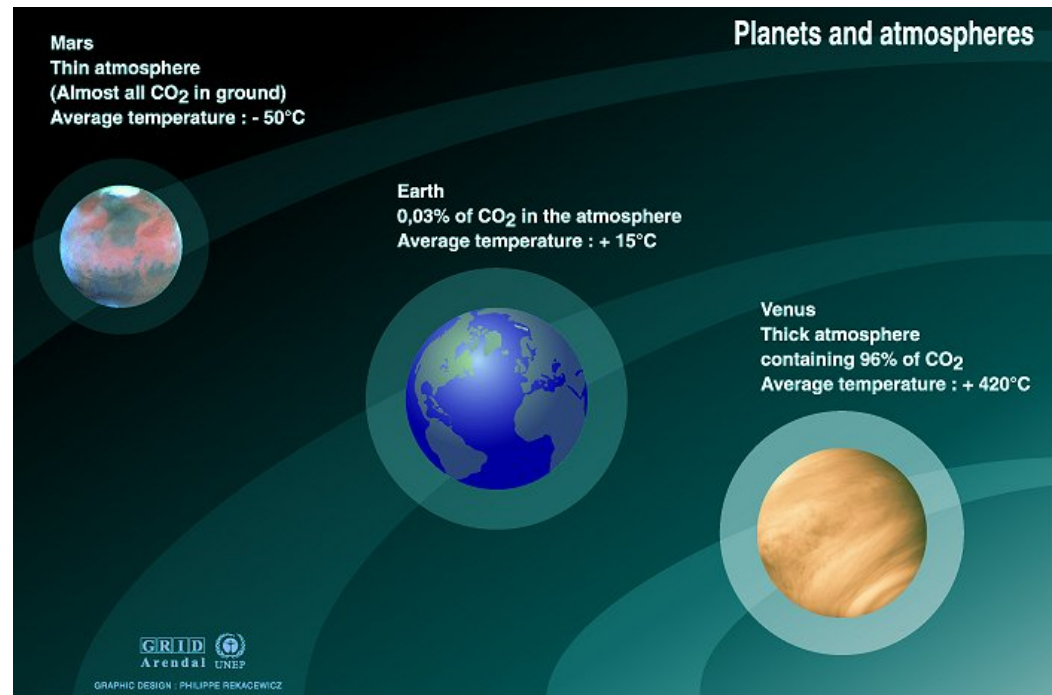
* Τα πολλά θα ειπωθούν στη διάλεξη για την Κλιματική Αλλαγή

Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου (με πολύ λίγα λόγια)

Στον **Άρη**, η ατμόσφαιρα είναι τόσο αραιή (και η συγκέντρωση των Αερίων του Θερμοκηπίου τόσο χαμηλή), που οι ακτινοβολίες δραπέτεύουν στο διάστημα και οι τιμές της θερμοκρασίας είναι χαμηλές.

Στην **Αφροδίτη**, η ατμόσφαιρα είναι τόσο πυκνή (και η συγκέντρωση των Αερίων του Θερμοκηπίου τόσο υψηλή), που οι ακτινοβολίες παραμένουν και οι τιμές της θερμοκρασίας είναι υψηλές.

Στη **Γη** είχε επιτευχθεί η χρυσή τομή για τη συντήρηση της ζωής. Το **Φαινόμενο του Θερμοκηπίου** είναι απαραίτητο για την εμφάνιση ζωής (όπως την ξέρουμε).



Sources: Calvin J. Hamilton, Views of the solar system, www.planetscapes.com; Bill Arnett, The nine planets, a multimedia tour of the solar system, www.seeds.org/billa/tnp/nineplanets.html

UNEP/GRID-Arendal: Vital Climate Graphics, 2001

Στρατόσφαιρα

Εκτείνεται σε απόσταση 17 έως 48 km από την επιφάνεια της Γης.

Παρότι η πυκνότητα της στρατόσφαιρας είναι πιο μικρή από εκείνη της τροπόσφαιρας, η σύνθεσή της είναι παρόμοια, με δύο αξιοσημείωτες εξαιρέσεις:

- ο όγκος των **υδρατμών** είναι περίπου το ένα χιλιοστό του όγκου που καταλαμβάνουν στην τροπόσφαιρα και
- η συγκέντρωση του όζοντος (O_3) είναι πολύ υψηλότερη (**στοιβάδα του όζοντος**).



Στρατόσφαιρα

Μεγάλο μέρος της μικρής ποσότητας όζοντος (O₃) της ατμόσφαιρας συγκεντρώνεται σε ένα τμήμα της στρατόσφαιρας που ονομάζεται **στοιβάδα του όζοντος** και βρίσκεται περίπου 17-26 km πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας.

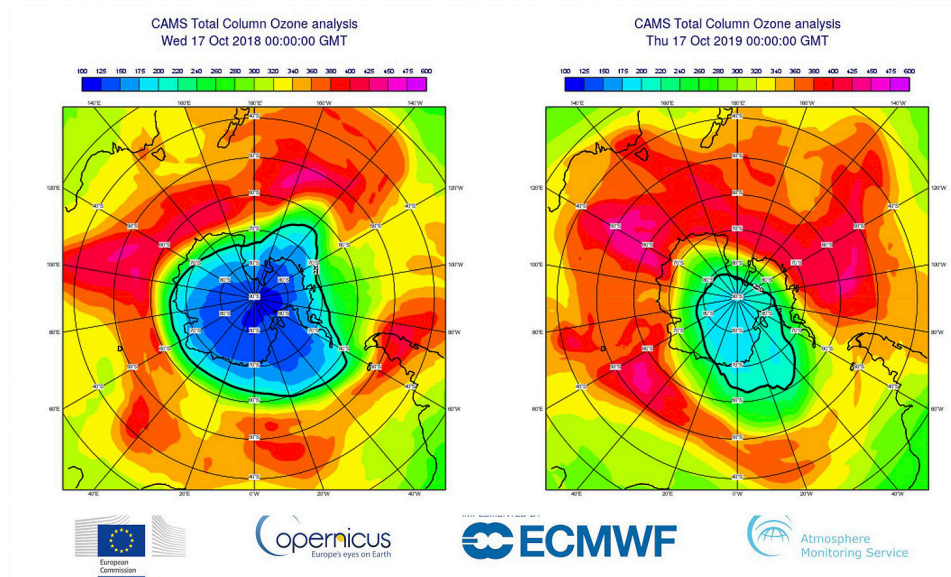
Σχεδόν στο σύνολό του, το στρατοσφαιρικό όζον παράγεται όταν μερικά από τα μόρια οξυγόνου σ' αυτήν τη στοιβάδα αλληλεπιδρούν με την υπεριώδη (UV) ακτινοβολία που εκπέμπεται από τον ήλιο.



Αυτό το φαινόμενο του φιλτραρίσματος της υπεριώδους ακτινοβολίας από το στρώμα του όζοντος, συγκρατεί περίπου το 95% της επιβλαβούς υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας από το να φθάσει στην επιφάνεια της Γης και επιτρέπει στη ζωή με τη μορφή που ξέρουμε, να αναπτυχθεί στη Γη.

Στρατόσφαιρα

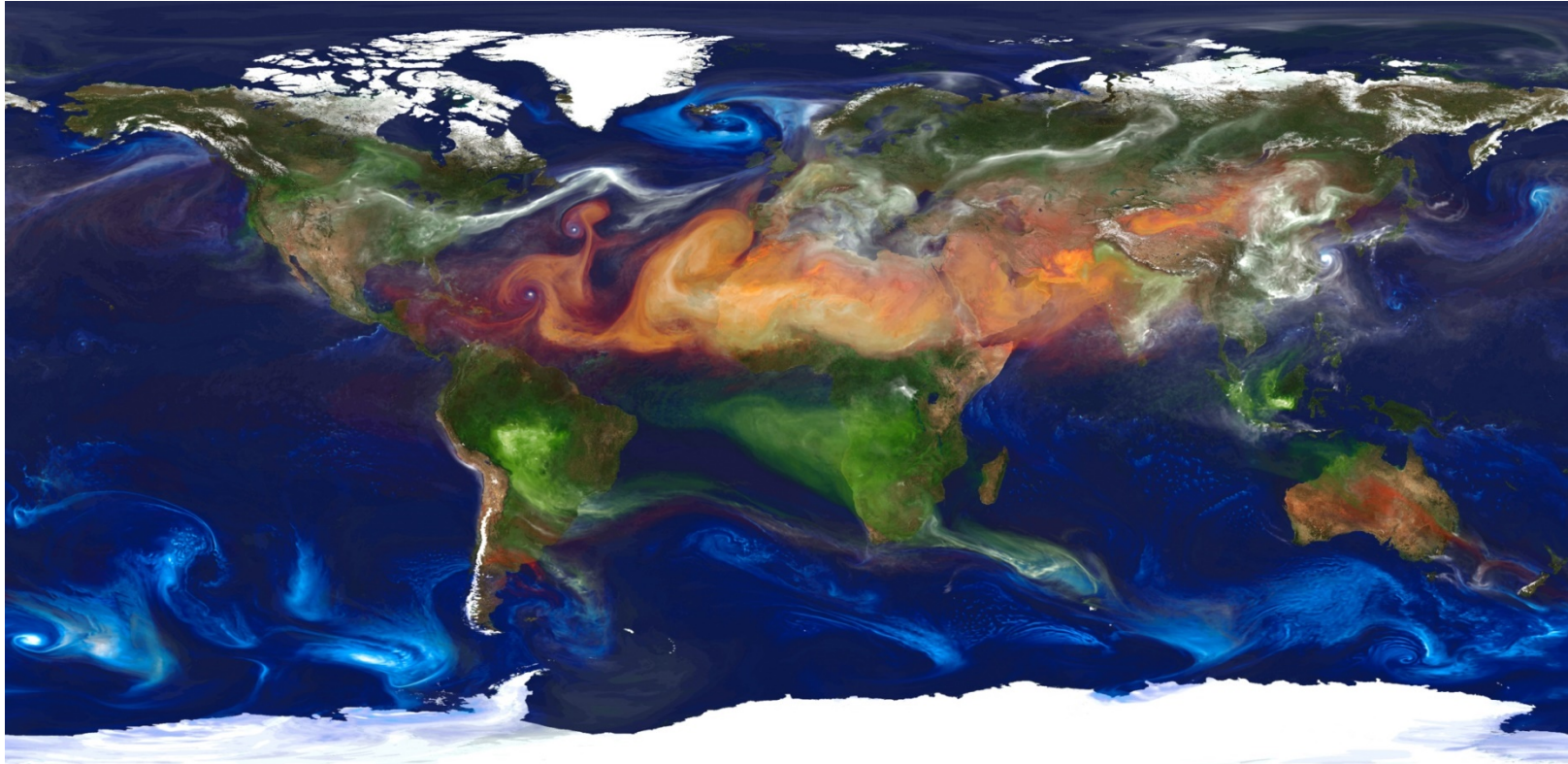
Πιο μικρή από ποτέ η τρύπα του όζοντος



Τα στοιχεία που δημοσίευσε το Copernicus ECMWF, της ΕΕ, έδειξαν ότι η τρύπα του όζοντος είχε το 2019 τη μικρότερη έκτασή της από τότε που οι επιστήμονες άρχισαν την παρακολούθησή της το 1982. Σύμφωνα με τους ειδικούς, αυτό οφείλεται στις αφύσικα θερμές και υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν στη στρατόσφαιρα πάνω από την Ανταρκτική.

Η ρύπανση της ατμόσφαιρας

Αερολύματα στην ατμόσφαιρα



Πηγή: William Putman, NASA/Goddard Last Updated: Aug. 7, 2017, Editor: NASA Content Administrator

Κόκκινο χρώμα: **σκόνη**, η οποία έχει παρασυρθεί από το έδαφος με τον αέρα,
Μπλε χρώμα: **θαλάσσια άλατα**, που στροβιλίζονται στους κυκλώνες,
Πράσινο χρώμα: **καπνός** από εστίες φωτιάς,
Λευκό χρώμα: **θειούχα σωματίδια** από ηφαίστεια και καύση ορυκτών καυσίμων.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση

Πόσο ρυπασμένη είναι η ατμόσφαιρα;

Για να απαντήσουμε θα έπρεπε να γνωρίζουμε ποια είναι η σύσταση μίας καθαρής ατμόσφαιρας.

Ωστόσο, όταν αποκτήσαμε τις μεθόδους και τον εξοπλισμό για να προσδιορίσουμε τη σύσταση της ατμόσφαιρας, ο αέρας είχε ήδη επηρεαστεί από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση

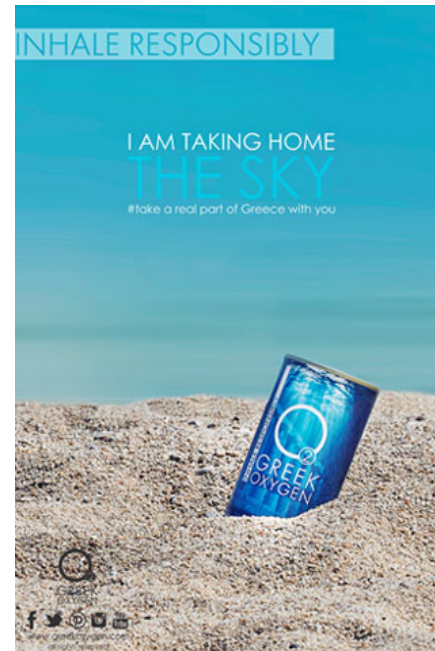


Πόσο καθαρή είναι η ατμόσφαιρα;

*Ερευνητές ανά τον κόσμο, προσδιορίζουν ή προσεγγίζουν τη σύσταση του ατμοσφαιρικού αέρα, μελετώντας τη **στρωμάτωση των πάγων** στις πολικές περιοχές του πλανήτη.*

Μπορούμε να θεωρήσουμε ως σύσταση μη ρυπασμένης ατμόσφαιρας (σύσταση αναφοράς), αυτή που έχει ο ατμοσφαιρικός αέρας σε πολύ απομακρυσμένες περιοχές (που απέχουν χιλιάδες χιλιόμετρα από τις πηγές εκπομπής ρύπων).

Αλλά πόσες τέτοιες περιοχές υπάρχουν ακόμη στον πλανήτη;



Η ατμοσφαιρική ρύπανση

Ατμοσφαιρική ρύπανση

Η παρουσία χημικών ουσιών στην ατμόσφαιρα σε τόσο υψηλές συγκεντρώσεις, που να μπορούν να προκαλέσουν βλάβη σε οργανισμούς, οικοσυστήματα και ανθρωπογενή υλικά ή να επιφέρουν αλλαγή στο κλίμα.

Σύμφωνα με τη νομοθεσία, **ρύπος** είναι οποιαδήποτε ουσία εμφανίζεται στον αέρα και ενδέχεται να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου και/ή στο περιβάλλον στο σύνολό του.

Ως **ατμοσφαιρικοί ρύποι** ορίζονται τα αέρια ή αερολύματα (υγρά ή στερεά) τα οποία συναντώνται στην ατμόσφαιρα σε συγκεντρώσεις που απειλούν την ομαλή διαβίωση και υγεία των οργανισμών ή παρεμποδίζουν και μεταβάλλουν την ομαλή λειτουργία των οικοσυστημάτων.

Ποιες είναι οι πηγές των ατμοσφαιρικών ρύπων

Βιομηχανία
και
παραγωγή
ενέργειας

Μετακινήσεις

Διαχείριση
αποβλήτων

WHAT ARE THE SOURCES OF AIR POLLUTION?

Outdoor air pollution affects urban and rural areas and is caused by multiple factors:

The infographic illustrates six sources of air pollution in a stylized landscape. On the left, industrial buildings with smokestacks are labeled 'INDUSTRY & ENERGY SUPPLY'. A road with cars and a truck is labeled 'TRANSPORT'. A tractor in a field is labeled 'AGRICULTURAL PRACTICES'. A house with a chimney is labeled 'HOUSEHOLD ENERGY'. A pile of trash is labeled 'WASTE MANAGEMENT'. A cloud of dust is labeled 'DUST'. Wind lines indicate the direction of pollution spread.

Countries cannot tackle air pollution alone.
It is a global challenge we must all combat together.

CLEAN AIR FOR HEALTH #AirPollution World Health Organization

Σκόνη

Αγροτικές
εργασίες

Παραγωγή
ενέργειας στα
νοικοκυριά

Οι πηγές των ατμοσφαιρικών ρύπων διαφέρουν από τόπο σε τόπο

European Environment Agency



Sources of air pollution in Europe

Air pollution is not the same everywhere. Different pollutants are released into the atmosphere from a wide range of sources, including industry, transport, agriculture, waste management and households. Certain air pollutants are also released from natural sources.



Οι ρύποι της ατμόσφαιρας (1/2)

Οι ρύποι διακρίνονται σε κατηγορίες ανάλογα με τη μορφή, την προέλευση και την παραγωγή τους.

Ανάλογα με την προέλευση: Φυσικοί και ανθρωπογενείς

- **Φυσικοί ρύποι:** όταν η «εισβολή» τους στην ατμόσφαιρα πραγματοποιείται χωρίς άμεση ή έμμεση ανθρώπινη δραστηριότητα.
 - Ενδεικτικά, μπορεί να προέρχονται από τις ερήμους, τα ηφαίστεια, τις δασικές πυρκαγιές, τα φυτά (γύρη), τις ηλεκτρικές καταιγίδες (όζον).
- **Ανθρωπογενείς ρύποι:** όταν η παραγωγή τους οφείλεται σε ανθρώπινη δραστηριότητα.
 - Οι πηγές των ανθρωπογενών ρύπων διακρίνονται σε **κινητές** (π.χ. αυτοκίνητα) και **σταθερές**, οι οποίες μπορεί να διακριθούν περαιτέρω σε **σημειακές** (π.χ. καμινάδες εργοστασίων) ή σε **πηγές που εκτείνονται** σε μία περιοχή (π.χ. μία πυρκαγιά σε ένα δάσος).



Οι ρύποι της ατμόσφαιρας (2/2)

(συνέχεια) Οι ρύποι διακρίνονται σε κατηγορίες ανάλογα με τη μορφή, την προέλευση και την παραγωγή τους.

Ανάλογα με τη φύση: Αέριοι, υγροί και στερεοί

Ανάλογα με την παραγωγή: Πρωτογενείς και δευτερογενείς

Πρωτογενείς ρύποι (1/2)

Πρωτογενείς ρύποι: ενώσεις σε αέρια, στερεή ή υγρή μορφή, που προήλθαν από φυσικές ή ανθρωπογενείς πηγές, και παραμένουν στην ίδια χημική σύσταση, όπως όταν απελευθερώθηκαν από τις πηγές τους.

Οι κύριοι πρωτογενείς ρύποι είναι:

- **Σωματίδια:** στερεά σωματίδια και υγρά σταγονίδια μικρού μεγέθους και αρκετά ελαφριά, ώστε να διασπείρονται στην ατμόσφαιρα για μεγάλες χρονικές περιόδους. Ταξινομούνται σε **λεπτά ή PM-10** (με διάμετρο μικρότερη των 10 μ) και σε υπέρλεπτα ή **PM-2,5** (με διάμετρο μικρότερη των 2,5 μ). Το 62% προέρχεται από φυσικές πηγές και το 38% από ανθρωπογενείς πηγές. Μπορεί να προξενήσουν βλάβη στους πνεύμονες, να επιδεινώσουν το άσθμα και τη βρογχίτιδα. Τα τοξικά σωματίδια (μόλυβδος, κάδμιο), μπορεί να προκαλέσουν γενετικές μεταλλάξεις, προβλήματα στην αναπαραγωγή και εμφάνιση καρκίνου.
- **Πτητικές οργανικές ενώσεις:** Οι οργανικές ενώσεις που υπάρχουν ως αέρια στην ατμόσφαιρα ή εξατμίζονται από πηγές στη Γη. Παράδειγμα αποτελεί το μεθάνιο (CH_4), ένα αέριο του θερμοκηπίου που διαθέτει 25 φορές μεγαλύτερο δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη ανά μόριο σε σχέση με το CO_2 . Περίπου το ένα τρίτο των παγκόσμιων εκπομπών μεθανίου προέρχεται από φυσικές πηγές, κυρίως από τα μυρμηκαστικά, τους υγρότοπους και τους τερμίτες.

Πρωτογενείς ρύποι (2/2)

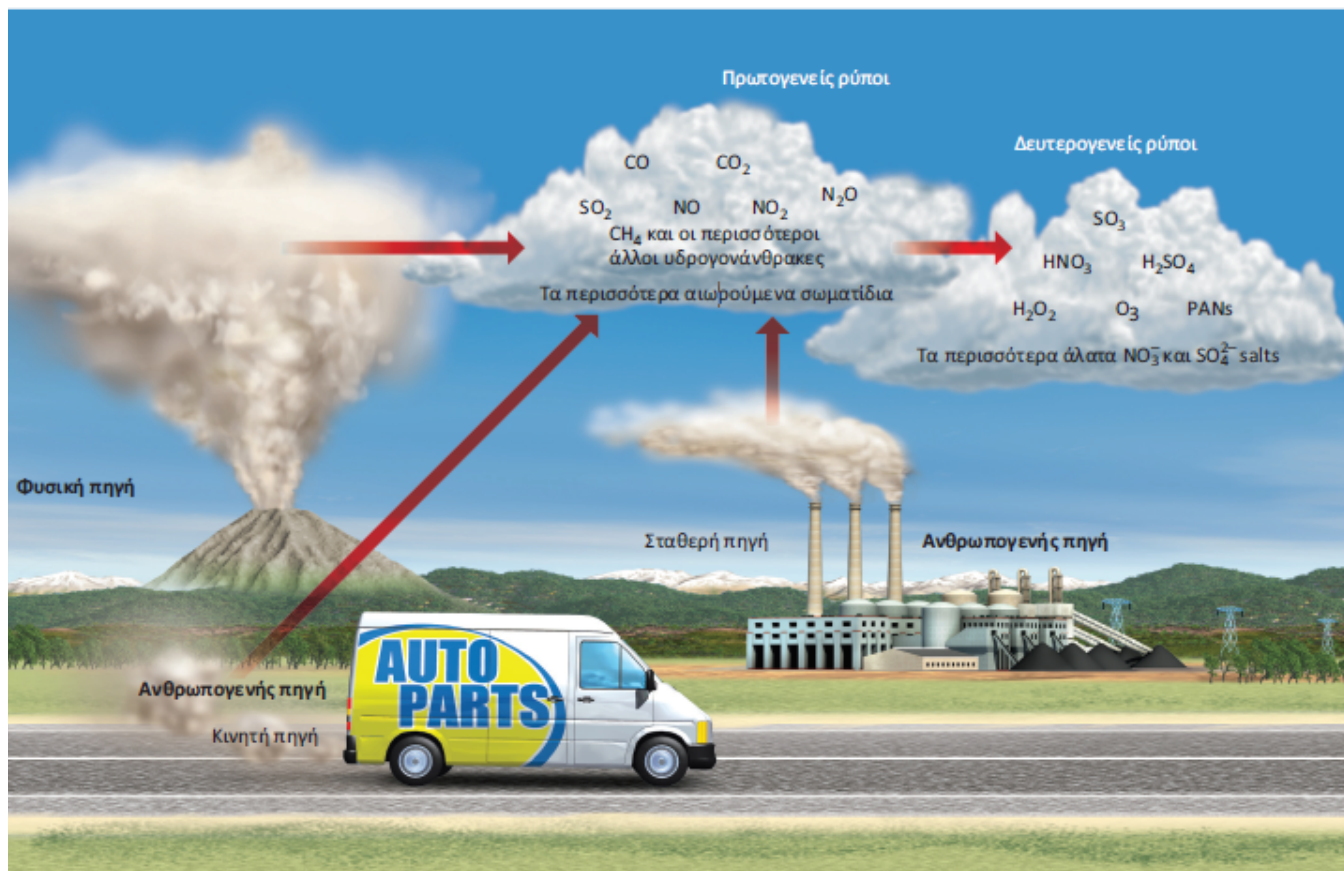
(συνέχεια)

Οι κύριοι πρωτογενείς ρύποι είναι:

- **Μονοξείδιο του άνθρακα (CO):** άχρωμο, άοσμο και εξαιρετικά τοξικό αέριο που σχηματίζεται κατά την ατελή καύση υλικών που περιέχουν άνθρακα. Σημαντικές πηγές του: οι εξατμίσεις των οχημάτων, η καύση των δασών και των λιβαδιών, οι καπνοδόχοι των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και των βιομηχανικών μονάδων που πραγματοποιούν καύση ορυκτών καυσίμων, ο καπνός των τσιγάρων, οι ανοικτές εστίες φωτιάς και οι μη αποδοτικές συσκευές που χρησιμοποιούνται για μαγείρεμα ή θέρμανση.
- **Οξειδία του αζώτου (NO_x):** άχρωμο αέριο που σχηματίζεται όταν το αέριο άζωτο οξειδώνεται υπό υψηλές θερμοκρασίες καύσης σε κινητήρες αυτοκινήτων, σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και βιομηχανικές μονάδες που πραγματοποιούν καύση γαιάνθρακα. Οι ηλεκτρικές εκκενώσεις και ορισμένα βακτήρια στο έδαφος και στο νερό παράγουν, επίσης, NO ως μέρος του κύκλου του αζώτου.
- **Διοξείδιο του θείου (SO₂):** άχρωμο αέριο με ερεθιστική οσμή. Περίπου το 1/3 του SO₂ στην ατμόσφαιρα προέρχεται από φυσικές πηγές. Τα άλλα 2/3 (και σε ποσοστό 90% σε μερικές αστικές περιοχές) προέρχονται από ανθρωπογενείς πηγές, κυρίως από την καύση γαιάνθρακα που περιέχει θείο σε σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και βιομηχανίες, τη διύλιση του πετρελαίου και την τήξη σουλφιδικών μεταλλευμάτων.

Δευτερογενείς ρύποι (1/3)

Ορισμένοι πρωτογενείς ρύποι υφίστανται μετατροπές μέσω χημικών ή φωτοχημικών αντιδράσεων στην ατμόσφαιρα και παράγουν ανεπιθύμητες ενώσεις τους **δευτερογενείς ρύπους**.



Δευτερογενείς ρύποι (2/3)

Οι κύριοι δευτερογενείς ρύποι είναι:

- **Όζον (O_3)**: άχρωμο και εξαιρετικά δραστικό αέριο. Μπορεί να προκαλέσει βήχα και αναπνευστικά προβλήματα, να επιδεινώσει παθήσεις των πνευμόνων και καρδιακές παθήσεις και να προκαλέσει ερεθισμό στα μάτια, τη μύτη και τον λαιμό. Προκαλεί βλάβες στους ιστούς των φυτών, στα ελαστικά οχημάτων, τα υφάσματα και τις βαμμένες επιφάνειες. Επιστημονικές μετρήσεις δείχνουν ότι ορισμένες ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν μειώσει την ποσότητα του ωφέλιμου όζοντος στη στρατόσφαιρα και έχουν αυξήσει την ποσότητα του επιβλαβούς όζοντος στην τροπόσφαιρα.
- **Διοξείδιο του αζώτου (NO_2)**: το NO αντιδρά με το οξυγόνο και σχηματίζει NO_2 . Μέρος του NO_2 αντιδρά με τους υδρατμούς στην ατμόσφαιρα και σχηματίζει νιτρικό οξύ (HNO_3) και νιτρικά άλατα (NO_3^-), που αποτελούν συστατικά της επιβλαβούς όξινης απόθεσης. Τόσο το NO , όσο και το NO_2 συνεισφέρουν στη δημιουργία του φωτοχημικού νέφους, ενός σύνθετου μείγματος χημικών ουσιών που σχηματίζεται υπό την επίδραση του ηλιακού φωτός σε πόλεις με έντονη κυκλοφορία οχημάτων.

Δευτερογενείς ρύποι (3/3)

(συνέχεια) Οι κύριοι δευτερογενείς ρύποι είναι:

- **Θειικό οξύ (H_2SO_4):** το SO_2 μπορεί να μετατραπεί σε αερολύματα, τα οποία αποτελούνται από μικροσκοπικά αιωρούμενα σταγονίδια H_2SO_4 και αιωρούμενα σωματίδια θειικών (SO_4^{2-}) αλάτων που κατακρημνίζονται στην επιφάνεια της Γης ως συστατικά της όξινης απόθεσης. Μπορούν να προκαλέσουν καταστροφές σε καλλιέργειες, βλάβες στα δασικά είδη, τα εδάφη και τους υδρόβιους οργανισμούς των λιμναίων συστημάτων, διάβρωση των μετάλλων και καταστρέφουν το χρώμα, το χαρτί, το δέρμα και τους δομικούς λίθους (πέτρα – πετρώματα) που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τοίχων, αγαλμάτων.

Τύποι της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Βιομηχανική αιθαλομίχλη

Στα αγγλικά, **smog** από το συνδυασμό των λέξεων **smoke** (αιθάλη) και **fog** (ομίχλη).

Πρόκειται για ένα μείγμα καπνιάς, ενώσεων του θείου και υδρατμών, το οποίο μπορεί να προκαλέσει πολλά προβλήματα υγείας.

Πλέον συναντάται σπάνια στις αναπτυγμένες χώρες, όπου έχει περιοριστεί η χρήση γαιάνθρακα. Ωστόσο, αποτελεί πρόβλημα στις βιομηχανικές αστικές περιοχές, π.χ. της Κίνας, της Ινδίας, της Ουκρανίας.

Στη χώρα μας εμφανίστηκε στην Αθήνα παράλληλα με την οικονομική κρίση του 2010, καθώς οι κάτοικοι άρχισαν να καίνε ξύλα για να εξασφαλίσουν τη θέρμανση του σπιτιού.

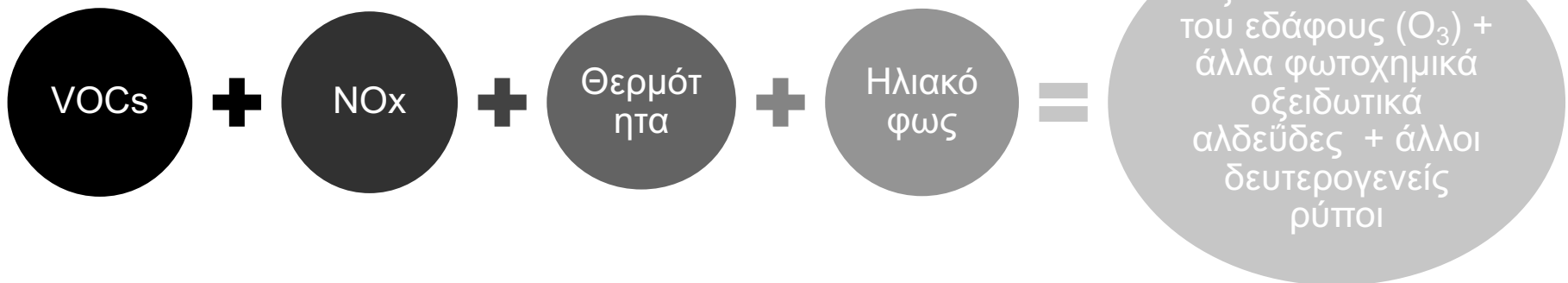


Φωτοχημικό νέφος ή φωτοχημική αιθαλομίχλη

Ηλιακό φως + αυτοκίνητα = φωτοχημικό νέφος

Το **φωτοχημικό νέφος** είναι ένα μείγμα πρωτογενών και δευτερογενών ρύπων που σχηματίζεται υπό την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας από τον ήλιο.

Ο σχηματισμός του φωτοχημικού νέφους ξεκινά τις πρώτες ώρες της ημέρας, με την εκπομπή στην ατμόσφαιρά μιας πόλης μεγάλων ποσοτήτων NO και VOCs από τα μηχανοκίνητα οχήματα,



Παράγοντες που μπορεί να μειώσουν την ατμοσφαιρική ρύπανση

- Σωματίδια που είναι βαρύτερα από τον αέρα
- Βροχή και το χιόνι
- Σωματίδια θαλάσσιου άλατος
- Άνεμοι
- Χημικές αντιδράσεις

Παράγοντες που μπορεί να επιδεινώσουν την ατμοσφαιρική ρύπανση

- Τα κτίρια, μεταβάλλοντας την ταχύτητα και την κατεύθυνση του ανέμου
- Η γεωγραφία της περιοχής (π.χ. αν υπάρχουν λόφοι, βουνά)
- Οι υψηλές θερμοκρασίες (εντείνουν το φωτοχημικό νέφος)
- Εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων
- Πλανητική απόσταξη (φαινόμενο **grasshopper**) – όταν οι αέριοι ρύποι μεταφέρονται σε μεγάλα ύψη, μέσω της εξάτμισης και των ανέμων από τις τροπικές και εύκρατες περιοχές στις πολικές περιοχές της Γης
- **Κατακόρυφη κίνηση του αέρα** - Την ημέρα ο ήλιος θερμαίνει τον αέρα κοντά στην επιφάνεια της Γης και ανέρχεται, μεταφέροντας τους ρύπους προς τα επάνω και διαχέοντάς τους προς τα ανώτερα στρώματα. Υπό ορισμένες συνθήκες, ένα στρώμα θερμού αέρα μπορεί προσωρινά να βρίσκεται επάνω από ένα στρώμα ψυχρότερου αέρα που τοποθετείται πλησιέστερα στην επιφάνεια του εδάφους και αυτό ονομάζεται θερμοκρασιακή αναστροφή.

Όξινη κατακρήμνιση και απόθεση

Όξινη κατακρήμνιση και απόθεση

Όξινη κατακρήμνιση: οποιαδήποτε ατμοσφαιρική κατακρήμνιση (βροχή, ομίχλη, χιόνι, χαλάζι) είναι περισσότερο όξινη από ότι συνήθως.

- Μπορεί να οφείλεται σε φυσικούς (CO_2 , SO_2 , NO_x από φυσικές πηγές) ή ανθρωπογενείς παράγοντες (CO_2 , SO_2 , NO_x που οφείλονται στην ανθρώπινη δραστηριότητα)

Όξινη απόθεση: η διαδικασία υγρής εναπόθεσης των όξινων σωματιδίων της ατμόσφαιρας στο έδαφος, τα φυτά, τα κτίρια.

Όξινη απόθεση δημιουργεί προβλήματα σε περιφερειακό επίπεδο

Οι περισσότεροι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι μεταλλουργικές βιομηχανίες και άλλες βιομηχανικές μονάδες που πραγματοποιούν καύση γαιάνθρακα, όπως και τα διυλιστήρια πετρελαίου εκπέμπουν διοξείδιο του θείου (SO_2), αιωρούμενα σωματίδια και οξειδία του αζώτου (NO_x).

Στις περισσότερο αναπτυγμένες χώρες, αυτές οι εγκαταστάσεις συνήθως χρησιμοποιούν υψηλές καπνοδόχους για την απαγωγή των καυσαερίων τους ψηλά στην ατμόσφαιρα, όπου ο άνεμος μπορεί να προκαλέσει αραίωση και διασπορά των ρύπων. Αυτό μειώνει την ατμοσφαιρική ρύπανση σε *τοπικό επίπεδο*, αλλά μπορεί να αυξήσει την ατμοσφαιρική ρύπανση σε *περιφερειακό επίπεδο*.

Ατμοσφαιρική ρύπανση



Συναυλία του Brian Adams στο Δελχί (Ινδία)

Οκτώβριος 2018

Στη διάρκεια της συναυλίας η σκιά του καλλιτέχνη «σχηματίστηκε» στον ουρανό. Ο B. Adams το χαρακτήρισε **μαγεία** και το ανέβασε στον προσωπικό του λογαριασμό στο Instagram.

Στην πραγματικότητα, η «μαγεία» οφείλεται στην **ατμοσφαιρική ρύπανση**. Η σκιά του «έπεσε» πάνω σε σκόνη και άλλους ρύπους.

Το Δελχί είναι η **6^η** σε σειρά πιο ρυπασμένη πόλη στον κόσμο.

Ατμοσφαιρική ρύπανση



Δελχί (Ινδία)

Νοέμβριος 2017

Τα υπέρλεπτα σωματίδια ή **PM-2,5** (με διάμετρο μικρότερη των 2,5 μ) ξεπέρασαν τα **700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

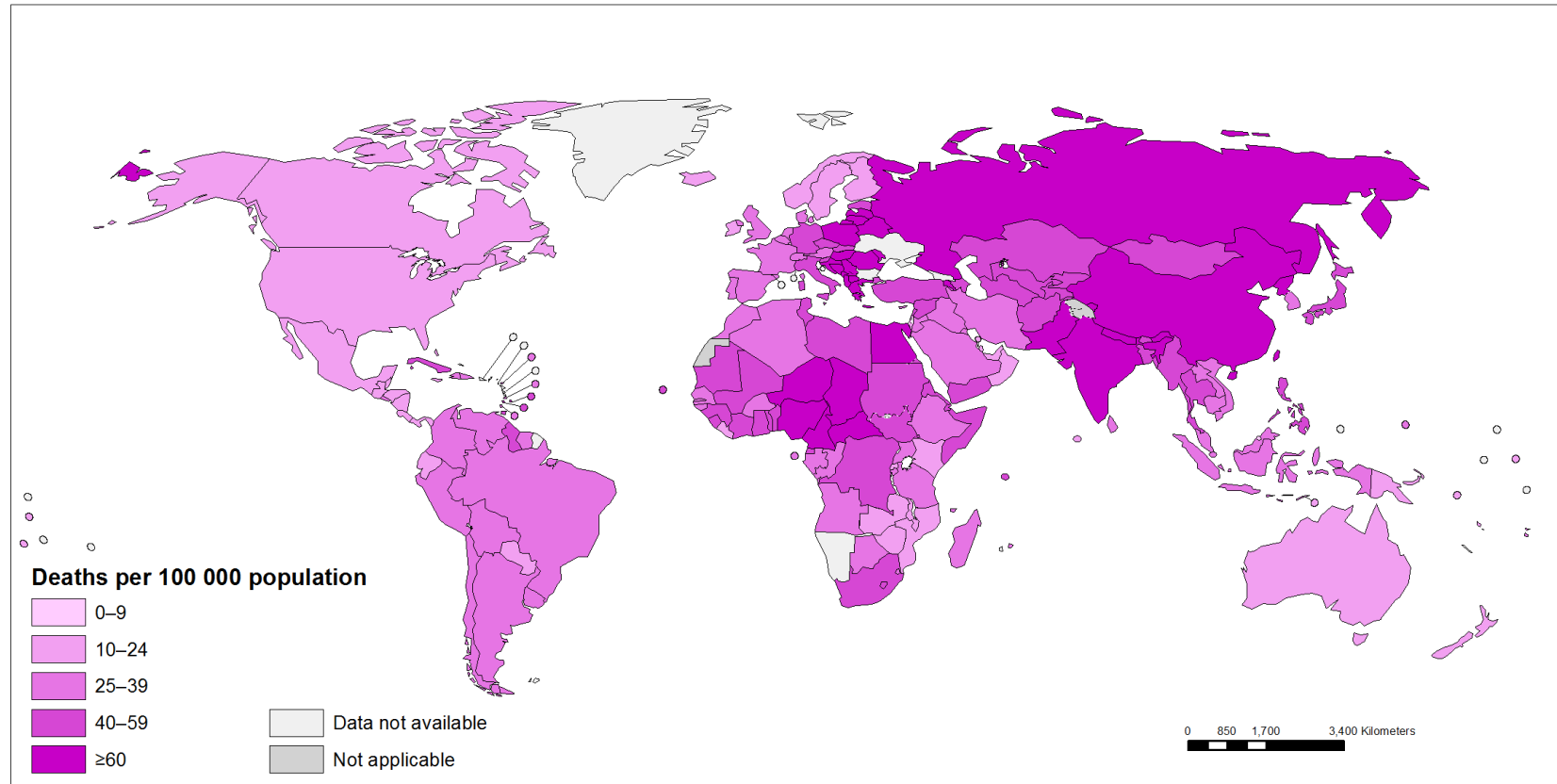
(τιμή στόχος για την Ελλάδα **25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**)

Πηγή: <https://www.bbc.com/news/world-asia-india-41925067>

Επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην
ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον

Οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία (1/6)

Αριθμός θανάτων εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης το 2016



The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the World Health Organization concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. Dotted and dashed lines on maps represent approximate border lines for which there may not yet be full agreement.

Data Source: World Health Organization
Map Production: Information Evidence and Research (IER)
World Health Organization



© WHO 2018. All rights reserved.

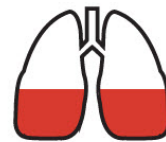
Οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία (2/6)

Ενδεικτικά:

- Η μακροχρόνια έκθεση σε διοξείδιο του θείου μπορεί να προκαλέσει βρογχίτιδα (φλεγμονή των βρόχων)
- Η χρόνια εισπνοή όζοντος μπορεί να προκαλέσει φλεγμονή και τελικά ίνωση των πνευμόνων
- Η παρατεταμένη έκθεση σε μονοξείδιο του άνθρακα μπορεί να συμβάλει στην εκδήλωση καρδιοπάθειας

THE **INVISIBLE KILLER**

Air pollution may not always be visible, but it can be deadly.



29%

OF DEATHS FROM
LUNG CANCER



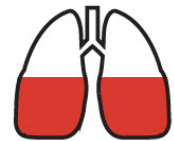
24%

OF DEATHS FROM
STROKE



25%

OF DEATHS FROM
HEART DISEASE



43%

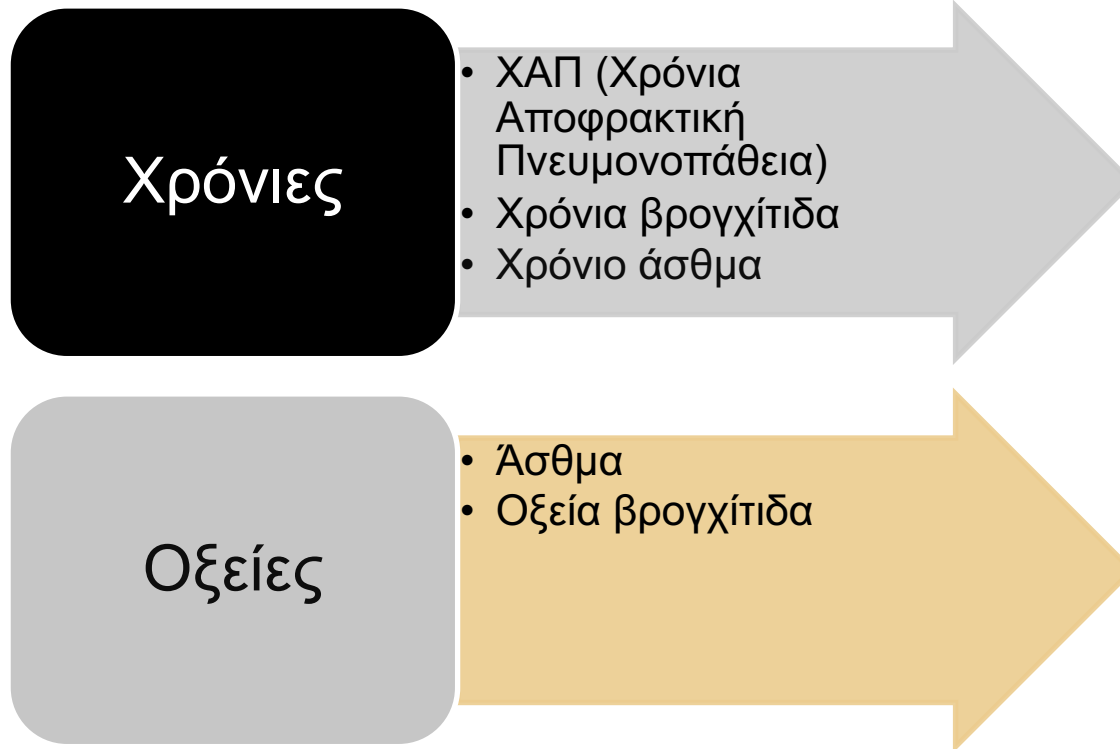
OF DEATHS FROM
LUNG DISEASE

BREATHE LIFE.
Clean Air. Healthy Future.



Οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία (3/6)

Οι επιπτώσεις διακρίνονται σε **χρόνιες** και **οξείες**



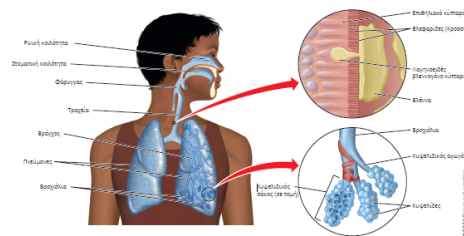
Οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία (4/6)

Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια – ΧΑΠ

Μία βραδέως προοδευτική νόσος του αναπνευστικού που προκαλεί αυξανόμενη δυσχέρεια στην αναπνοή.

Σε παγκόσμιο επίπεδο προσβάλλει το **10% των ατόμων άνω των 40 ετών**.

Κύρια αιτία το κάπνισμα, αλλά και η καύση ξύλων και κοπριάς



Περιλαμβάνει τρεις διαφορετικές νοσηρές διεργασίες:

- **Εμφύσημα** (καταστροφή πνευμονικών κυψελίδων)
- **Βρογχίτιδα** (φλεγμονή και απόφραξη αεροφόρων οδών, δηλαδή των βρόγχων)
- **Άσθμα** (στένωση αεροφόρων οδών)

Οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία (5/6)

Άσθμα

Μία διαταραχή του ανοσοποιητικού συστήματος, που χαρακτηρίζεται από αναπνευστική δυσχέρεια, η οποία οφείλεται σε στένωση των αεροφόρων οδών.

Τα επεισόδια άσθματος προκαλούνται από την επαφή με αλλεργιογόνες ουσίες και αέριους ρύπους (όζον, αιωρούμενα σωματίδια, SO₂).

Πιο ευαίσθητα άτομα: παιδιά, ασθματικοί, ηλικιωμένοι και άτομα με αναπνευστικά ή καρδιακά προβλήματα.

Οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία (6/6)

Καρκινογόνος δράση των ρύπων της ατμόσφαιρας

Τα **βαρέα μέταλλα** και οι **οργανικές ουσίες** που συμβάλλουν στη ρύπανση της ατμόσφαιρας, ενδέχεται να εμφανίζουν καρκινογόνο δράση.

Η παρουσία αυτών των χημικών έστω και σε μικρές ποσότητες είναι πιθανόν να ευθύνεται για ένα σημαντικό ποσοστό των περιπτώσεων καρκίνου στον άνθρωπο.

Παράδειγμα:

Το **βενζόλιο** συνδέεται με την εμφάνιση καρκίνου (λευχαιμίας) και βλάβες του ανοσοποιητικού συστήματος. Περιέχεται στα καύσιμα των αυτοκινήτων. Επιπλέον, χρησιμοποιείται ως διαλύτης για λίπη, για τη σύνθεση απορρυπαντικών, εκρηκτικών και φαρμακευτικών ουσιών.

Οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο περιβάλλον (1/3)

Προβλήματα
στη
γεωργική
παραγωγή

Ζημιά στα
δάση

Καταστροφή
υλικών

Μειωμένη
ορατότητα



Οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο περιβάλλον (2/3)

Αρνητικές επιπτώσεις στη γεωργική παραγωγή

Τα περισσότερα φυτικά είδη παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευαισθησία στους ρύπους της ατμόσφαιρας από ότι ο άνθρωπος.

Οι ζημιές οφείλονται ως επί το πλείστον στην έκθεση σε όζον:

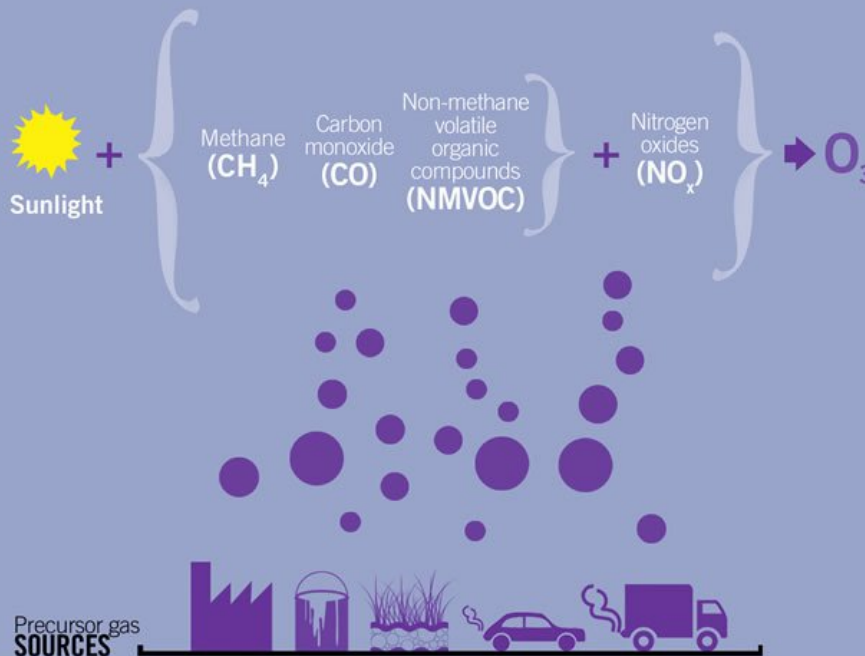
Το **όζον** εισέρχεται στα φυτά μέσω των στοματίων τους (αναπνευστικές οπές στα φύλλα). Όταν τα στομάτια είναι ανοικτά, εισέρχεται στο φύλλο CO₂ το οποίο χρησιμοποιείται για την παραγωγή σακχάρων (φωτοσύνθεση). Όταν η συγκέντρωση του όζοντος στον αέρα είναι αυξημένη, εισέρχεται από τα στομάτια και καταστρέφει μέρος των ιστών του φυτού. Έτσι, μειώνεται η παραγωγή των φυτών και αποθηκεύεται λιγότερος άνθρακας στους ιστούς των φυτών.



Οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο περιβάλλον (3/3)

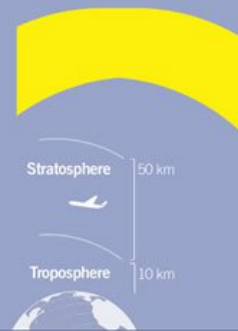
Tropospheric Ozone (O_3)

Tropospheric Ozone (O_3) is a major air and climate pollutant. It causes warming and is a highly reactive oxidant, harmful to crop production and human health. O_3 is known as a 'secondary' pollutant because it is **not emitted directly**, but instead forms when precursor gases react in the presence of sunlight.



LIFETIME IN ATMOSPHERE

Weeks



IMPACTS

  O_3 precursors can be carried round the globe, making it a **transboundary pollution problem**

 Tropospheric O_3 **warms the atmosphere**

O_3 damages plants and affects **agricultural production:**

- Reducing photosynthesis
- Reducing the plants ability to sequester carbon
- Reducing health and productivity of crops



 O_3 air pollution causes over **150 thousand premature deaths** every year, and **millions more chronic diseases**, particularly in children and the elderly

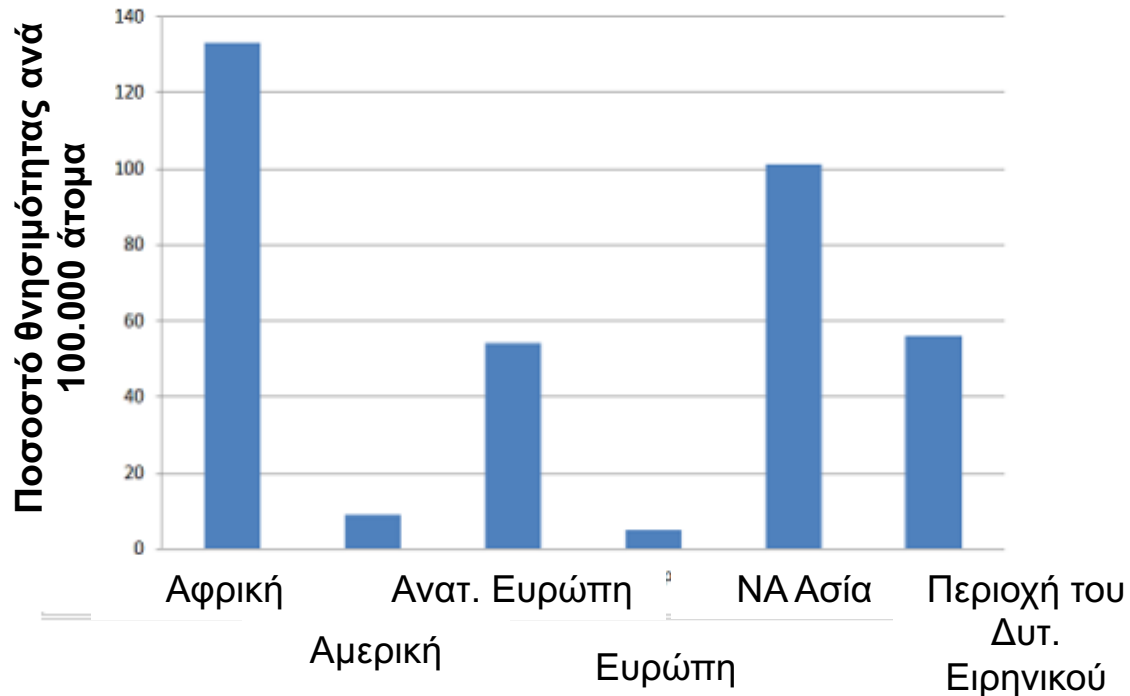
Αέρια ρύπανση εσωτερικών χώρων

Αέρια ρύπανση εσωτερικών χώρων

Σύμφωνα με έκθεση του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας, η αέρια ρύπανση εσωτερικών χώρων αποτελεί το σοβαρότερο πρόβλημα αέριας ρύπανσης.



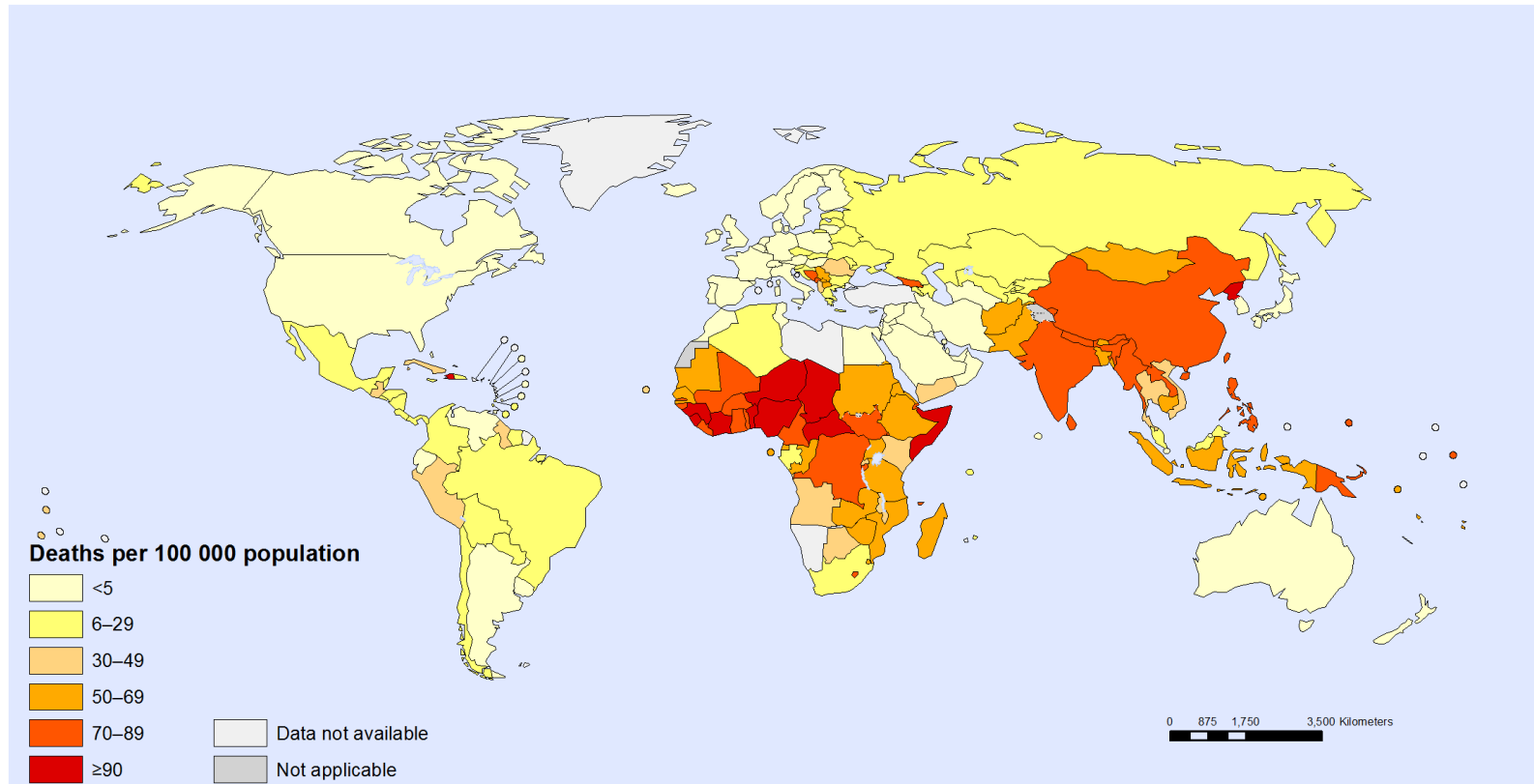
Αριθμός θανάτων εξαιτίας της αέριας ρύπανσης εσωτερικών χώρων



«Το 2016, η αέρια ρύπανση εσωτερικών χώρων ήταν η αιτία για 3,8 εκατομμύρια θανάτους, δηλαδή το 7,7% της θνησιμότητας σε παγκόσμιο επίπεδο.»

Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας

Αριθμός θανάτων εξαιτίας της αέριας ρύπανσης εσωτερικών χώρων



The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the World Health Organization concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. Dotted and dashed lines on maps represent approximate border lines for which there may not yet be full agreement.

Data Source: World Health Organization
Map Production: Information Evidence and Research (IER)
World Health Organization



© WHO 2018. All rights reserved.

Αριθμός θανάτων εξαιτίας της αέριας ρύπανσης εσωτερικών χώρων

3.8 million

die prematurely every year from household air pollution from cooking (2016). Household air pollution is mostly created by using kerosene and solid fuels such as wood with polluting stoves, open fires and lamps.

Women and children are the most at risk.



18%
from stroke



27%
from ischaemic heart disease



20%
from chronic obstructive pulmonary disease (COPD)



8%
from lung cancer



27%
are due to pneumonia

- 18% από εγκεφαλικό
- 27% από ισχαιμικό καρδιακό επεισόδια
- 20% από ΧΑΠ
- 8% από καρκίνο του πνεύμονα
- 27% από πνευμονία

CLEAN AIR FOR HEALTH

#AirPollution



Αέρια ρύπανση εσωτερικών χώρων



Λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες

Καύση ξύλου, κοπριάς, ξυλάνθρακα κ.α. σε ανοικτές εστίες

Ανεπαρκώς αεριζόμενοι φούρνοι, σόμπες

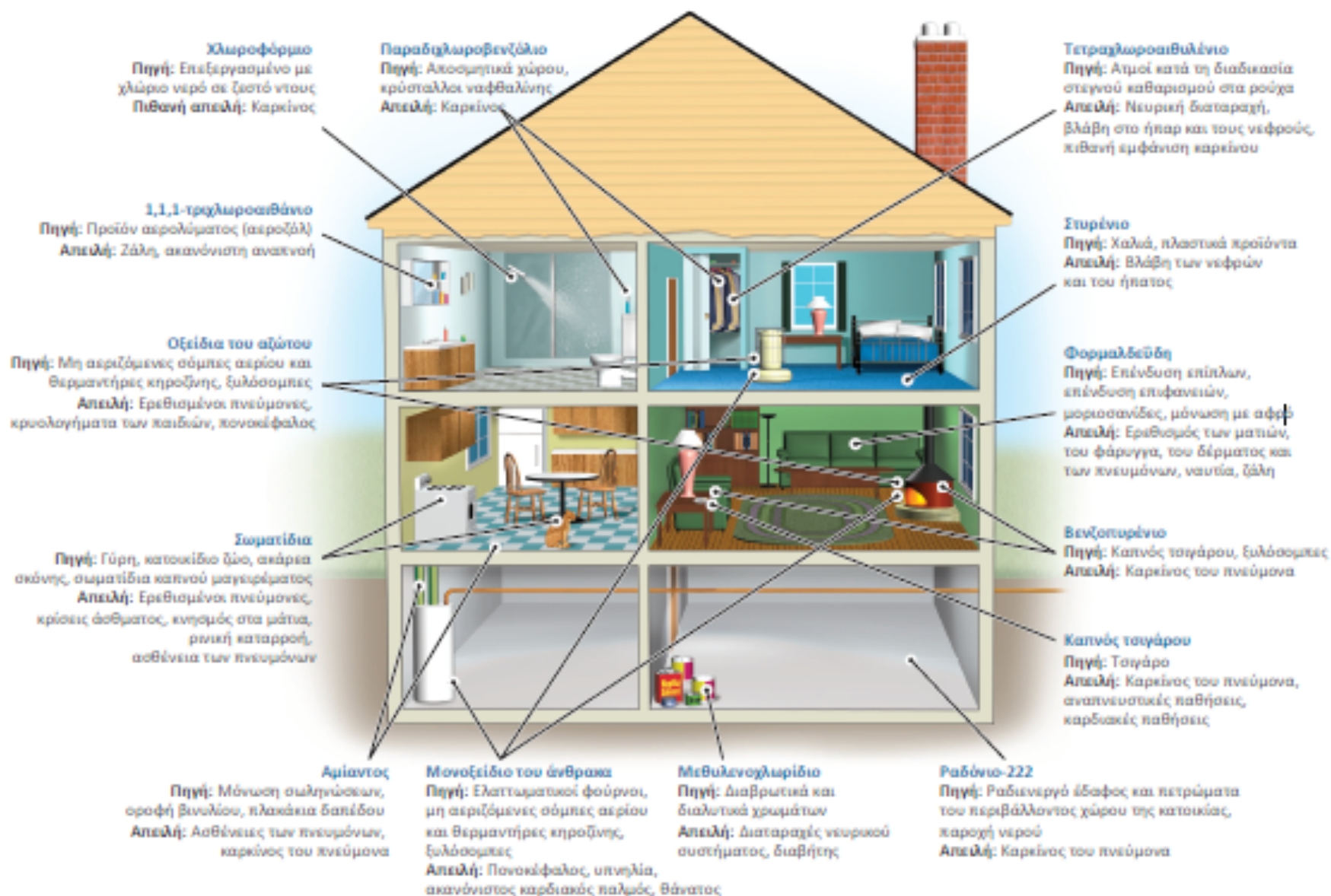
Ανεπτυγμένες

Χημικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των οικοδομών, των επίπλων

Τσιγάρο

Ανεπαρκώς αεριζόμενες σόμπες αερίου

Αέρια ρύπανση εσωτερικών χώρων



Αέρια ρύπανση εσωτερικών χώρων

- **Στο εσωτερικό των οικιών**
Τα επίπεδα 11 κοινών αέριων ρύπων είναι γενικά **δύο έως πέντε φορές** υψηλότερα και των εμπορικών κτιρίων στις ΗΠΑ.
- **Στο εσωτερικό των αυτοκινήτων (αστικές περιοχές)**
Τα επίπεδα ρύπανσης που βρίσκονται σε αστικές περιοχές με μεγάλη κυκλοφοριακή συμφόρηση μπορεί να φθάσουν έως και **18 φορές** υψηλότερα από τα εξωτερικά επίπεδα.
- **Οι κίνδυνοι για την υγεία**
αυξάνονται επειδή οι περισσότεροι άνθρωποι στις πιο αναπτυγμένες αστικές περιοχές περνούν το 70-98% του χρόνου τους σε εσωτερικούς χώρους ή μέσα σε οχήματα.

Οι καπνιστές, τα παιδιά ηλικίας κάτω των πέντε ετών, οι ηλικιωμένοι, οι άρρωστοι, οι έγκυες γυναίκες, τα άτομα με αναπνευστικά ή καρδιακά προβλήματα και οι εργαζόμενοι σε εργοστάσια κινδυνεύουν ιδιαίτερα από την αέρια ρύπανση εσωτερικών χώρων.

Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ

Σας ευχαριστώ για την προσοχή!