



Μηχανική Περιβάλλοντος

Ενότητα 4: Ατμόσφαιρα

Δρ. Ελένη Γκριλλα
Μηχανικός Περιβάλλοντος

e-mail. elen.grilla@gmail.com

Δομή και Σύσταση της Ατμόσφαιρας

Ατμόσφαιρα

Θεωρείται το μείγμα των αερίων που περικλείουν τη γη με τη μορφή λεπτού στρώματος. Η σύσταση και η πυκνότητα του μείγματος αυτού μεταβάλλεται με το ύψος. Το ίδιο συμβαίνει και με τη θερμοκρασία.

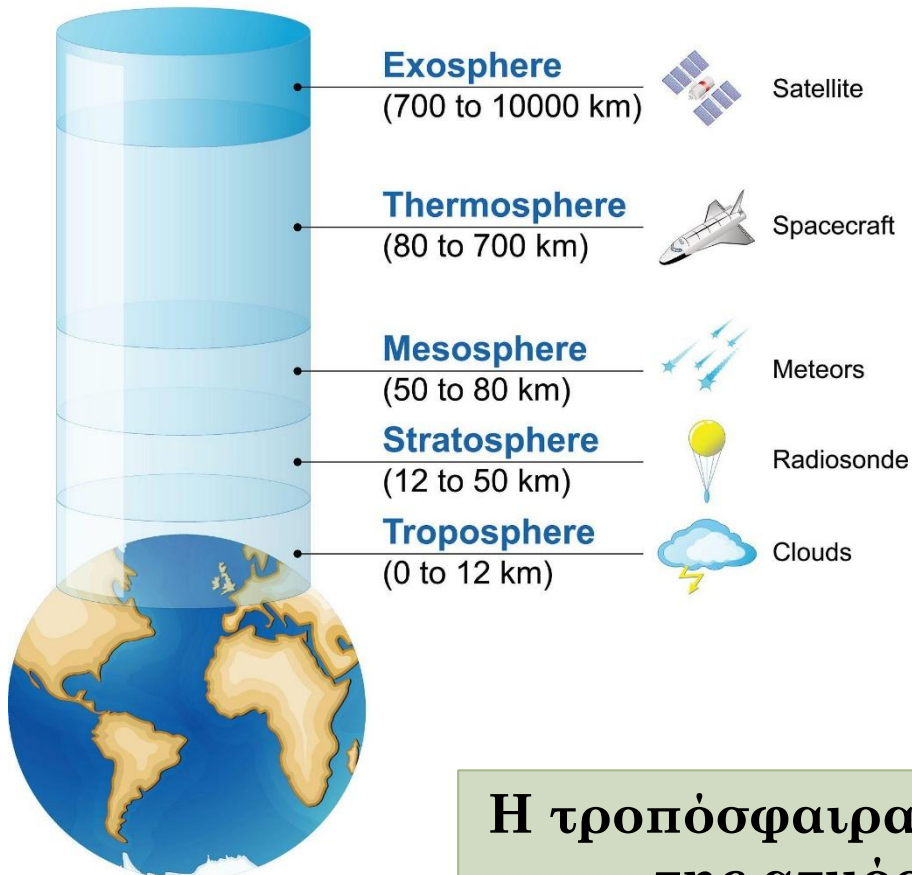
- Θεωρείται ως ένας προστατευτικός μανδύας της γης.
- Απορροφά το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας και έτσι προφυλάσσει τη ζωή στη γη.
- Απορροφά την υπέρυθρη ακτινοβολία του ήλιου καθώς κι αυτή που εκπέμπεται στο έδαφος.

Η ατμόσφαιρα δρα ως ρυθμιστικός παράγοντας θερμότητας.

Δομή Ατμόσφαιρας

Τροπόσφαιρα

Το στρώμα αέρα από την επιφάνεια της Γης μέχρι το ύψος των 12 km.

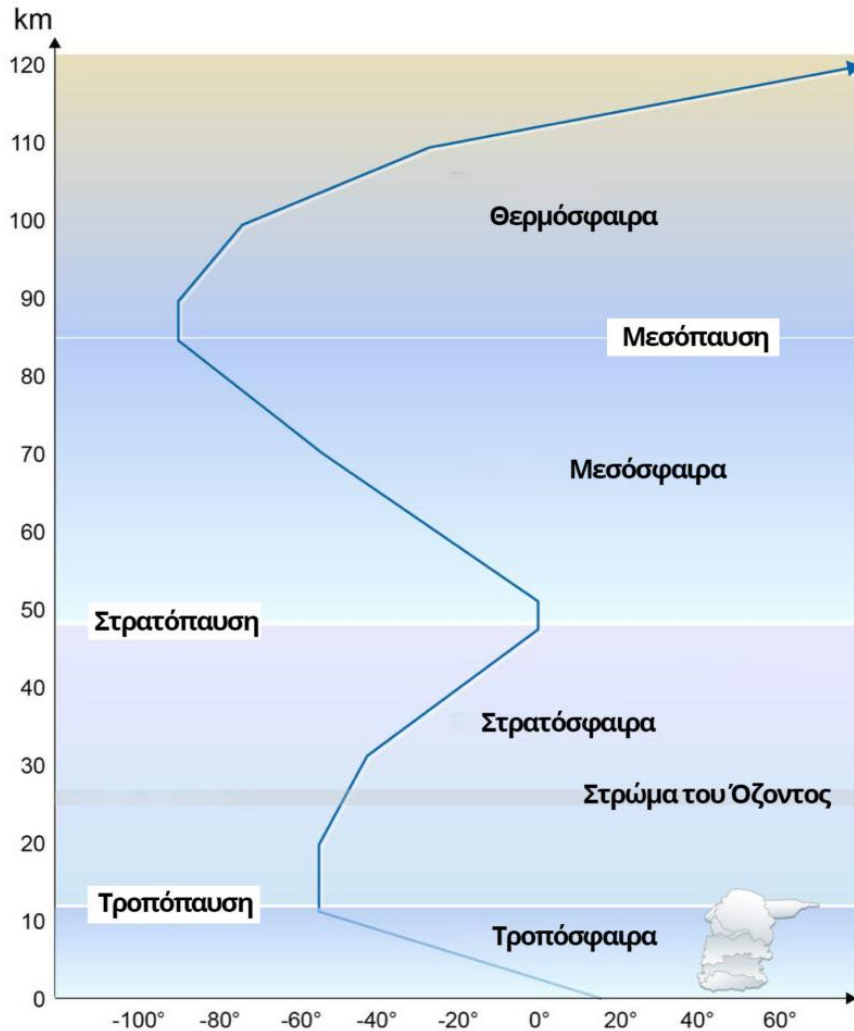


- Το κατώτερο στρώμα της ατμόσφαιρας
- Περιέχει περίπου το 75–80% της μάζας της ατμόσφαιρας
- Περιέχει σχεδόν όλους τους υδρατμούς
- Η θερμοκρασία στην τροπόσφαιρα μειώνεται με το ύψος

Η τροπόσφαιρα αποτελεί το σημαντικότερο τμήμα της ατμόσφαιρας, αφού μέσα σε αυτήν εκδηλώνεται το σύνολο των καιρικών φαινομένων.

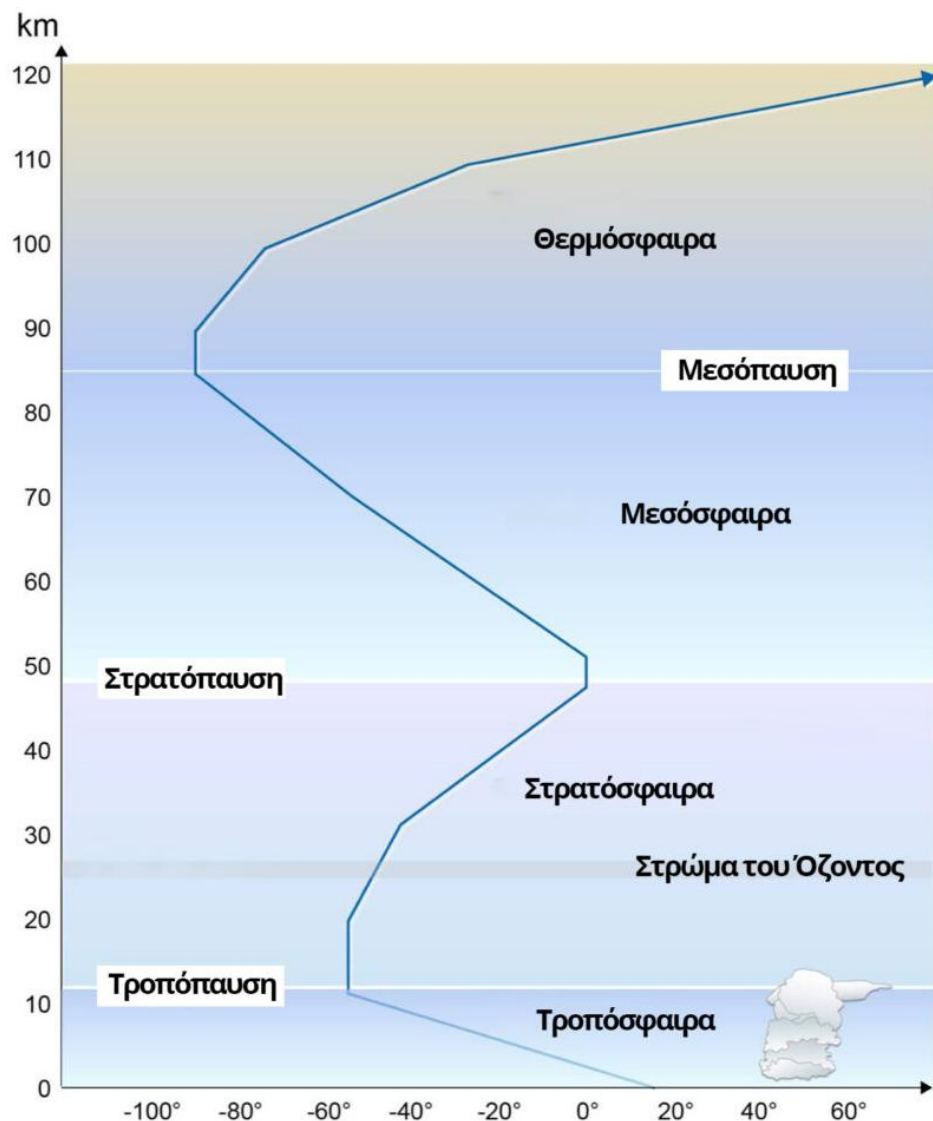
Δομή Ατμόσφαιρας – Τροπόσφαιρα

Γιατί η θερμοκρασία μειώνεται;



- Η ατμόσφαιρα θερμαίνεται από την επιφάνεια της Γης.
- Η Γη απορροφά ηλιακή ακτινοβολία.
- Στη συνέχεια θερμαίνει τον αέρα από κάτω προς τα πάνω.
- Ο θερμός αέρας ανέρχεται (η πίεση μειώνεται) και εκτονώνεται αδιαβατικά (όταν ένα αέριο διαστέλλεται, ψύχεται).

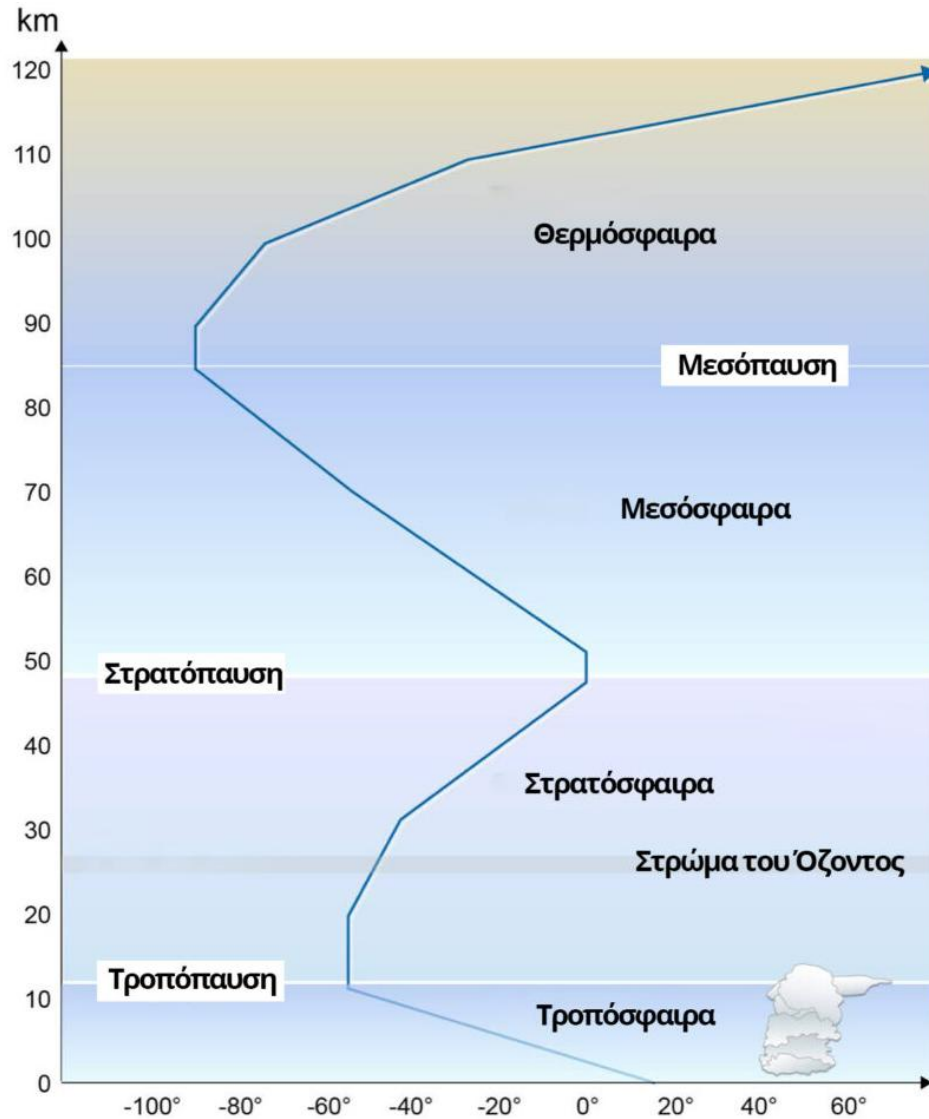
Δομή Ατμόσφαιρας – Στρατόσφαιρα



- Η θερμοκρασία αυξάνεται μέχρι τη στρατόπαυση και φθάνει στους 0 °C.
- Η αύξηση της θερμοκρασίας οφείλεται στο στρώμα του όζοντος.
- Το όζον απορροφά υπεριώδη ακτινοβολία (UV).
- Κατά την απορρόφηση μετατρέπει την ακτινοβολία σε θερμότητα.

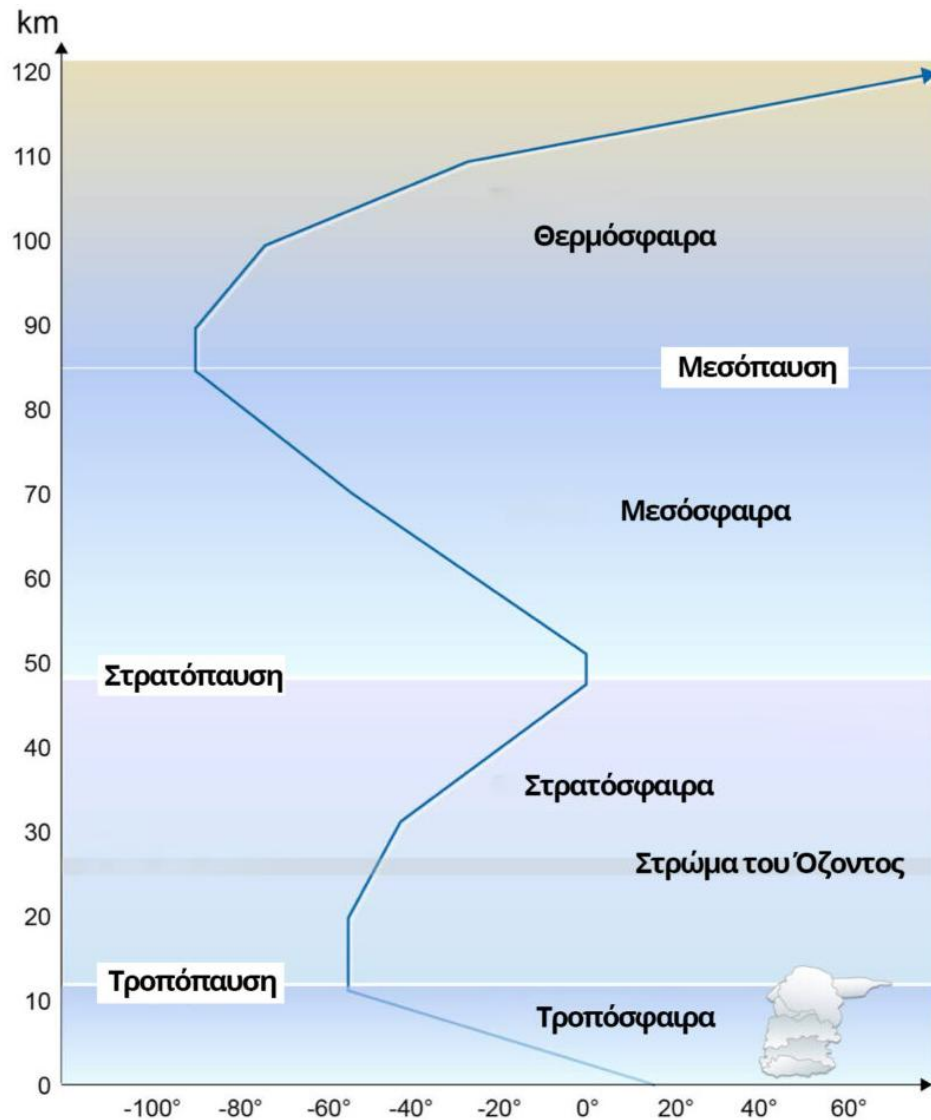
Στη στρατόσφαιρα υπάρχει αρκετή σταθερότητα και η ανάμειξη των αερίων είναι αργή.

Δομή Ατμόσφαιρας – Μεσόσφαιρα



- Η θερμοκρασία μειώνεται με αύξηση του ύψους.
- Η ελάττωση συνεχίζεται μέχρι τα 85 km όπου βρίσκεται η μεσόπαυση, η πιο ψυχρή περιοχή της ατμόσφαιρας.
- Η πτώση οφείλεται στη μικρή συγκέντρωση αερίων που απορροφούν ακτινοβολία και στα ανοδικά ρεύματα που προκαλούν αδιαβατική ψύξη.

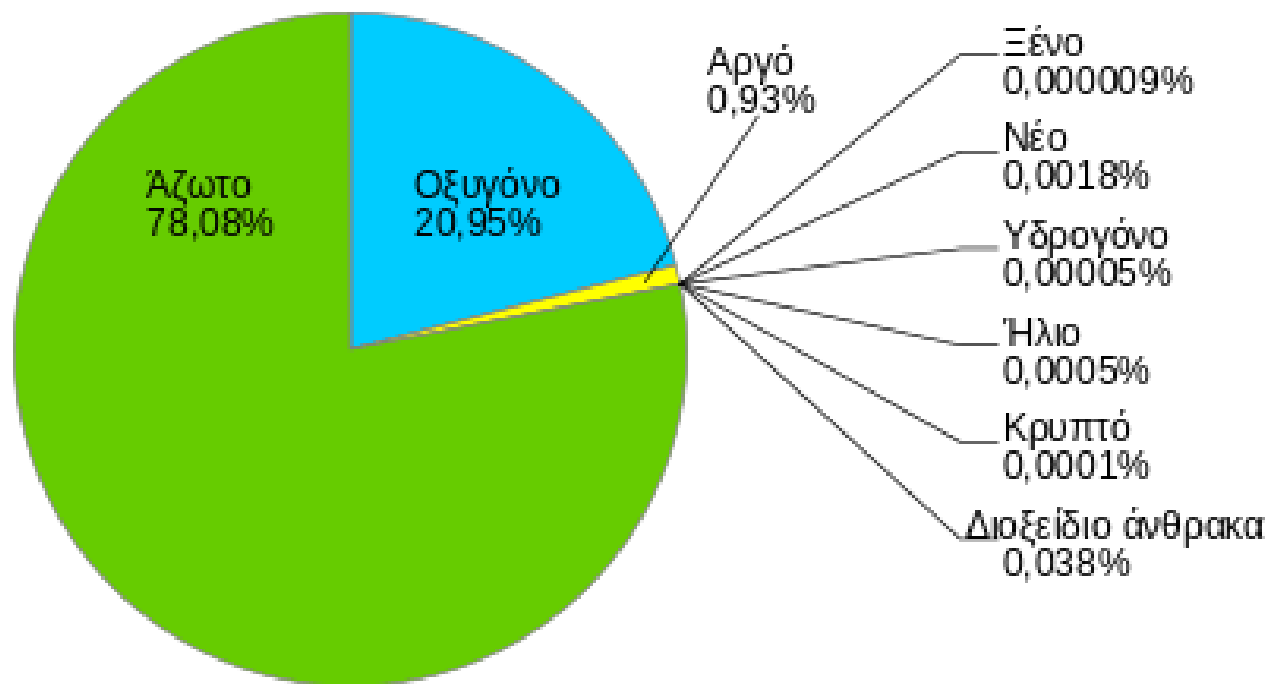
Δομή Ατμόσφαιρας – Θερμόσφαιρα



- Η θερμοκρασία αυξάνεται με αύξηση του ύψους.
- Η αύξηση συνεχίζεται μέχρι τα 400 km όπου βρίσκεται η θερμόπαυση, όπου επικρατούν θερμοκρασίες 1000 °C.
- Απορροφάται η πιο ενεργειακή ηλιακή ακτινοβολία, όπως η υπεριώδης και οι ακτίνες X.
- Αυτή η ακτινοβολία ιονίζει τα αέρια και τους δίνει μεγάλη κινητική ενέργεια.
- Επειδή η πυκνότητα είναι πολύ μικρή, η ενέργεια δεν διαχέεται εύκολα, έτσι η θερμοκρασία αυξάνεται έντονα.

Σύσταση Ατμόσφαιρας

Χημική σύσταση καθαρού και ξηρού αέρα στην επιφάνεια της Γης.



Μεταβλητά συστατικά:

- Υδρατμοί (0–4%)
- O_3
- CH_4
- N_2O
- VOCs

Οι συγκεντρώσεις δίνονται συνήθως σε *ppm* ή *ppb* ή $\mu g/m^3$.

ppm: μέρη όγκου του συστατικού σε ένα εκατομμύριο όγκων αέρα.

Κατάταξη πηγών

Οι **πηγές** ατμοσφαιρικής ρύπανσης κατατάσσονται σε:

- ✓ Φυσικές: θεωρούνται εκείνες που δεν προκαλούνται από ανθρώπινες δραστηριότητες.
- ✓ Ανθρωπογενείς

Ερώτημα:

Αν ο άνεμος παρασέρνει σκόνη από το έδαφος όπου έχουν πρόσφατα διενεργηθεί χωματουργικές εργασίες. Τη μεταφέρει σε αρκετά μεγάλη απόσταση για να την εναποθέσει σε κάποιο άλλο σημείο όπου επηρεάζει άλλους ανθρώπους.

Σε ποια κατηγορία κατατάσσεται ο προκύπτων ρύπος της σκόνης; της φυσικής ή της ανθρωπογενούς προέλευσης.

Φυσικές πηγές

- **Εκρήξεις ηφαιστειών:** όταν εκρήγνυνται εκλύουν σωματίδια ύλης, και ρυπογόνα αέρια όπως SO_2 , H_2S , CH_4 , φθορίδια.



Έκρηξη ηφαιστείου Κιλαουέα της Χαβάης το Δεκέμβριο του 2025

Φυσικές πηγές

- **Δασικές πυρκαγιές:** εκλύουν μεγάλες ποσότητες ρύπων με τη μορφή καπνού, άκαυστων H/Cs, CO, CO₂, NO_x και ιπτάμενης τέφρας.

Ισχυροί άνεμοι μετακινούν μεγάλες ποσότητες σωματιδιακής ύλης.

Πυρκαγιές του 2007 στον Ελλαδικό Χώρο

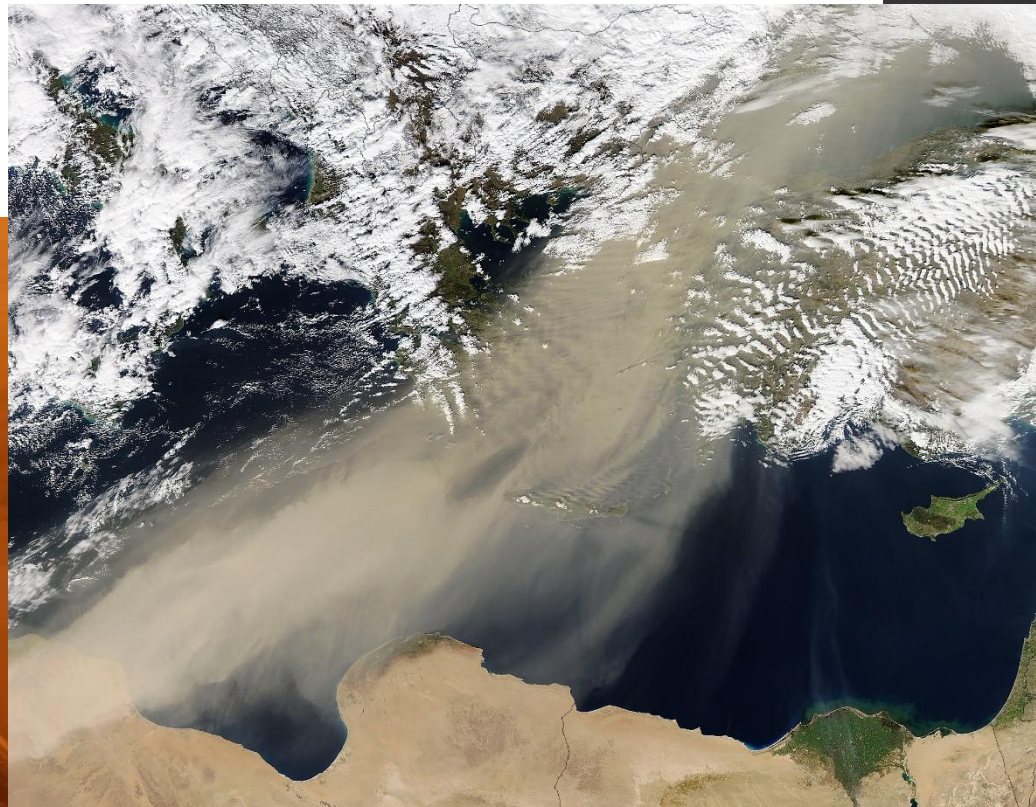


Φυσικές πηγές

- **Αέρας:** μεταφορά σωματιδιακής ύλης από τις ερήμους μέσω ανέμων.

Ο άνεμος με την επωνυμία Λίβας ή Σιρόκος που προκαλεί συχνά έντονη μείωση της ορατότητας λόγω της χρυσοκόκκινης σκόνης που μεταφέρει από την έρημο της Λιβύης ή της Σαχάρας.

Αφρικάνικη σκόνη στον Ελλαδικό χώρο



Φυσικές πηγές

- **Ωκεανοί:** εκλύει συνεχώς αερολύματα (aerosols) με τη μορφή σωματιδίων άλατος (NaCl), τα οποία είναι διαβρωτικά για τα μέταλλα και τις κατασκευές. Αποτελούν επίσης σημαντική πηγή πρωτογενών ρύπων όπως CO , SO_4^{2-} λόγω αντιδράσεων και μετατροπών που μπορεί να συμβαίνουν στην μάζα τους.

Διάβρωση ακτών στον Ελλαδικό χώρο



Φυσικές πηγές

- **Δάση:** κύρια πηγή H/Cs (εκπομπές βιογενών πτητικών οργανικών ενώσεων (BVOCs) από τα δέντρα). Άλλος αέριος ρύπος που οφείλεται στην πανίδα, είναι η γύρη, που προκαλεί αλλεργικές αντιδράσεις και δύσπνοια.

Είναι από τις μεγαλύτερες φυσικές πηγές VOCs παγκοσμίως.

*Great Smoky Mountains, φυσική
«μπλε» ομίχλη, Τενεσί – Βόρεια
Καρολίνα, ΗΠΑ*



Ανθρωπογενείς πηγές

- **Βιομηχανία:** επεξεργασία πρώτων υλών, πχ ορυκτά, ξυλεία, αργό πετρέλαιο κ.α. για τη παραγωγή προϊόντων και ενέργειας.

Παραγωγή επιθυμητού προϊόντος αλλά και πληθώρα παραπροϊόντων από παράλληλες ή επάλληλες αντιδράσεις.



Με κατάλληλη διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας

Να μετασχηματιστούν σε **χρήσιμα προϊόντα**

Παράδειγμα:

Το εκπεμπόμενο CO θα μπορούσε να συλλεχθεί και να χρησιμοποιηθεί ως υψηλής αξίας καύσιμο σε κυψέλες καυσίμου στερεού ηλεκτρολύτη για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κυρίως σε βιομηχανίες.

Ανθρωπογενείς πηγές

- **Υπηρεσίες κοινής ωφέλειας:** εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που παράγει ηλεκτρισμό για θέρμανση και φωτισμό ενός ευρύτερου κοινωνικού συνόλου.

Παράδειγμα:

Μια ηλεκτρική μονάδα 2000 MW καίει ένα εκατομμύριο kg γαιάνθρακα/h.

Οι εκλύσεις ρύπων θα είναι περίπου 340.000 kg οξειδίων του θείου και 185.000 kg οξειδίων του αζώτου την ημέρα.

Αν η ίδια μονάδα λειτουργεί 24 ώρες, πόσο CO₂ θα παραχθεί;

Παράδειγμα:

Τα ΧΥΤΑ αποτελούν σημαντική πηγή οργανικών αερολυμάτων από την αποδόμηση στερεών αποβλήτων.

Ανθρωπογενείς πηγές

- Προσωπική συνεισφορά:



Οι εκπομπές ανά άτομο στην Ελλάδα κυμαίνονται περίπου στους 4,5 - 5,5 τόνους ετησίως.

Ανθρωπογενείς πηγές

Σύγκριση τυπικών εκπομπών από διάφορες συνηθισμένες πηγές καύσης.

Ρύπος	Ηλεκτροπαραγωγικοί σταθμοί (g/kg καυσίμου)			Καύση απορριμμάτων (g/kg απορρίμματος)		Μη ελεγχόμενες εκπομπές αυτοκινήτων (g/kg καυσίμου)	
	Στερεά καύσιμα	Υγρά καύσιμα	Αέρια καύσιμα	Ελεύθερη καύση	Ελεγχόμενη καύση	Βενζίνη	Πετρέλαιο
CO	0	0	0	50	0	165	0
SO ₂	20×S ⁽¹⁾	20×S	16×S	1,5	1,0	0,8	7,5
NO ₂	0,43	0,68	0,16	2,0	1,0	16,5	16,5
Αλδεΐδες, κετόνες	0	0,003	0,001	3,0	0,5	0,8	1,6
Ολικοί H/Cs	0,43	0,05	0,005	7,5	0,5	33,0	30,0
Σωματίδια	75×Σ ⁽²⁾	2,8×Σ	0	11	11	0,05	18,0

⁽¹⁾ S = % περιεκτικότητα θείου στο καύσιμο, και

⁽²⁾ Σ = % περιεκτικότητα στάχτης στο καύσιμο.

Ποιες πηγές θα πρέπει να ελέγχονται περισσότερο για να μειωθεί η ατμοσφαιρική ρύπανση;

Πηγές ρύπανσης

Οι αέριοι ρύποι εκπέμπονται και παραμένουν στην ατμόσφαιρα με διάφορες μορφές (αέρια, καπνός, σκόνες, κ.α.)

Κάθε αέριος ρύπος χαρακτηρίζεται από το **χρόνο παραμονής** του στην ατμόσφαιρα ή το **χρόνο ημιζωής** (το χρόνο που χρειάζεται ώστε να απομακρυνθεί από την ατμόσφαιρα το μισό της ποσότητας του)

- **Ρύποι μικρού χρόνου ζωής**

Έχουν μικρούς χρόνους παραμονής (ώρες ή ημέρες) και έτσι δεν συσσωρεύονται μακροχρόνια στην ατμόσφαιρα.

- **Ρύποι μεγάλου χρόνου ζωής**

Παραμένουν στην ατμόσφαιρα για χρόνια ή δεκαετίες. Έχουν τάση συσσώρευσης με αποτέλεσμα να αυξάνεται η συγκέντρωσή τους με το χρόνο (CO₂, N₂O, CH₄, Χλωροφθοράνθρακες).

Κατηγοριοποίηση Ρύπων

- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Το περισσότερο CO παράγεται από μηχανές εσωτερικής καύσης

- Οργανικές ενώσεις: Μεθάνιο και ανώτερες πτητικές οργανικές ενώσεις (volatile organic compounds, VOCs)
- Ενώσεις που περιέχουν θείο: H₂S, SO₂

Η μεγαλύτερη ποσότητα SO₂, SO₃ προέρχεται από μονάδες παραγωγής ενέργειας

- Ενώσεις που περιέχουν άζωτο (οξείδια του αζώτου, NO_x)

Η μεγαλύτερη ποσότητα NO, N₂O προέρχεται από μηχανές εσωτερικής καύσης

- Αιωρούμενα σωματίδια / Σωματίδια ύλης (PM): PM₁₀PM_{2.5}, σκόνη, καπνός, αιθάλη
- Βαρέα μέταλλα (μόλυβδος, υδράργυρος, αμίαντος, αρσενικό)
- Φωτοχημικά οξειδωτικά (O₃)

Ατμοσφαιρικοί Ρύποι – Ενώσεις αζώτου

Το μοριακό άζωτο (N_2) είναι το πιο άφθονο συστατικό της ατμόσφαιρας (78%).

- Είναι χημικά αδρανές λόγω του ισχυρού τριπλού δεσμού $N \equiv N$.
- Δεν συμμετέχει άμεσα στις περισσότερες ατμοσφαιρικές χημικές αντιδράσεις.
- **Δεσμεύεται** από ειδικούς μικροοργανισμούς (αζωτοδεσμευτικά βακτήρια).

✓ Υποξείδιο του αζώτου (N_2O)

✓ Μονοξείδιο του αζώτου (NO)

✓ Διοξείδιο του αζώτου (NO_2)

✓ Αμμωνία (NH_3) και νιτρικά, νιτρώδη, αμμωνιακά άλατα

Υποξείδιο του αζώτου (N_2O)

Το υποξείδιο του αζώτου (N_2O), γνωστό και ως πρωτοξείδιο του αζώτου, με μέση συγκέντρωση στην ατμόσφαιρα 0.25-0.31 ppm.

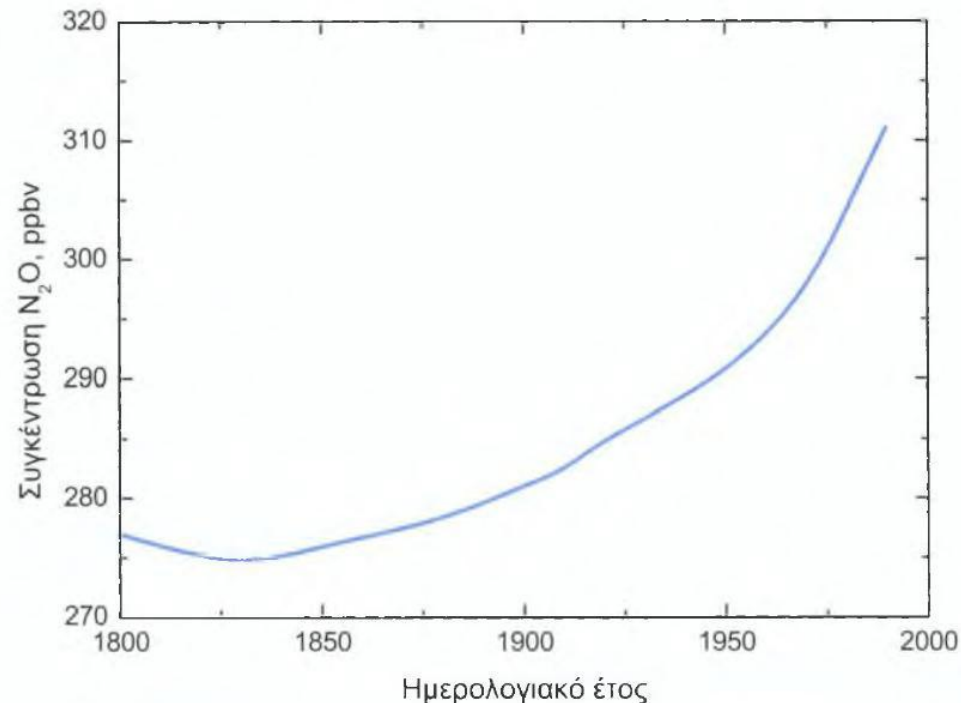
- Είναι αέριο του θερμοκηπίου με σημαντική συμβολή στην κλιματική αλλαγή.
- Είναι εξαιρετικά δραστικό επειδή απορροφά την υπέρυθη ακτινοβολία περίπου 300 φορές πιο ισχυρά από το CO_2 .
- Έχει μεγάλο χρόνο ζωής στην ατμόσφαιρα ($\approx 100\text{--}120$ έτη).

Το N_2O μεταφέρεται στη στρατόσφαιρα, όπου:

- Φωτοδιασπάται ή
- Αντιδρά με διεγερμένα άτομα οξυγόνου

Έτσι, παράγονται δραστικά είδη αζώτου (NO), τα οποία:

- Συμμετέχουν σε καταλυτικούς κύκλους
- Συμβάλλουν στην καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος (O_3)



Υποξείδιο του αζώτου (N_2O)

Πηγές

- Φυσικές (61%): έδαφος μέσω των μικροβιακών διεργασιών νιτροποίησης και απονιτροποίησης και υγρότοποι
- Ανθρωπογενείς (39%): κυριότερη οι καλλιέργειες, από χρήσεις αζωτούχων λιπασμάτων στο έδαφος (νιτρικών ή αμμωνιακών).



Οξείδιο και διοξείδιο του αζώτου (NO και NO₂)

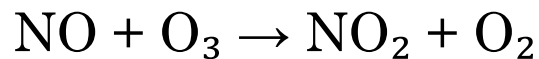
Τα οξείδια του αζώτου, γνωστά ως NO_x (μονοξείδιο του αζώτου, NO και διοξείδιο του αζώτου, NO₂), αποτελούν από τις σημαντικότερες ενώσεις στη χημεία της ατμόσφαιρας.

Τα NO_x:

- Συμμετέχουν ενεργά στις **φωτοχημικές αντιδράσεις** της τροπόσφαιρας.
- Ελέγχουν την οξειδωτική ικανότητα της ατμόσφαιρας.
- Συμβάλλουν στη μεταβολή της σύστασής της μέσω σχηματισμού δευτερογενών ρύπων.

Το NO είναι το πρωτογενές προϊόν και ο κύριος πρόδρομος του NO₂ (δευτερογενής ρύπος).

Στον αέρα το NO οξειδώνεται σχετικά γρήγορα και παράγει NO₂:



- Το NO₂ απομακρύνεται από την ατμόσφαιρα κυρίως μέσω φωτόλυσης και χημικών αντιδράσεων αλλά και διάλυσης σε σταγονίδια.

Οξείδιο και διοξείδιο του αζώτου (NO και NO₂)

Ο κύκλος των αντιδράσεων ονομάζεται **φωτοχημικός κύκλος των οξειδίων του αζώτου**.

Το μεγαλύτερο ποσοστό NO_x μεταφέρεται στο έδαφος μέσω διαφόρων μηχανισμών με κυριότερους τη ξηρή και υγρή εναπόθεση. Ο χρόνος παραμονής τους στην ατμόσφαιρα ανέρχεται σε μερικές μέρες.

Τα NO_x απομακρύνονται από την ατμόσφαιρα είτε ως νιτρικό οξύ και νιτρικά άλατα που υπόκεινται σε υγρή ή ξηρή εναπόθεση είτε με χημικές αντιδράσεις που οδηγούν σε δευτερογενείς ρύπους.

Υγρή εναπόθεση

Απομάκρυνση ρύπων από την ατμόσφαιρα εξαιτίας της σάρωσής τους από σταγόνες νερού (βροχή) ή πάγου (χιόνι ή χαλάζι)

Ξηρή εναπόθεση

Απορρόφηση ρύπων στην επιφάνεια της γη, όπως στο έδαφος σε φύλλα δέντρων, κ.α.

Οξείδιο και διοξείδιο του αζώτου (NO και NO₂)

Τα NO_x είναι τοξικές ενώσεις με δυσμενείς επιπτώσεις στα ζώα, στους ανθρώπους και στα φυτά.

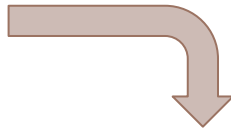
- Το NO προκαλεί παράλυση και σπασμούς του νευρικού συστήματος.
- Το NO₂ είναι ερεθιστικό στα μάτια και τους πνεύμονες, προκαλεί ακόμη και πνευμονικό οίδημα.
 - Σε συγκέντρωση πάνω από 150 ppm προκαλεί θάνατο.
 - Σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 5 ppm για διάρκεια 15 min προκαλεί ερεθισμό του αναπνευστικού συστήματος.
- Τα NO_x προκαλούν νέκρωση στο περίγυρο των φύλλων και ελαττώνουν την ανάπτυξη των φυτών.

Εξαιτίας της τοξικότητας των NO_x γίνεται προσπάθεια να διατηρείται χαμηλή η θερμοκρασία κατά τη καύση, για να ελαχιστοποιείται το ποσοστό των NO_x που εκπέμπονται.

Ερώτημα

Αν μια πόλη έχει έντονη ηλιοφάνεια και υψηλή κυκλοφορία, τι θα συμβεί;

- VOCs από καύσεις
- NO_x από κινητήρες
- UV ακτινοβολία



Θα αυξηθεί ο σχηματισμός φωτοχημικού νέφους και τροποσφαιρικού όζοντος.

Τα **φωτοχημικά οξειδωτικά** (Φ.Ο.) είναι δευτερογενείς ρύποι που προκύπτουν από πολύπλοκες ατμοσφαιρικές αντιδράσεις.

Σχηματίζονται όταν:



Η ηλιακή ακτινοβολία λειτουργεί ως καταλύτης που ενεργοποιεί τις αντιδράσεις.

Ατμοσφαιρικοί Ρύποι – Ενώσεις θείου

Οι ενώσεις του θείου αποτελούν μία από τις πιο σημαντικές και ιστορικά καταστροφικές ομάδες ατμοσφαιρικών ρύπων.

Συνδέονται με:

- ❖ Σημαντικές μεταβολές στη χημεία της ατμόσφαιρας
 - ❖ Όξινη βροχή
 - ❖ Βλάβες στη χλωρίδα και την πανίδα
 - ❖ Οξίνιση υδάτινων οικοσυστημάτων
 - ❖ Φθορά υλικών και μνημείων
 - ❖ Πιθανές επιδράσεις στο κλίμα (μέσω αερολυμάτων)
-
- Η συγκέντρωση του θείου στην ατμόσφαιρα από φυσικές πηγές υπολογίζεται ότι είναι περίπου 125×10^9 kg και από ανθρωπογενείς 45×10^9 kg.
 - Έχουν σχετικά μικρό χρόνο ζωής στην ατμόσφαιρα, 3–7 ημέρες.

Ατμοσφαιρικοί Ρύποι – Ενώσεις θείου

- ✓ Διοξείδιο του Θείου (SO_2)
- ✓ Υδρόθειο (H_2S)
- ✓ Θεικό Οξύ (H_2SO_4)
- ✓ Διμεθυλοσουλφίδιο (DMS, CH_3SCH_3)
- ✓ Καρβονυλοσουλφίδιο (OCS)

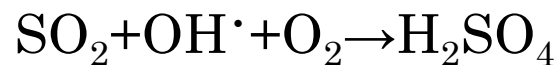
Διοξείδιο του θείου (SO₂)

- Άχρωμο αέριο.
- Έχει έντονη, ερεθιστική οσμή σε υψηλές συγκεντρώσεις (> 500 ppbv).
- Είναι ένας από τους σημαντικότερους ατμοσφαιρικούς ρύπους του 20^{ου} αιώνα.

Το SO₂ αποτελεί το **κύριο προϊόν καύσης** καυσίμων που περιέχουν θείο, όπως άνθρακας, πετρέλαιο, ξύλα.

Το SO₂ από μόνο του είναι σχετικά σταθερό, αλλά στην ατμόσφαιρα **οξειδώνεται** γρήγορα και μετατρέπεται σε **θειικό οξύ** (H₂SO₄) ή σε σωματίδια **θεικών αλάτων**, συνεισφέροντας στο φαινόμενο της όξινης βροχής.

Ατσάλινες κατασκευές, καλώδια, υφάσματα, ασβεστόλιθος, οικοδομικές πέτρες, τσιμέντο και μπογιά, καταστρέφονται βαθμιαία.



Διοξείδιο του θείου (SO_2)

- Οι γαιάνθρακες έχουν περιεκτικότητα 2-3 % σε θείο.
- Το πετρέλαιο έχει περιεκτικότητα 0.1-0.3% σε θείο.
- Το μαζούτ (ακάθαρτο πετρέλαιο) έχει περιεκτικότητα 1-5% σε θείο. Χρησιμοποιείται ακόμη ως καύσιμο στα πλοία.



Καρβονυλοσουλφίδιο (OCS)

- Η πιο άφθονη μορφή θείου στην ατμόσφαιρα υπό συνθήκες υποβάθρου
- Μέση συγκέντρωση ≈ 0.5 ppb.
- Μεγάλος χρόνος ζωής (~ 7 έτη)
- Δεν οξειδώνεται γρήγορα στην τροπόσφαιρα

Είναι η μόνη ένωση θείου που επιβιώνει αρκετά, μεταφέρεται στη στρατόσφαιρα και συμβάλλει στο φυσικό στρώμα στρατοσφαιρικών θειικών αερολυμάτων.

- Το OCS έχει έμμεση αλλά παγκόσμια κλιματική σημασία.
- Παράγεται κυρίως από:
 - Οξείδωση του CS_2
 - Ωκεανούς
 - Πυρκαγιές
- Καταναλώνεται κυρίως από:
 - Δάση και έδαφος

Διμεθυλοσουλφίδιο (DMS, CH_3SCH_3)

- Το DMS είναι οργανική ένωση του θείου και αποτελεί τη σημαντικότερη φυσική πηγή θείου στην τροπόσφαιρα.
- Πτητικό υγρό σε φυσική μορφή
- Άχρωμο, εύφλεκτο
- Αδιάλυτο ή ελάχιστα διαλυτό στο νερό
- Έχει χαρακτηριστική δυσάρεστη οσμή

Το DMS παράγεται σχεδόν αποκλειστικά από:

- Θαλάσσιους μικροοργανισμούς
- Φυτοπλαγκτόν
- Βιοδιάσπαση οργανικών θειούχων ενώσεων (κυρίως DMSP)

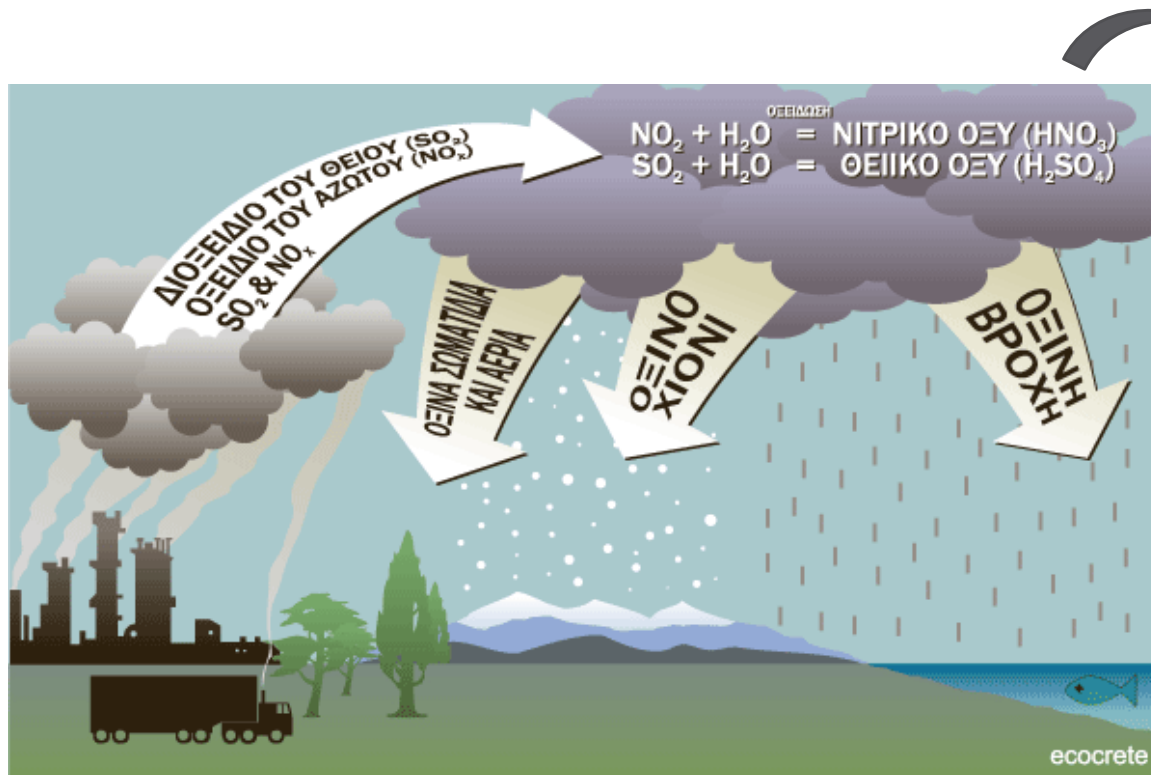
Η οξείδωση του οδηγεί στον σχηματισμό:

- SO_2
- Μεθανοσουλφονικού οξέος (MSA)
- Διμεθυλοσουλφοξείδιο (DMSO)
- Διμεθυλοσουλφόνη
- H_2SO_4

Παγκοσμίως οι ωκεανοί εκπέμπουν περίπου 15 εκατομμύρια τόνους θείου ετησίως ως DMS.

Όξινη βροχή

Η όξινη βροχή είναι κάθε μορφή ατμοσφαιρικής **κατακρήμνισης** (βροχή, χιόνι, ομίχλη, χαλάζι) που περιέχει ισχυρά ανόργανα οξέα, τα οποία σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα από την οξείδωση του διοξειδίου του θείου (SO_2) και των οξειδίων του αζώτου (NO_x).



Όξινη βροχή

Η οξύτητα της όξινης βροχής μετριέται με την κλίμακα του pH. Όσο χαμηλότερο είναι το pH, τόσο πιο όξινη είναι η βροχή.

- Το pH του καθαρού, απεσταγμένου νερού είναι 7 (ουδέτερο).
- Η φυσιολογική βροχή είναι ελαφρώς όξινη, επειδή το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) της ατμόσφαιρας διαλύεται στο νερό και σχηματίζει ασθενές ανθρακικό οξύ. Έτσι, το pH της φυσικής βροχής είναι περίπου 5.6.
- Η όξινη βροχή έχει σημαντικά χαμηλότερο pH, συνήθως μεταξύ 4.0 και 4.5, ενώ έχουν καταγραφεί και ακόμη χαμηλότερες τιμές σε βιομηχανικές περιοχές.

	Τιμές pH	Παραδείγματα
ΟΞΙΝΟ ↑	pH=0	Οξύ μπαταρίας
	pH=1	Θεικό οξύ
	pH=2	Χυμός λεμονιού, Ξύδι
	pH=3	Χυμός πορτοκαλιού, σόδα
	pH=4	Όξινη βροχή (4,2 - 4,4) Όξινη λίμνη (4,5)
	pH=5	Μπανάνες (5,0 - 5,3) Βροχή-καθαρή (5,6)
ΟΥΔΕΤΕΡΟ ↓	pH=6	Υγιής λίμνη (6,5) Γάλα (6,5 - 6,8)
	pH=7	Καθαρό νερό
	pH=8	Θαλασσινό νερό, αυγά
	pH=9	Μαγειρική σόδα
	pH=10	Γάλα μαγνησίας
	pH=11	Αμμωνία
	pH=12	Σαπουνιωτό νερό
	pH=13	Χλωρίνη
ΑΛΚΑΛΙΚΟ	pH=14	Υγρό ξηρό καθαριστικό

Μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 2000, στις Ηνωμένες Πολιτείες είχαν καταγραφεί τιμές βροχής με pH που έφτανε περίπου στο 4.3 σε ορισμένες περιοχές.

Όξινη βροχή

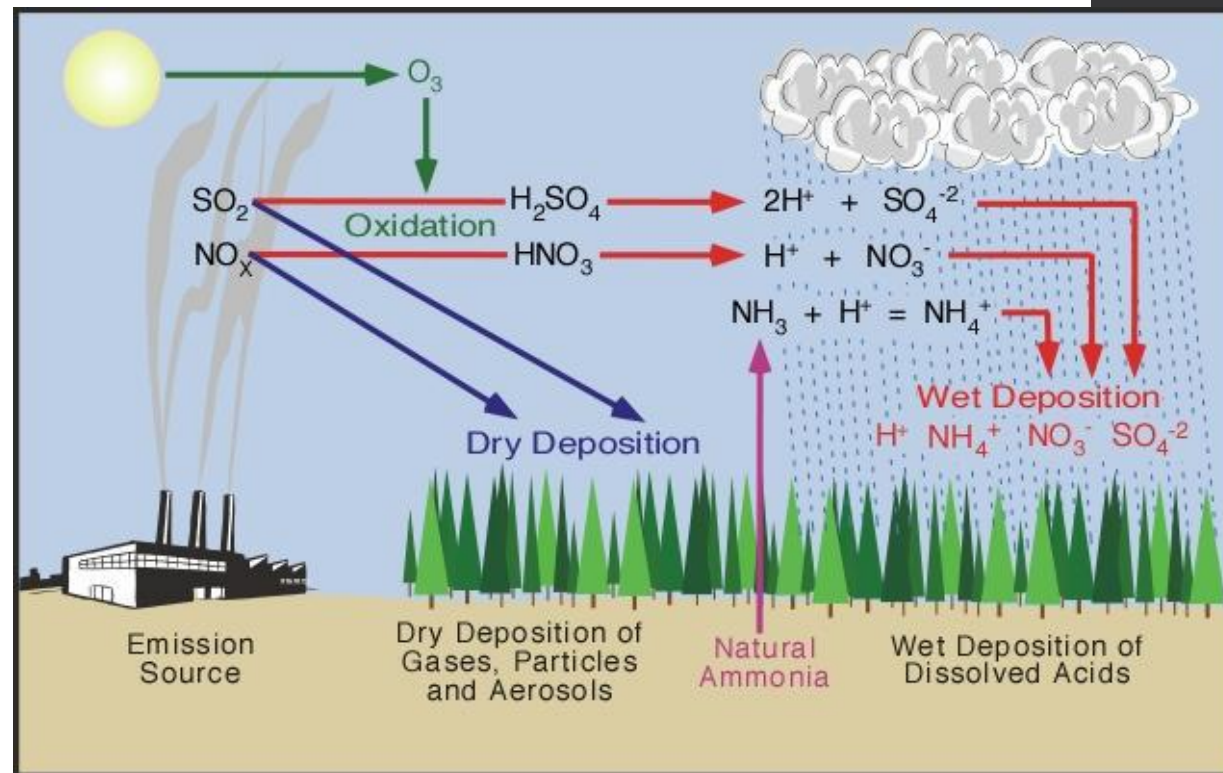
Η κύρια αιτία δημιουργίας της όξινης βροχής είναι η **παρουσία μεγάλων ποσοτήτων διοξειδίου του θείου (SO₂)** και **οξειδίων του αζώτου (NO_x)** στην ατμόσφαιρα που προέρχονται από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε μονάδες που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα, όπως ο άνθρακας.

Η όξινη βροχή δημιουργείται όταν τα αέρια αυτά αντιδρούν στην ατμόσφαιρα με:

- υδρατμούς (νερό),
- οξυγόνο,
- και άλλες χημικές ενώσεις.

Οι αντιδράσεις αυτές οδηγούν στον σχηματισμό:

- θεικού οξέος (H₂SO₄)
- νιτρικού οξέος (HNO₃)



Όξινη βροχή

Επιπτώσεις στα **υδάτινα οικοσυστήματα**

Η όξινη βροχή προκαλεί οξίνιση των λιμνών και των ποταμών, μειώνοντας το pH του νερού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα:

- θνησιμότητα ψαριών και υδρόβιων οργανισμών,
- διαταραχή των τροφικών αλυσίδων,
- αύξηση της διαλυτότητας τοξικών μετάλλων (π.χ. αλουμινίου).

Επιπτώσεις στα **δάση** και στα **εδάφη**

Η όξινη βροχή:

- καταστρέφει δέντρα σε μεγάλα υψόμετρα
- αποδυναμώνει το ριζικό σύστημα,
- απομακρύνει βασικά θρεπτικά στοιχεία από το έδαφος (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+),
- καθιστά τα δάση πιο ευάλωτα σε ασθένειες και παγετό.



Επιδράσεις της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης - Υλικά

Οι αέριοι ρύποι, όπως το SO_2 και τα οξείδια του αζώτου, σχηματίζουν όξινα προϊόντα στην ατμόσφαιρα.

Αντιδρούν με το ανθρακικό ασβέστιο του μαρμάρου και το διαλύουν σταδιακά.



Φθορά μνημείων



Άσκηση

- Σε μια περιοχή καίγεται γαιάνθρακας με ρυθμό 0.5 kg/s. Αν ο γαιάνθρακας περιέχει θείο σε ποσοστό 3%, πόσα κιλά διοξειδίου του θείου εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα το χρόνο από τη καύση αυτή του γαιάνθρακας; Θεωρήστε ότι η απόδοση της καύσης είναι 95%. Δίνεται $A_r S=32$ g/mol.

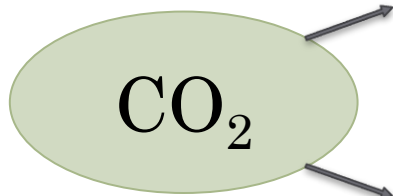
Ατμοσφαιρικοί Ρύποι – Ενώσεις άνθρακα

- ✓ Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)
- ✓ Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
- ✓ Μεθάνιο (CH_4)
- ✓ Υδρογονάνθρακες πλην μεθανίου

Διοξείδιο του άνθρακα

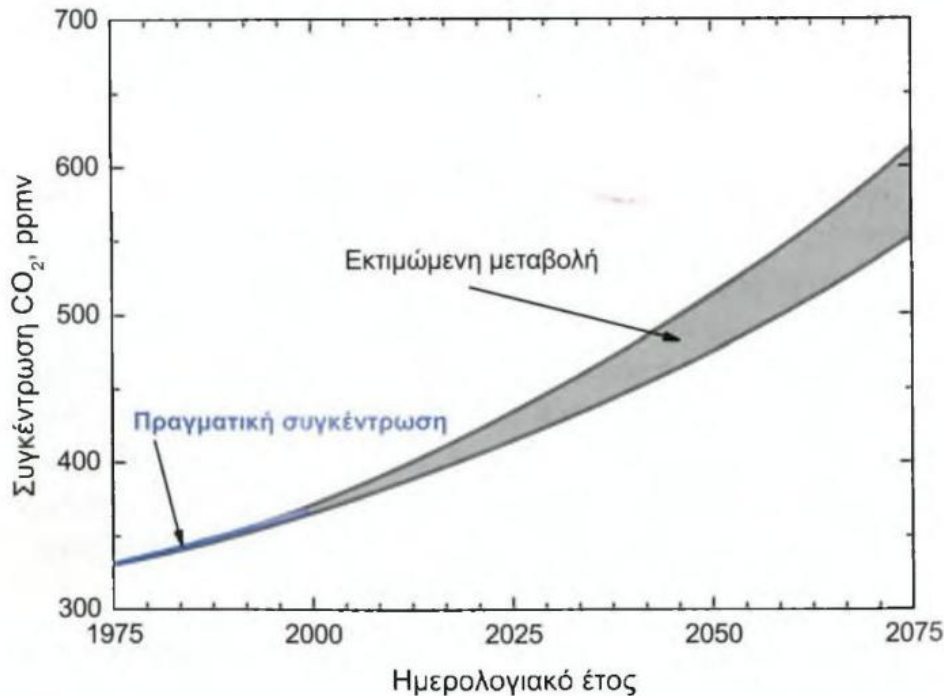


- Το CO₂, αν και όχι τοξικό, αποτελεί ένα μόριο που αποβάλλεται στην ατμόσφαιρα σε τεράστιες ποσότητες και έχει **έμμεσες** μεν, **σοβαρές** δε, **επιδράσεις** στην εξέλιξη της ζωής στον πλανήτη.



Ο πιο σημαντικός αέριος ρύπος

Όλη η τροφική αλυσίδα βασίζεται σε αυτό



Προβλέψεις για την εξέλιξη της αύξησης της συγκέντρωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα

Διοξείδιο του άνθρακα

Ισοζύγιο CO₂

Ο κύκλος του άνθρακα βρισκόταν σε ισορροπία, **98.1%** του CO₂ βρισκόταν αποθηκευμένο στους ωκεανούς, ενώ μόλις **1.9%** βρισκόταν στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα να παραμένει περίπου σταθερή.

Μετά το 1800, η εκτεταμένη καύση ορυκτών καυσίμων, η αποψίλωση δασών και οι βιομηχανικές δραστηριότητες οδήγησαν σε μαζική εισαγωγή επιπλέον CO₂ στην ατμόσφαιρα.

- Εκτιμάται ότι: περίπου **80–85%** του ανθρωπογενούς CO₂ που εκπέμπεται απορροφάται τελικά από τους ωκεανούς, ενώ το υπόλοιπο **15–20%** παραμένει στην ατμόσφαιρα.

Από την έναρξη της Βιομηχανικής Επανάστασης έως σήμερα:

- Μόνο περίπου **42%** του συνολικού CO₂ που έχει εισαχθεί στην ατμόσφαιρα έχει αφομοιωθεί στους ωκεανούς.

Αυτό εξηγεί γιατί η συγκέντρωση CO₂ αυξάνεται διαρκώς, παρά τη φυσική ικανότητα των ωκεανών να λειτουργούν ως «καταβόθρες άνθρακα».

Διοξείδιο του άνθρακα

Απορρόφηση CO₂

Εκτιμάται ότι από τα 100 μόρια CO₂ που εισάγονται στην ατμόσφαιρα λόγω ανθρωπογενών εκπομπών, η απορρόφησή τους από το ωκεάνιο σύστημα γίνεται σταδιακά και σε διαφορετικές χρονικές κλίμακες:

- 6 μόρια διαλύονται στον ωκεανό μέσα σε 1 έτος
- 29 μόρια διαλύονται μέσα σε 10 έτη
- 59 μόρια διαλύονται μέσα σε 60 έτη
- 84 μόρια διαλύονται μέσα σε 360 έτη
- Η πλήρης απορρόφηση προσεγγίζεται σε χρονική κλίμακα > 1000 ετών.

Διοξείδιο του άνθρακα – Πηγές

Φυσικές

- Αναπνοή φυτών και ζώων
- Αποσύνθεση οργανικής ύλης
- Ηφαίστεια & θερμές πηγές
- Διάλυση ανθρακικών πετρωμάτων

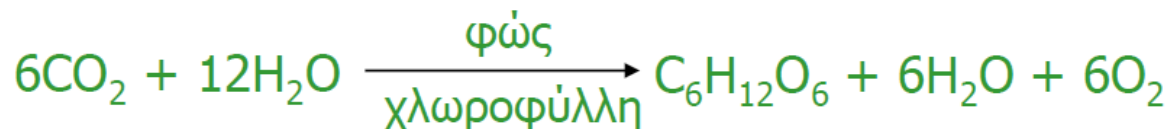
Ανθρωπογενείς

- Καύση ορυκτών καυσίμων
- Αλλαγή χρήσης γης:
 - Μεταβαλλόμενες γεωργικές πρακτικές
 - Αποψίλωση δασών (πυρκαγιές)
 - Καύση βιομάζας

Καταβόθρες

- Δέσμευση από ωκεανούς
- Φωτοσύνθεση

Λειτουργούν ως
«αποθήκη» άνθρακα.



Μονοξείδιο του άνθρακα

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) παράγεται κυρίως από την **ατελή καύση υδρογονανθράκων**, οι οποίοι χρησιμοποιούνται ως καύσιμα.

Η ατελής καύση συμβαίνει όταν:

- δεν υπάρχει επαρκής ποσότητα οξυγόνου, ή
- δεν υπάρχει αρκετός χρόνος για την πλήρη οξείδωση του καυσίμου σε CO₂ (πλήρης καύση).

Ανθρωπογενείς Πηγές CO

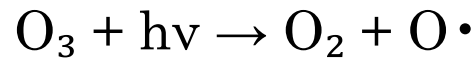
- Περίπου 71% των εκπομπών CO προέρχεται από τα οχήματα (μηχανές εσωτερικής καύσης).
- Μικρότερα ποσοστά συμβάλλουν:
 - μονάδες θέρμανσης,
 - βιομηχανικές διεργασίες,
 - καύση στερεών αποβλήτων

Φυσικές Πηγές CO

- Παράγεται δευτερογενώς μέσω οξείδωσης του ατμοσφαιρικού μεθανίου.

Μονοξείδιο του άνθρακα

Η παραγωγή των ριζών $\text{OH}\cdot$ ξεκινά από τη φωτοχημική αποσύνθεση του όζοντος:



Μπορούμε να θεωρήσουμε τη παρακάτω αλληλουχία αντιδράσεων για τη παραγωγή CO από ατμοσφαιρική οξείδωση CH_4 .



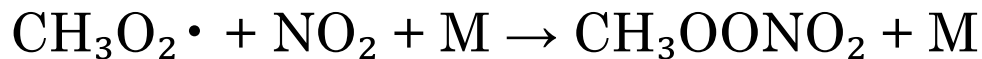
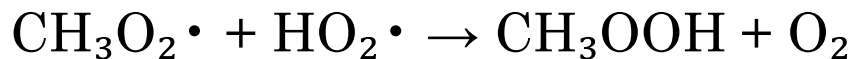
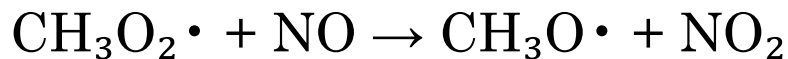
Σχηματίζεται η μεθυλο-υπεροξειδική ρίζα

Κάποιο άλλο μόριο ή σωματίδιο της ατμόσφαιρας σε ρόλο καταλύτη

Οι μεθυλο-υπεροξειδικές ρίζες στην τροπόσφαιρα μπορούν να αντιδράσουν με NO , NO_2 , ρίζες $\text{HO}_2\cdot$, άλλες οργανικές υπεροξειδικές ρίζες ($\text{RO}_2\cdot$),

Μονοξείδιο του άνθρακα

Κύριες αντιδράσεις:

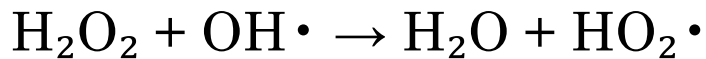
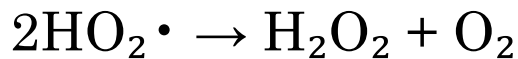
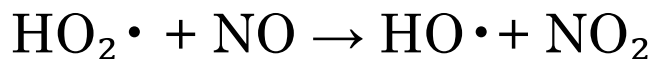


Η ρίζα μεθοξυλίου ($\text{CH}_3\text{O}\cdot$) αντιδρά με O_2 :



Παράγεται φορμαλδεΐδη

Σχηματισμός νιτρικού οξέος και υπεροξειδίου του υδρογόνου:

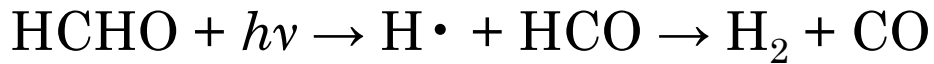


Το H_2O_2 το κυριότερο οξειδωτικό που παρατηρείται σε σύννεφα, ομίχλη και βροχή

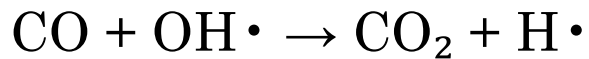
Ανακύκλωση ριζών

Μονοξείδιο του άνθρακα

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) παράγεται τελικά από την περαιτέρω οξείδωση της φορμαλδεΐδης (HCHO), η οποία σχηματίζεται κατά την οξείδωση του μεθανίου ή και από την αντίδραση της με τις ρίζες υδροξυλίου.



Υπό την παρουσία ισχυρών οξειδωτικών, κυρίως ριζών υδροξυλίου (OH·), το CO οξειδώνεται περαιτέρω σε διοξείδιο του άνθρακα:



Όλη αυτή η αλληλουχία αντιδράσεων
ελέγχεται από ρίζες και φωτοχημικές
διεργασίες

Μονοξείδιο του άνθρακα

Πηγές παραγωγής CO στην ατμόσφαιρα	Εκτίμηση, Tg(CO)/έτος
(α) Πρωτογενώς	
Καύσεις ορυκτών καυσίμων και Βιομηχανίες	300
Καύσεις βιομάζας	300
Ωκεανούς/θάλασσες	20
Διάσπαση χλωροφύλλης	60
(β) Δευτερογενώς	
Οξείδωση CH ₄ της ατμόσφαιρας	400
Οξείδωση VOCs της ατμόσφαιρας	200
Συνολική δυναμικότητα πηγών	1800-2700
Κατακρατητές απομάκρυνσης CO από την ατμόσφαιρα	
Εκτίμηση, Tg(CO)/έτος	
Οξείδωση με OH [•]	1400-2600
Κατακράτηση από το έδαφος	250-640
Καταστροφή του στη στρατόσφαιρα	~100
Συνολική δυναμικότητα απομάκρυνσης CO	2100-3000

Δηλητηρίαση από CO;

- Το CO παράγεται από ατελή καύση καυσίμων.
- Σε σπίτια με κακή καύση ή ελλιπή εξαερισμό.
- Σε βιομηχανικούς χώρους

Γιατί είναι επικίνδυνο;

Είναι άοσμο, άχρωμο, μη ερεθιστικό και δεσμεύεται στην αιμοσφαιρίνη ~200 φορές ισχυρότερα από το O₂, προκαλώντας υποξία χωρίς προειδοποιητικά συμπτώματα.

Αν και το CO₂ είναι άοσμο, γιατί δεν συμβαίνουν συχνά αιφνίδιες δηλητηριάσεις όπως με το CO;

- Προκαλεί πρόβλημα όταν αυξηθεί πολύ.
- Δεν δεσμεύεται στην αιμοσφαιρίνη.
- το CO₂ προκαλεί έντονη αναπνευστική αντίδραση, ενώ το CO όχι.

Τοξικότητα CO

Η τοξική του δράση οφείλεται στη χημική συγγένεια με την αιμοσφαιρίνη του αίματος.

Η αιμοσφαιρίνη δρα ως μεταφορέας του οξυγόνου από τους πνεύμονες στα κύτταρα του σώματος και του CO₂ από τα κύτταρα στους πνεύμονες.

Η παρουσία του CO στον αέρα που εισπνέουμε περιορίζει την οξυγόνωση των κυττάρων, επειδή αντικαθιστά το οξυγόνο στην οξυαιμοσφαιρίνη και σχηματίζει την καρβοξυαιμοσφαιρίνη.

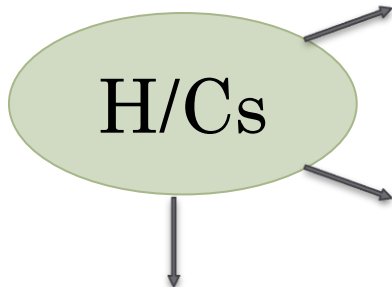
Προκαλεί ανοξία που εκδηλώνεται στον εγκέφαλο με ναυτίες, κεφαλαλγίες, απώλειες συνείδησης.

- Υπολογίζεται ότι η συγκέντρωση του CO στο καπνό, όπως είναι αραιωμένος κατά την εισπνοή, φθάνει τα 600 ppm. Η συγκέντρωση της καρβοξυαιμοσφαιρίνης ενός μη καπνιστή είναι 1.3%, ενώ σε καπνιστή των 10 τσιγάρων είναι 3.8% και σε καπνιστή των 40 τσιγάρων φθάνει το 4%.

Υδρογονάνθρακες (H/Cs)

Αποτελούν κατηγορία οργανικών ενώσεων που περιλαμβάνει μόρια τα οποία αποτελούνται από άτομα άνθρακα (C) και άτομα υδρογόνου (H)

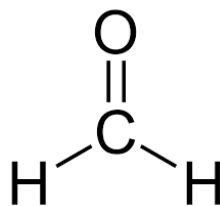
Εξαιρέσεις: Τα οξείδια του άνθρακα (CO, CO₂, H₂CO₃ κ.ά.), τα ανθρακικά άλατα (Na₂CO₃, CaCO₃ κ.ά.) και τα καρβίδια (ενώσεις μετάλλων με άνθρακα, π.χ. CaC₂, Al₄C₃)



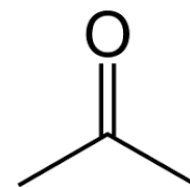
Άκυκλοι (Αλειφατικοί), όπως αλκάνια, αλκένια, αλκίνια

Κυκλικοί (Αρωματικοί), όπως βενζόλιο, τολουόλιο

Οξυγονωμένοι, όπως αλδεΐδες, κετόνες, οξέα, αλκοόλες, αιθέρες, εστέρες



Φορμαλδεΐδη

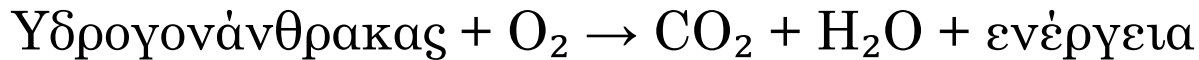


Ακετόνη

Υδρογονάνθρακες (H/Cs)

Οι περισσότεροι υδρογονάνθρακες στη φύση προέρχονται από την **αποσύνθεση οργανικής ύλης** και βρίσκονται κυρίως στο αργό πετρέλαιο

Μια βασική κοινή ιδιότητα όλων των υδρογονανθράκων είναι η ικανότητά τους να **καίγονται**.



Οι υδρογονάνθρακες αποτελούν τη σημαντικότερη **πηγή ενέργειας** στη Γη.

Η κύρια χρήση τους είναι ως καύσιμα:

- Αέρια: φυσικό αέριο
- Υγρή: πετρέλαιο
- Στερεή: λιγνίτης

Αλλά και ως χημικές πρώτες ύλες: Πλαστικά, Παραφίνες, Διαλύτες

Υδρογονάνθρακες (H/Cs)

Το μεθάνιο είναι ο πιο απλός αλλά και ο πιο άφθονος H/Cs στην ατμόσφαιρα.

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες προσθέτουν στην ατμόσφαιρα περίπου 1×10^8 t/έτος υδρογονάνθρακες, με κύριο συστατικό το CH₄ (~90%). Το υπόλοιπο ~10% αφορά ένα μεγάλο πλήθος άλλων υδρογονανθράκων.

Επειδή το CH₄ παρουσιάζει διαφορετική συμπεριφορά στην τροπόσφαιρα (συγκριτικά με άλλους οργανικούς ρύπους), έχει καθιερωθεί ο διαχωρισμός των υδρογονανθράκων σε δύο κατηγορίες:

- Μεθάνιο (CH₄)
- Μη-Μεθανικοί υδρογονάνθρακες (NMHCs) (οι οποίοι συχνά αναφέρονται και ως Πτητικές Οργανικές Ενώσεις – VOCs)

VOCs είναι πτητικές οργανικές ενώσεις που, όταν εισέλθουν στην ατμόσφαιρα, μπορούν να παραμείνουν αρκετό χρονικό διάστημα ώστε να συμμετάσχουν σε φωτοχημικές αντιδράσεις.

Υδρογονάνθρακες (H/Cs)

Για να θεωρηθεί μια ένωση «πιητική» σε συνθήκες περιβάλλοντος, πρέπει να διαθέτει σχετικά **υψηλή τάση ατμών**.

Ένα ενδεικτικό κριτήριο είναι: τάση ατμών $> 0,1$ mmHg σε κανονικές συνθήκες (20°C και 1 atm)

Ανθρώπινη δραστηριότητα	Εκπομπές VOCs (Tg/yr)
Παραγωγή & διανομή καυσίμων	17,5
Καύση καυσίμων κίνησης (βενζίνη, diesel)	36
Καύση άνθρακα, ξύλου, αγρών, κ.ά.	48,5
Χημική βιομηχανία και χρήση διαλυτών	22
Ανεξέλεγκτες καύσεις, κλπ	18
Σύνολο	142

Μια καταγραφή στις ΗΠΑ προσδιόρισε **~ 600 διαφορετικές ενώσεις** ανθρωπογενούς προέλευσης.

Ατμοσφαιρικοί ρύποι – Σωματιδιακοί, Αερολύματα

Σωματιδιακοί ρύποι είναι στερεά ή υγρά μικροσκοπικά σωματίδια που αιωρούνται στην ατμόσφαιρα.

Τα σωματίδια στην ατμόσφαιρα μπορεί να είναι: Διάφορα ιόντα, σύμπλοκα μορίων, κρύσταλλοι πάγου, σκόνη, καπνός, σταγονίδια ομίχλης, σταγόνες βροχής, γύρη, κ.α.

Ταξινομούνται με βάση:

- Προέλευση (πρωτογενή, δευτερογενή)
- Χημική σύσταση (οργανικά, ανόργανα)
- Μέγεθος
 - $PM_{10} < 10 \mu m$: Εισέρχονται στο ανώτερο αναπνευστικό σύστημα,
 - $PM_{2.5} < 2.5 \mu m$: Διεισδύουν βαθιά στους πνεύμονες,
 - Υπερλεπτά (Ultrafine, $PM_{0.1} < 0.1 \mu m$): Μπορούν να περάσουν στο αίμα.
 - Όσο μικρότερο το σωματίδιο \rightarrow τόσο μεγαλύτερη επικινδυνότητα.

Ατμοσφαιρικοί ρύποι – Σωματιδιακοί, Αερολύματα

Οι σωματιδιακοί ρύποι έχουν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και στο κλίμα και στα υλικά.

➤ Επιπτώσεις στο **περιβάλλον**

- Μείωση της ορατότητας στην ατμόσφαιρα (αιθαλομίχλη – smog).
- Εναπόθεση σωματιδίων στο έδαφος και στα φυτά, επηρεάζοντας την ανάπτυξη της βλάστησης.
- Ρύπανση εδαφών και υδάτων λόγω μεταφοράς τοξικών ουσιών (π.χ. βαρέα μέταλλα).

➤ Επιπτώσεις στο **κλίμα**

- Ορισμένα σωματίδια επηρεάζουν την ακτινοβολία της Γης, είτε απορροφώντας είτε ανακλώντας την ηλιακή ακτινοβολία.
- Συμβάλλουν στον σχηματισμό νεφών, επηρεάζοντας το ενεργειακό ισοζύγιο της ατμόσφαιρας.

➤ Επιπτώσεις στα **υλικά**

- Επικάθιση σωματιδίων στις επιφάνειες κτιρίων, μνημείων και άλλων υλικών.
- Προκαλούν αισθητική υποβάθμιση (μαύρισμα επιφανειών, λεκέδες, συσσώρευση σκόνης).

Ατμοσφαιρικοί ρύποι – Βαρέα Μέταλλα

Βαρέα Μέταλλα: **Μόλυβδος, υδράργυρος, αρσενικό, μολυβδαίνιο και αμίαντος**

Εναποτίθενται ή απορροφούνται από τη βλάστηση και είναι τοξικά για τη πανίδα του πλανήτη, διαμέσου της τροφικής αλυσίδας.

- Τα αέρια φθορίδια έχουν αποδειχθεί επιβλαβή για μεγάλη ποικιλία κατοικίδιων ή άγριων ζώων καθώς και ψαριών. Προκαλούν καχεξία έως και θάνατο.

1. Αρσενικό (As)

- Προέρχεται από καύση άνθρακα, μεταλλουργία και φυτοφάρμακα.
- Είναι ιδιαίτερα τοξικό.
- Προκαλεί καρκινογένεση, βλάβες στο νευρικό σύστημα και αναπαραγωγικά προβλήματα σε ζώα.
- Μπορεί να συσσωρευτεί σε υδάτινα οικοσυστήματα.

Επιδράσεις της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης - Πανίδα

2. Υδράργυρος (Hg)

- Εκλύεται από βιομηχανικές δραστηριότητες και καύση ορυκτών καυσίμων.
- Μετατρέπεται σε μεθυλυδράργυρο στα νερά, που είναι εξαιρετικά τοξικός.
- Συσσωρεύεται στην τροφική αλυσίδα (ιδιαίτερα στα ψάρια).
- Προκαλεί σοβαρές νευρολογικές βλάβες.

3. Μόλυβδος (Pb)

- Προέρχεται από καύσιμα (παλαιότερα), βιομηχανίες και χρώματα.
- Προκαλεί βλάβες στο νευρικό σύστημα.
- Επηρεάζει ιδιαίτερα τα νεαρά ζώα.
- Συνδέεται με μειωμένη ανάπτυξη και προβλήματα συμπεριφοράς.

Επιδράσεις της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης - Πανίδα

4. Αμίαντος

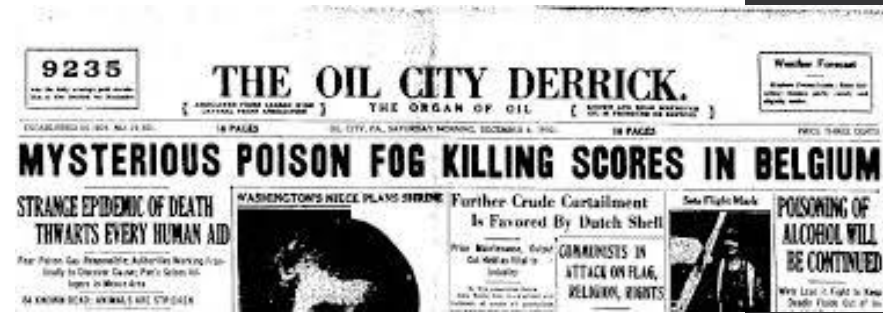
- Ο αμίαντος είναι ομάδα φυσικών **ινωδών ορυκτών** που χρησιμοποιήθηκαν ευρέως στο παρελθόν λόγω της αντοχής τους στη θερμότητα, τη φωτιά και τα χημικά.
- Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε σε οικοδομικά υλικά (μονώσεις, τσιμέντο-αμιάντου) και υλικά πυροπροστασίας.
- Όταν τα υλικά που περιέχουν αμίαντο φθαρούν ή καταστραφούν, απελευθερώνονται πολύ λεπτές ίνες στον αέρα, οι οποίες μπορούν να εισπνευστούν.
- Η εισπνοή ινών αμιάντου είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη γιατί οι ίνες παραμένουν στους πνεύμονες για πολλά χρόνια και προκαλούν χρόνια φλεγμονή και βλάβες στον πνευμονικό ιστό.
- Η έκθεση στον αμίαντο συνδέεται με αμιάντωση (σοβαρή πνευμονική νόσος) και καρκίνο του πνεύμονα.

Επεισόδια Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

1. Meuse Valley, Βέλγιο (1930)

Σε μια βιομηχανική κοιλάδα ανάμεσα σε Huy και Liège, εμφανίστηκε έντονη ομίχλη και θερμοκρασιακή αναστροφή που “σκέπασε” την περιοχή για 5 ημέρες. Οι ρύποι δεν διασπείρονταν και συσσωρεύτηκαν κοντά στο έδαφος.

Την 3^η ημέρα, περίπου 6000 κάτοικοι στην κοιλάδα αρρώστησαν από αναπνευστικές παθήσεις. Εξήντα είχαν πεθάνει πριν τελειώσει η εβδομάδα και υπήρξαν πολλοί θάνατοι βοοειδών.



Επεισόδια Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

2. Donora, Πενσυλβάνια (1948)

Η περιοχή κατά μήκος της όχθης του ποταμού καταλαμβάνεται από ένα μεγάλο χαλυβουργείο, ένα εργοστάσιο θεικού οξέος και ένα μεγάλο εργοστάσιο παραγωγής ψευδαργύρου.

Κατά τη διάρκεια μιας εβδομάδας, ένα βαρύ νέφος κατακάθισε στην περιοχή λόγω της αναστροφής της θερμοκρασίας. Εκείνη την εποχή, ο πληθυσμός της Donora ήταν περίπου 14.000: πάνω από το 50% του πληθυσμού επηρεάστηκε. Το μοναδικό σύμπτωμα που αναφέρθηκε συχνότερα ήταν ο βήχας. 20 άτομα πέθαναν και οι περισσότεροι θάνατοι σημειώθηκαν την τρίτη ημέρα.



2 Donora Smog Victims Who Took Trip South Die Within 24 Hours

Health Officials Plan Autopsy

DONORA, May 6 (Special)—
Two persons who took the free
North Carolina vacation trip for
sufferers of the Donora smog
have died, within 24 hours of
each other.

Mrs. Mary Rozik, 65, died
Wednesday in Charleroi-Mones-
sen Hospital of a quick-acting
type of pneumonia.

Yesterday Clifford Devore, 47,
was found dead in his room at
the Irondale Hotel. A nurse said
he "hadn't been well" since he
was stricken in the fatal smog
last October.

Guests of Resort

Both Mrs. Rozik and Mr. De-
vore were guests on an expense-
paid one-week vacation given
sufferers by a North Carolina
beach resort. The trips went to
44 Donora and Webster residents
who were made seriously ill by
the acrid, smothering fumes.

An additional 22 persons died
during the three days the smog
blanketed the Monongahela
Valley.



MRS. MARY ROZIK

Επεισόδια Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

3. Poza Rica, Μεξικό (1950)

Η περιοχή βρίσκεται στη μέση μιας από τις σημαντικότερες πετρελαιοπαραγωγικές περιοχές του Μεξικού.

Επεισόδιο οξείας ρύπανσης από υδρόθειο (H_2S) που απελευθερώθηκε στην περιοχή κάτω από μια αναστροφή θερμοκρασίας σε χαμηλό υψόμετρο.

Αναφέρονται 22 θάνατοι και 320 νοσηλεύτηκαν.

50% των ζώων που εκτέθηκαν, πέθαναν.



Επεισόδια Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

4. Λονδίνο (1952)

Παχύ στρώμα νέφους παρέλυσε το Λονδίνο στοιχίζοντας τη ζωή σε περισσότερους από 4000 ανθρώπους, ενώ 150000 νοσηλεύτηκαν σε διάστημα 5 ημερών.

Για το φωτοχημικό νέφος, ευθύνεται η εκτεταμένη καύση κάρβουνου σε σπίτια για θέρμανση όσο και σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής.

Η θερμοκρασία αυξήθηκε αισθητά ενώ σημειώθηκε υψηλή συγκέντρωση ενώσεων, όπως οξείδια αζώτου, CO, υδρογονάνθρακες και προϊόντα των αντιδράσεων τους.



Επεισόδια Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

5. Chernobyl, Ουκρανία (1986)

Κατά τη διάρκεια δοκιμής ασφαλείας, ένας συνδυασμός σχεδιαστικών αδυναμιών και λαθών χειρισμού οδήγησε σε απότομη αύξηση ισχύος. Ακολούθησαν εκρήξεις και πυρκαγιά στον πυρήνα, με απελευθέρωση ραδιενεργών υλικών ^{131}I και ^{137}Cs στην ατμόσφαιρα.

Το νέφος μεταφέρθηκε με τους ανέμους σε μεγάλο μέρος της Ευρώπης.

Άμεσοι θάνατοι εργαζομένων/πυροσβεστών από οξεία ακτινοβολία.

Μακροπρόθεσμες επιπτώσεις υγείας (π.χ. αυξημένα περιστατικά καρκίνου θυρεοειδούς σε εκτεθειμένους πληθυσμούς) σε διάστημα 20 ετών.





Το Πρωτόκολλο του Μοντρεάλ (1987)

Υιοθετήθηκε το 1987 με στόχο τη σταδιακή μείωση και τελικά την πλήρη **κατάργηση των χλωροφθορανθράκων (CFCs)** και άλλων ουσιών που καταστρέφουν τη στρατοσφαιρική στιβάδα του όζοντος.

Νέα επιστημονικά δεδομένα και μετρήσεις της NASA στις αρχές της δεκαετίας του 1990 έδειξαν ότι η καταστροφή του όζοντος ήταν πιο σοβαρή από ό,τι είχε εκτιμηθεί, με αποτέλεσμα η προθεσμία πλήρους κατάργησης των CFCs να επισπευσθεί στο 1996 για τις ανεπτυγμένες χώρες.

Έχει επικυρωθεί από όλα τα κράτη μέλη του ΟΗΕ (καθολική συμμετοχή - 198 μέρη).

Θεωρείται η πρώτη παγκόσμια συμφωνία με καθολική αποδοχή.

CFCs

- Χημικά σταθερά
- Μη εύφλεκτα
- Μη τοξικά (σε χαμηλές συγκεντρώσεις)
- Δεν διασπώνται εύκολα
- Φτάνουν στη στρατόσφαιρα
- Εκεί αποδομούνται από UV
- Απελευθερώνουν άτομα Cl που καταστρέφουν το όζον

Σύμβαση-Πλαίσιο του ΗΕ του Ρίο (1992)

Αποτελέσσε το πρώτο παγκόσμιο βήμα για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

Υπογράφηκε αρχικά από 154 χώρες και την Ευρωπαϊκή Ένωση και αναγνώρισε επισήμως ότι η αύξηση των **αερίων του θερμοκηπίου** αποτελεί σοβαρό περιβαλλοντικό πρόβλημα.

Καθιέρωσε το θεσμικό πλαίσιο διεθνούς συνεργασίας, εισάγοντας βασικές αρχές όπως η «κοινή αλλά διαφοροποιημένη ευθύνη» των κρατών.

Η Σύμβαση έθεσε τις βάσεις για μεταγενέστερες δεσμευτικές συμφωνίες, μέσω των τακτικών Συνόδων των Κρατών-Μερών της.

Δεσμεύονται να καταρτίζουν και να εφαρμόζουν εθνικά προγράμματα και πολιτικές για τον περιορισμό των εκπομπών και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, υποβάλλοντας τακτικές εκθέσεις προόδου.

Το Πρωτόκολλο του Κιότο (1997)

Υιοθετήθηκε το 1997 στο πλαίσιο της Σύμβασης του ΟΗΕ για την Κλιματική Αλλαγή, αποτέλεσε την πρώτη διεθνή συμφωνία με νομικά δεσμευτικούς στόχους μείωσης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για τις ανεπτυγμένες χώρες.

Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο, τα κράτη-μέρη όφειλαν να συλλέγουν και να ανταλλάσσουν στοιχεία για τις εκπομπές τους, να καταρτίζουν και να εφαρμόζουν εθνικές στρατηγικές μείωσης, καθώς και να παρέχουν οικονομική και τεχνολογική υποστήριξη στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Παράλληλα, προβλεπόταν συμμετοχή σε δράσεις προσαρμογής στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

Ο βασικός στόχος ήταν η συνολική μείωση των εκπομπών των ανεπτυγμένων χωρών κατά περίπου 5% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, κατά την πρώτη περίοδο δέσμευσης 2008–2012, μέσω εθνικών πολιτικών αλλά και ευέλικτων μηχανισμών όπως η εμπορία δικαιωμάτων εκπομπών.

Συμφωνία των Παρισίων (2015)

Αποτελεί παγκόσμια συμφωνία που υπογράφηκε από 195 χώρες και καλύπτει την περίοδο μετά το 2020.

Κύριος στόχος της είναι η συγκράτηση της αύξησης της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας «αρκετά κάτω» από τους 2°C σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα και η προσπάθεια περιορισμού της στους 1,5°C.

Σε αντίθεση με το Kyoto, η Συμφωνία βασίζεται σε εθνικά καθορισμένες συνεισφορές, τις οποίες κάθε χώρα αναθεωρεί ανά πενταετία, ενισχύοντας σταδιακά τη φιλοδοξία της, με στόχο μια μακροπρόθεσμη παγκόσμια μετάβαση προς οικονομία χαμηλών εκπομπών.

Μέθοδοι καθαρισμού αερολυμάτων

Αερολύματα εννοούμε το μίγμα αερίων, ατμών και σωματιδίων που εκπέμπονται από διάφορες ανθρωπογενείς πηγές.

Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου καθορίζεται από τα παρακάτω:

- **Φυσικές ιδιότητες**, όπως σημείο ζέσης, διαλυτότητα σε νερό και διαλύτες.
- **Χημικές ιδιότητες**, όπως με ποιες ενώσεις μπορεί να αντιδράσει ένα αέριο και να δώσει μια ουσία που δεν διαφεύγει.
- **Όγκος** αερολυμάτων.
- **Συγκέντρωση τοξικών** ουσιών στα αερολύματα
- **Θέση** στην οποία βρίσκεται η πηγή εκπομπής.
- **Υπάρχουσα νομοθεσία** με τα επιτρεπτά όρια εκπομπών.
- **Κόστος** κατασκευής και λειτουργίας εγκαταστάσεων.

Μέθοδοι περιορισμού εκπομπών αερίων:

- Συμπύκνωση
- Απορρόφηση
- Προσρόφηση
- Καύση – θερμική οξείδωση
- Χημική κατεργασία

Συμπύκνωση

Χρησιμοποιείται για τη κατακράτηση ατμών και εφαρμόζεται για:

- Κατακράτηση από τα αερολύματα ενώσεων με σημείο ζέσεως υψηλότερο από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.
- Κατακράτηση ενώσεων που βρίσκονται στα αερολύματα σε μεγάλες συγκεντρώσεις ή αποτελούν το κύριο συστατικό των αερολυμάτων
- Κατακράτηση ενώσεων που επαναχρησιμοποιούνται.

Η συμπύκνωση δεν είναι κατάλληλη για πτητικές ή ιδιαίτερα τοξικές ενώσεις.

- Η συμπύκνωση μπορεί να γίνεται είτε μειώνοντας τη θερμοκρασία είτε αυξάνοντας τη πίεση.

Απορρόφηση

Η απορρόφηση χαρακτηρίζεται από μεταφορά αέριων ρύπων από την αέρια φάση σε μια υγρή. Αυτή προϋποθέτει ορισμένο χρόνο επαφής ανάμεσα στις δύο φάσεις.

Το απορροφητικό υγρό χρησιμοποιείται με τη μορφή λεπτών σταγονιδίων ή λεπτού υμένα (φιλμ) για να αυξηθεί η επιφάνεια επαφής.

Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται είναι:

- Πύργοι ψεκασμού
- Πύργοι πληρώσεως
- Πύργοι με δίσκους

Το CO_2 , H_2S και η φαινόλη απορροφούνται ισχυρά σε αλκαλικά διαλύματα.

Η αμμωνία δεσμεύεται σε όξινα διαλύματα.

Προσρόφηση

Η προσρόφηση χαρακτηρίζεται από συγκράτηση μορίων πάνω στην επιφάνεια των στερεών μέσων (ενεργός άνθρακας, silica gel, ζεόλιθος και άλλα οξείδια μετάλλων).

Αυτά τα υλικά έχουν πολύ μεγάλη επιφάνεια και πολλούς μικροπόρους, ώστε να μπορούν να συγκρατούν μεγάλες ποσότητες ρύπων.

- Ο **καθαρισμός** των αερολυμάτων μέσω προσρόφησης προϋποθέτει ειδικά συστήματα όπως στήλες γεμάτες με το προσροφητικό υγρό, όπου θα πρέπει να εξασφαλίζεται ικανοποιητικός χρόνος επαφής μεταξύ αερίων και προσροφητικού υλικού.

Καύση – θερμική οξείδωση

Οι οργανικοί ρύποι οξειδώνονται σε υψηλές θερμοκρασίες, μετατρέπονται δηλαδή σε:

- CO_2
- H_2O

Εφαρμόζεται κυρίως για πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs).

Χημική κατεργασία

Οι ρύποι αντιδρούν με κάποια χημική ουσία και μετατρέπονται σε **λιγότερο επικίνδυνες ή μη πτητικές ενώσεις.**

Παράδειγμα:

- οξείδωση τοξικών αερίων
- εξουδετέρωση όξινων αερίων