

# Επιδράσεις φωτοχημικού νέφους στη βλάστηση

$O_3$  : Φυτοξιδιο . Χαρακτηριστική κίτρινη κηλίδα στην επιφάνεια των φύλλων  
(Μεγάλη, οξυμετρική)  
Αναστοχή ανάπτυξης με δραματική μείωση ταχύτητας φωτοσύνθεσης

ΡΑΝ: Καταστροφή πρωτίτης φυτών  
↓  
Προβάλλει νεκρά φύλλα προσδίνοντας μπρούντζινη μαλακή επιφάνεια  
βλαχία  
μυρς οξυμετρικές.

## ΟΞΙΝΗ ΒΡΟΧΗ

Βροχή με pH χαμηλότερο του φυσιολογικού δακ.

$pH < 5.6$  → pH καθαρής βροχής : Αποσταγμένο νερό σε ισορροπία με  $CO_2$  της ατμόσφαιρας.

Οξίνιση βροχής οφείλεται κυρίως στην παρουσία των ισχυρών οξέων  $HNO_3$  και  $H_2SO_4$

Τα ισχυρά οξέα "προμηθεύουν" τα ιόντα  $H^+$

Άλλα ιόντα οξίνης βροχής:  $Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, K^+, NH_4^+$

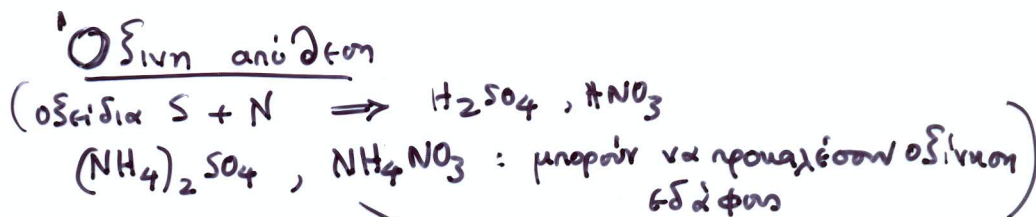
Προέρχονται από άλατα

Δακ. η οξίνιση βροχής είναι μίγμα οξέων και αλάτων

1852 : Η πρώτη αναφορά στο φαινόμενο της οξίνης βροχής (R.A. Smith) Ατμοσφαιρική ρύπανση στο Manchester, Αγγλία

1982 : Αναγνώριση οξίνης βροχής ως ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα διασποριακής ρύπανσης.

# Σχηματισμός - Εμφάνιση όξινης βροχής



Ξηρή απόθεση  
Γίνεται κοντά στις πηγές  
εμπομής των οξέιδων

Υγρή απόθεση  
Οξείδια παραμένουν περισσότερο  
στην ατμόσφαιρα  
↓  
οξείδια  
↓  
όξινη βροχή πολλά km μακριά  
κόνι τόσο παραμυθιά αρχικωνύριων

Πρόεγκυση + τροχιά αερίων μαζών που προκαλούν τις βροχές.

Ελλάδα  $\rightarrow$  35-45% βροχών NΔ - Δ Καθαρή  
 $\rightarrow$  30-40% βροχών N : Αλκαλικό pH  
Λασιποβροχή  
 $\rightarrow$  20-25% βροχών : Κεντρική } : όξινο pH  
Ευρώπη }

Τοπικές βροχές (μπορεί να είναι όξινη)  
(ύστερα από παρατεταμένη περίοδο  
θερμοκρασιακής αναστροφής κ' ηλιοφάνειας)

Χημική σύσταση βροχής εξαρτάται και από τοπική ρύπανση της ατμόσφαιρας  
αφού κατά την πτώση της διαλύει διάφορα συστατικά της ατμόσφαιρας.  
Ατμοσφαιρική αμμωνία (NH<sub>3</sub>) και αιωρούμενη σκόνη (CaCO<sub>3</sub>)  $\rightarrow$  εξουδετέρωση οξύτητας  
Βροχές που συνοδεύονται από ψυχρά μέτωπα και γραμμής καταιγίδων  
έχουν υψηλότερη συγκέντρωση H<sup>+</sup> και SO<sub>4</sub><sup>=</sup>

Επίσης, οι καταιγίδες χαρακτηρίζονται από δυσανάλογα μεγάλη  
ποσότητα όξινης απόθεσης, σε σχέση με την ποσότητα της βροχής  
Μεγαλύτερη απόθεση H<sup>+</sup> και SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> στις αλκαλικές καταιγίδες

Στο έδαφος

Αύξηση οξύτητας  $H^+$  και  $SO_4^{2-}$  στο νερό της βροχής  $\Rightarrow$  απομάκρυνση βασιμίων ουσσιών του εδάφους (π.χ.  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $NH_4^+$ ) με ιοντοανταλλαγή

Αργή διαδικασία (ακόμα και σε pH βροχής  $\approx 4$ ) που η επίδρασή της στην ανάπτυξη των φυτών και των ζώων είναι ελάχιστη εμφανής

$\rightarrow$  Απελευθέρωση τοξικών μετάλλων από το έδαφος όσο το pH της βροχής πέφτει.  
(Pb, Cu, Zn, Cd, Hg)

Πορεία βαρέων μετάλλων: Έδαφος  $\rightarrow$  Υπόστρωμα, Ποτάμια, Λίμνες, Ρεύματα  
 $\downarrow$   
Τροφική αλυσίδα

$\rightarrow$  Ευπάθια έδαφος εξαρτάται από τον τύπο του, και το βραχύδες υπόστρωμά του. Πιο ευαθή τα έδαφη με υπόστρωμα από πυρίτι, γνήσιο ή χαλασίδια. Έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε  $CaCO_3$  και επομένως μικρή ικανότητα να εξουδετερώνουν τα οξεία που δέχονται.

# Επιπτώσεις στα δάση και τις αλληλεπιδράσεις

44

5% δασών Γερμανίας νεκρωμένο

Ελάτη - Πεύκη - Ευδρελάτη - οξυά

Μεγάλη  
βλάβη



Μικρότερη  
βλάβη

Αιτίες φθοράς δασών και φυτών; Δεν υπάρχει συμφωνία των επιστημόνων  
Πολλές και αλληλοσχετιζόμενες.

## Θεωρία των βλαστών:

Αρχικά βλάβες στα φύλλα από το  $O_3$

Επιτάχυνση της απόληξης των θρεπτικών συστατικών που ενισχύεται από την οξύτητα της βροχής

## Θεωρία των ριζών

Καταστροφή λεπτού ριζικού συστήματος από χαμηλό pH νερού. Όχι ικανοποιητική πρόσληψη θρεπτικών συστατικών (συμβολή  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ )

Ρόλος του  $Al^{3+}$  (αργίλιο): Με την απομάκρυνση  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  από το έδαφος αυξάνει η συγκέντρωση  $Al^{3+}$  → ιόν που προκαλεί βλάβη στο ριζικό σύστημα

## Θεωρία της παραγωγής έτας

Συνολική επίδραση αερίων ρύπων με τα χρόνια + άλλοι παράγοντες ⇒ Ελάττωση παραγωγής υδατανθράκων στα δασικά δέντρα ⇒ Αυξημένη προδιάθεση για προσβολή από έντομα - μύκητες και για καταστροφή από παγετό-ξηρασία.

# Επιπτώσεις Ο.Β. στις λίμνες και τους υδρόβιους

45

## φαινόμενα

Λίμνη + έδαφος χάνει την ρυθμιστική ικανότητα και πραγματοποιείται απότομη ελάττωση του pH του νερού

↓  
Σημαντική αύξηση των διαλυμένων μεταλλών

↓  
Θάνατοι ψαριών

Ιδιαίτερα αναφέρεται στην τοξικότητα του  $Al^{3+}$  (θάνατοι ψαριών μακροχρόνια) (αρχίλιο)

Σε pH 5,6 το  $Al^{3+}$  δεν είναι πηύ διαλυτό στο νερό →  $[Al(OH)_3]$  ↓ Ιζημα  
ενώ σε pH 4,5 διαλύεται αρκετά.

↓  
Υπό μορφή  $Al(OH)_2^+$

Που βρέθηκαν τα ιόντα  $Al(OH)_2^+$ ; Αντίδραση ισχυρών οξέων (π.χ.  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$ ) οξίνης βροχής με ενώσεις Al στο έδαφος ( $Al(OH)_3$ )

⇒ Αποδέσμευση ιόντων  $Al(OH)_2^+$  ⇒ Απορρόσηση λίμνη

Άρα παίζει ρόλο και η ρυθμιστική ικανότητα του εδάφους και η ικανότητά του να συγκρατεί τη βροχή

## "Φυσικά" όξινα λίμνες (ή δυστροφικές λίμνες)

Κίτρινα ή καστανόχρωμα νερά λόγω <sup>διαλυμένων</sup> οργανικών οξέων (χουμικά και φουλβικά) ή ταννινών.

Υψηλός συμεντρώσις διαλυμένων οργανικού άνθρακα

Η παρουσία των οργανικών οξέων ελαττώνει την τοξικότητα των μεταλλών. Π.χ. το Al είναι σε μορφή κίτριου Al

και όχι ως ιόν ( $Al^{3+}$ ) ή ως ανόργανο άλας.

Όχι ιδιαίτερα τοξικός - Αύξημένη ρυθμιστική ικανότητα

## Όξινες λίμνες λόγω ρύπανσης

46

Καθαρά - διαφάνεια νερά

Χαμηλές συγκεντρώσεις διαλυμένου οργανικού άνθρακα

"Νεκρής" λίμνης - ζωή χωρίς ισορροπία

Σε  $pH < 4$  αναπτύσσονται μόνο ινώδη άλγη και μύκητες στον πυθμένα

Ανοξείωτη εξαγωγή του  $pH$  : Το πρώτο χιόνι που χιόνει έχει την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε όξια που παραδίδτηκαν και τώρα

αποδεσμεύονται. Θανατηφόρα επίδραση στα ψάρια.  
Εξαγωγή σημείου πήξης  $\rightarrow$  οι πιο όξινοι κρύσταλλοι χιονιού χιόνουν πρώτοι.

$\rightarrow$  Επίσης  $pH = 4$  η συμεντροση του διαλυμένου  $Al$  είναι τόσο υψηλή που προκαλεί 50% θνησιμότητα στον αμφίβιο πληθυσμό.

Προσάθεις αναφοράς φυσολογικού  $pH$  στις λίμνες με φυσική οξυμεντροση ή ασβεστολίθου ή ασβεστοποίηση των οξείων

$pH$  του νερού αυξάνεται

Συμεντροσεις διαλυμένων μετάλλων εξατμώνονται γιατί σε ουδέτερο  $pH$  αυτά καταβυθίζονται με μορφή υδροξειδίων ( $Al(OH)_3$ )

Εντούτοις, τα μέταλλα συνεχίζουν να παραμένουν σε

τοξική για τα ψάρια συμεντροσεις και η αλλαγή

της χημείας του νερού κάνει κακό στα ψάρια.

## Επιπτώσεις Ο.Β. στα υγρά

47

Διάβρωση δομικών υλικών (μάρμαρο, γρανίτης, ασβεστόλιθος κ.α.)  
κ' των μεταλλών και αλλοίωση των χρωμάτων

Αντίδραση διάβρωσης μαρμάρου ( $\text{CaCO}_3$ ) από το  $\text{H}_2\text{SO}_4$   
της όξινης βροχής



Σχημα γύψου ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )

Διαδικασία γυψοποίησης (marble sulphation)  
αν επιφάνεια του μαρμάρου

Πύρος: Περισσότερο ενδιάμεσος + εύθραυστος

Απομάκρυνση με νερό της βροχής

Διάβρωση των μαρμάρων πραγματοποιείται και με Σηρή  
από θεση  $\text{SO}_2$  και μερική φορές πιο σημαντική από  
ότι με την υγρή από θεση (όξινη βροχή)

Γενικά η γυψοποίηση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες:

- Το πορώδες του μαρμάρου
- Ποσότητα σκόνης που επιβάλλεται
- Κλίση της μαρμαρίνης επιφάνειας
- Έκθεση στη βροχή.

# Υδρόσφαιρα

Μελέτη της χημείας του νερού

Περιβάλλον του νερού

- Υπόγειο νερό
- Λίμνες
- Ευρωπαϊκή ποταμώ
- Θετάνοι

Υδρολογία < Λιμνολογία  
< Οικανογραφία

Ευεπιμέτρη στην ατμόσφαιρα ή νερό λυθμένα;

Η προσφορά νερού είναι από τους κυριότερους παράγοντες που καθορίζουν τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

## Πηγές και χρήσεις του νερού. Υδρολογικός κύκλος

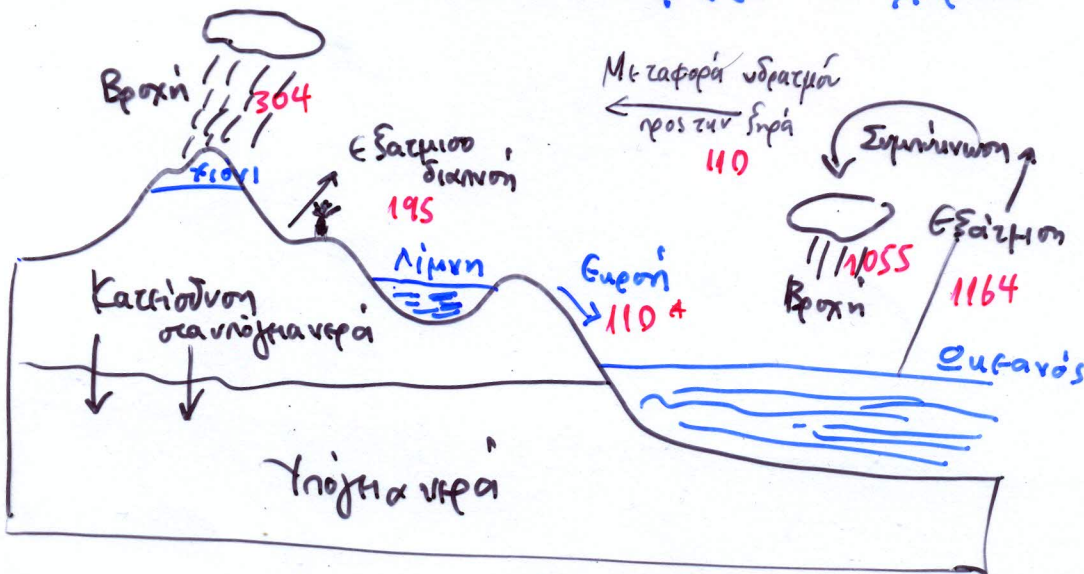
3/4 της γης καλύπτονται από νερό

- Υδρόσφαιρα (σύνολο υδάτινων αποθεμάτων) (~1,4 x 10<sup>18</sup> m<sup>3</sup>)
- Θάλασσες → 97,3%
  - Νερό ποταμών → 2,7% Παγετώνες οροσειρών Αρκτικής - Ανταρκτικής
  - Νερό ατμόσφαιρας → 10<sup>-3</sup>% (λίγο αλλά σημαντικό για το κλίμα)

- Θετάνοι: - 60,7% Β. Ημισφαίριο  
- 80,9% Ν. Ημισφαίριο

Ισχυρή σύνδεση μεταξύ υδρόσφαιρας και κλίματος (κλίμα γαίοσφαιρας προστό στο νερό)  
Επίδραση ανθρώπινες δραστηριότητες

Κύκλος του νερού: Αλληλεξάρτηση και αλληλεπίδραση νερού σε διάφορες μορφές και χώρους.



\*: Τριστοματόμυρια λίτρα/μτφρα



# Ιδιότητες του νερού

Μοναδικός και σπάνιος που οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στην ικανότητά του να σχηματίζει δεσμούς υδρογόνου.

→ **Θερμοχωρητικότητα** :  $1 \frac{\text{cal}}{\text{gr. grad}}$  Μεγαλύτερη από το  $\text{NH}_3$

Εμποδίζει μεγάλες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας  
Προστασία οργανισμών + σταθεροποίηση θερμοκρασίας γητοτικών γεωγραφικών περιοχών

→ **Λανθάνουσα θερμότητα εξάχνωσης** :  $585 \text{ cal/g (20°C)}$   
Μεγαλύτερη από όλες τις ενώσεις

Αρα ρυθμιστικά στη μεταφορά θερμότητας και νερού στην ατμόσφαιρα  
Επίσης δρα σταθεροποιητικά στη θερμοκρασία μίστρων και των γητοτικών

→ **Μεγάλη διαλυτική ικανότητα** :

Βασικό μεταφορικό μέσο για τα θρεπτικά συστατικά + ~~...~~

→ **Διηλεκτρική σταθερά** :  
Υψηλότερη από όλα τα υγρά για το καθαρό νερό

Μεγάλης σημασίας για τη συμπεριφορά των διαλυμένων ανόργανων ουσιών  
Διύσκυνται σε μεγάλο βαθμό.

→ **Πολύ μικρή ηλεκτροστατική διάσπαση** :

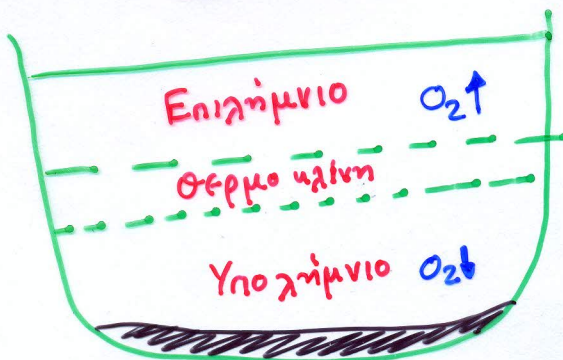
Ουδέτερη ένωση που περιέχει τόσο  $\text{H}^+$  όσο και  $\text{OH}^-$

→ **Θερμική διαστολή** :  
Μείωση πυκνότητας στους  $4^\circ\text{C}$   
Με την αύξηση της αλατινότητας η θερμοκρασία μείωσης πυκνότητας ελαττώνεται.

Μείωση πυκνότητας σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από σημείο πήξης.  
Σημαντικός ρόλος στην κατανομή της θερμοκρασίας και τη στρωματοποίηση των υδάτινων μαζών στις λίμνες (ο πάγος επιπλέει).

# Χαρακτηριστικά της μάζας του νερού

Θερμική στρωματοποίηση μίας λίμνης κατά τη διάρρηξη του καλοκαιριού



Επιζήμινο: Επιφανειακό στρώμα, θερμαίνεται πιο γρήγορα, επιπλέει λόγω της μικρότερης του πυκνότητας

Υποζήμινο: Στρώμα του πυθμένα, χαμηλότερη θερμοκρασία

Η διαφορά θερμοκρασίας επιζήμιου - υποζήμιου εμποδίζει την ανάμιξή τους. Συμπεριφέρονται ανεξάρτητα και έχουν πολύ διαφορετικές χημικές και βιολογικές ιδιότητες.

Επιζήμινο: Έκθεση στο φως → έντονη ανάπτυξη φυκών  
Φωτωσυνθετική δράση → Παραγωγή O<sub>2</sub>

Έκθεση στην ατμόσφαιρα → Διαλυμένο O<sub>2</sub>  
→ Γενικά στο επιζήμινο διατηρείται υψηλή συγκέντρωση διαλυμένου O<sub>2</sub> (8 mg O<sub>2</sub>/l) και αερόβια συνθήκη

Υποζήμινο: Σε ευτροφικές λίμνες: Ελάττωση διαλυμένου O<sub>2</sub> λόγω αποικοδόμησης οργανικών ενώσεων (μέσω μικροοργανισμών) - Αναερόβια συνθήκη  
Σε ολιγοτροφικές λίμνες: Αύξηση διαλυμένου O<sub>2</sub> σε σχέση με επιζήμινο (~12 mg O<sub>2</sub>/l)

Άνοιξη + φθινόπωρο: Εξαφάνιση επιζήμιου → εξαφάνιση θερμικής στρωματοποίησης

Ανάμιξη επιφανειακών στρωμάτων + πυθμένα ⇒ αναστροφή  
Χημική - φυσική - βιολογική αλλαγή. Αύξηση βιολογικής δραστηριότητας λόγω της ανάμιξης των θρεπτικών συστατικών.

Αλλαγή στη ποσότητα του νερού κατά τη διάρκεια της αναστροφής.

Χαμώνας: Μείωση ποσότητας διαλυμένου O<sub>2</sub> στο υποζήμινο (σε σχέση με το επιζήμινο) με το φαινόμενο να είναι πιο έντονο στις ευτροφικές λίμνες.