



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα **ΠΠ**

ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ: ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

ΕΝΟΤΗΤΑ: **ΑΛΟΓΟΝΟΥΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ**

ΟΝΟΜΑ ΚΑΘΗΓΗΤΗ: ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΦΩΤΙΑΔΗ

ΤΜΗΜΑ: Τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος και
Φυσικών Πόρων

ΑΓΡΙΝΙΟ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΦΩΤΙΑΔΗ

Λέκτορας

του Τμήματος Διαχείρισης
Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων

 2641074156

 afotiadi@upatras.gr

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΑΛΟΓΟΝΟΥΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

▪ Αλογονούχες Ενώσεις: αλογόνα (Cl_2 , F_2 , Br_2 , I_2), Υδραλογόνα , Αλογονομένοι υδρογονάνθρακες

ο Οι ενώσεις αυτές αποτελούν τη βάση των εντομοκτόνων και ζιζανιοκτόνων & των freons

ο **Το Χλώριο** (Cl_2) & **τα παράγωγα του:** είναι αέριο ισχυρά τοξικό & βρίσκεται στην ατμόσφαιρα στην ιοντική του μορφή (**Cl^- , Cl_2 , HCl**)

ο Συγκέντρωση στην ατμόσφαιρα: **$0.5 - 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$**

ο Πηγές:

- **Φυσικές:** θάλασσα όπου εκπέμπεται με τη μορφή ιόντων
- **Ανθρωπογενείς:** εισάγονται χλωρίδια στην ατμόσφαιρα από
 - Διαδικασίες παραγωγής πολυβινιχλωριδίου (**PVC**)
 - Καύση C που περιέχουν Cl σε περιεκτικότητα του ~0.5%
 - Χρήση Χλωροπαραγώγων (**$\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$**) ως αντικαταστάτη του αντικροτικού ($\text{Pd}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$) της βενζίνης στα καυσαέρια των αυτοκινήτων εκλύονται ενώσεις του τύπου **PbCl_2** & **PbBrCl**
 - Απολυμάνσεις υδάτων & χώρων

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΑΛΟΓΟΝΟΥΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

ο Το Φθόριο (F_2) & τα παράγωγα του: στην ατμόσφαιρα υπάρχει στην ιοντική του μορφή (F^- , F_2 , HF) και σε πολύ μικρότερες ποσότητες σαν φθοράνθρακες (FCs) & υδροφθοράνθρακες ($HFCs$)

ο Πηγές:

• Φυσικές:

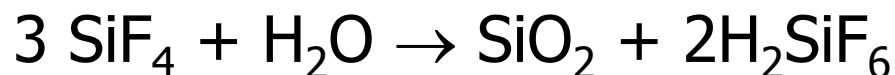
- Ηφαιστεια που εκπέμπουν (HF , NH_4F , SiF_4 , $(NH_4)_2SiF_6$, $NaSiF_6$ & KBF_4). Η ανίχνευση αυτών των ενώσεων αποτελεί στοιχείο πρόβλεψης ηφαιστειακής έκρηξης
- Θάλασσα

• Ανθρωπογενείς: εισάγονται χλωρίδια στην ατμόσφαιρα από

- Παραγωγή Αλουμινίου \Rightarrow κύρια πηγή (χρήση κρυόλιθου, $NaF / AlF_3 : 3/2$, στην ηλεκτρολυτική διαδικασία
- Παραγωγή κεραμικών & τσιμέντου με πρώτη ύλη τον Άργιλο που περιέχει μικρές ποσότητες F_2
- Παραγωγή φωσφορικού οξέος & φωσφορικών λιπασμάτων από το ορυκτό φθοριοαπαιτήτη ($Ca_{10}F_2(PO_4)_6$)
- Παραγωγή Χάλυβα, όπου χρησιμοποιείται φθορίτης για την απομάκρυνση του S & του Ph???

ο Το Φθόριο (F_2) & τα παράγωγα του

- ο Στην βιομηχανία Αλουμινίου που είναι πολύ ανεπτυγμένη στην Ελλάδα καθώς εκμεταλεύεται τα κοιτάσματα Βωξίτη στη Στερεά Ελλάδα, εφαρμόζεται ιδιαίτερη τεχνολογία για τον έλεγχο των εκπομπών F_2 κατά την ηλεκτρόλυση της Αλουμίνας (Al_2O_3)
- ο Τα αέρια αυτά διοχετεύονται σε μια στήλη πορώδους αλουμίνας ($\gamma-Al_2O_3$) όπου σε θερμοκρασία $150^\circ C$ αντιδρούν με αυτή σχηματίζοντας κρυστάλλους που ανακυκλώνεται στο σύστημα
- ο Οι εκπομπές F_2 από τέτοιες βιομηχανίες επηρεάζουν τη χλωρίδα & την πανίδα που γειτνιάζει με αυτές
- ο Αρκετά φθορίδια δεν διαλύονται εύκολα στο νερό. Για εκείνα όμως που υδροδιαλύονται εύκολα, η υδρόλυση αποτελεί μια κλασική μέθοδο απομάκρυνσης τους. π.χ.



ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΑΛΟΓΟΝΟΥΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

ο Το Φθόριο (F_2) & τα παράγωγα του

■ Επιδράσεις των Φθοριδίων:

ο Οι επιδράσεις των φθοριδίων εξαρτώνται σε μεγάλο ποσοστό από τη διαλυτότητα τους στο νερό αφού έτσι περνάνε στον υδροφόρο ορίζοντα & εισερχόμενα στα φυτά στην τροφική αλυσίδα

ο **Φυτά:** αλλοιώσεις στο μεταβολισμό τους

βλάβες στη μορφή, ανάπτυξη & την απόδοση τους

ο **Ζώα:** παρατεταμένη ύπαρξη φθοριδίων στις τροφές τους \Rightarrow αλλοίωση των οστών & καχεξία

ο Χρόνια έκθεση σε F_2 προκαλεί φθορίωση, ασθένεια που προσβάλλει κυρίως τα βοοειδή προκαλώντας βλάβες στα δόντια & στα οστά οδηγώντας σε δυσκαμψία & αναπηρία

ο Η ανεκτικότητα του ζώου στο F_2 διαφοροποιείται ανάλογα με το είδος. Περισσότερο ευαίσθητα είναι τα βοοειδή & λιγότερο τα πουλερικά

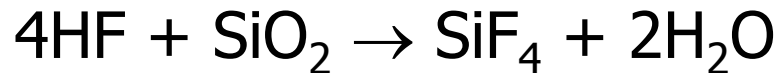
ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΑΛΟΓΟΝΟΥΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

ο Το Φθόριο (F_2) & τα παράγωγα του

■ Επιδράσεις των Φθοριδίων:

ο Περιορίζεται η δράση του F_2 αν οι τροφές του είναι πλούσιες σε άλατα **αργιλίου** & **ασβεστίου**, τα οποία μειώνουν την τοξικότητα του F_2

ο **Υλικά**: το HF έχει καταστροφική επίδραση στο γυαλί



ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΑΛΟΓΟΝΟΥΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

ο Τα Freons ή Χλωροφθοράνθρακες (CFCs) & Υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFCs):

- ο Τα CFCs χρησιμοποιούνται ως:
 - προωθητικά σε ψεκασμούς (~50%)
 - ψυκτικά (~30%)
 - βιομηχανία πλαστικών (~10%)
 - διαλυτικά μέσα
- ο Από τα CFCs ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει δοθεί:
 - τριχλωροφθοράνθρακα CFCl_3 (CFC-11) που χρησιμοποιούνταν ως προωθητικό
 - διχλωροφθοράνθρακα CF_2Cl_2 (CFC-12) που χρησιμοποιούνταν ως ψυκτικό
- ο Τα CFCs είναι σταθερά μόρια σε ατμοσφαιρικές συνθήκες \Rightarrow μεγάλο χρόνο παραμονής στην ατμόσφαιρα \Rightarrow κατανέμονται ομοιόμορφα σε αυτήν & διαχέονται έτσι σε μεγάλα ύψη στην ατμόσφαιρα μέχρι την **στρατόσφαιρα** όπου είναι οι κυριότεροι καταστροφείς του O_3

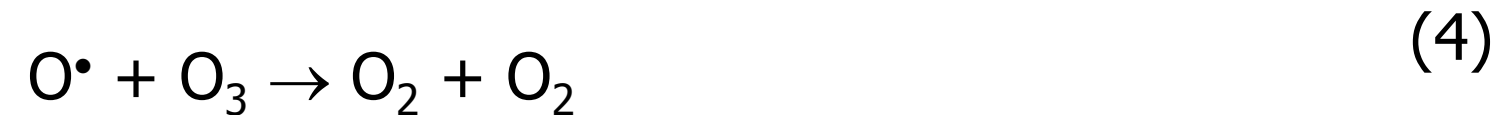
ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΑΛΟΓΟΝΟΥΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

- ο Τα Freons ή Χλωροφθοράνθρακες (CFCs):
- ο Λόγω της συμβολής των CFCs στην καταστροφή του στρατοσφαιρικού O_3 το 1987 η πρωτόκολλο του Μόντρεαλ σημαντική μείωση των ανθρωπογενών εκπομπών
- ο Το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ είχε σαν αποτέλεσμα να μειωθούν, κυρίως από τα μέσα του '90, οι εκπομπές των CFCs, HCFCs, HFCs
 - από 7.5 Gt (CO₂-eq) yr⁻¹ στα τέλη του '80
 - σε 2.5 Gt (CO₂-eq) yr⁻¹ το 2000
- ο Παρά τη μείωση των εκπομπών, λόγω του μεγάλου χρόνου ζωής τους (45-100 έτη για τα CFCs & 1.3-20 έτη για τα HCFCs), οι καταβόθρες τους μπόρεσαν να μειώσουν τα επίπεδα τους
 - ο Οι Υδροφθοράνθρακες HFCs ήρθαν να αντικαταστήσουν τα CFCs & HCFCs λόγω της καταστρεπτικής επίδρασης τους στο στρατοσφαιρικό O_3

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΑΛΟΓΟΝΟΥΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

ο Τα **Freons** ή **Χλωροφθοράνθρακες (CFCs)**:

ο Η καταστροφή του στρατοσφαιρικού O_3 από τα **CFCs** & τα **HCFCs** πραγματοποιείται μέσω ενός φωτοκαταλυτικού κύκλου αντιδράσεων:



ο Το ατομικό οξυγόνο που απαιτείται στις παραπάνω αντιδράσεις προέρχεται από τη φωτόλυση του O_2 ή του O_3

ο Ο χαρακτηριστικός χρόνος της αντίδρασης (2) είναι **1 sec** & της αντίδρασης (3) είναι **~1 min**

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΑΛΟΓΟΝΟΥΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

- Συνολική επίδραση στο ενεργειακό ισοζύγιο (**radiative forcing**) των αλογονανθράκων:

- **CFCs**
- **HCFCs**
- **HFCs**
- **PFCs**
- **SF₆**

Radiative forcing: **0.337 Wm⁻²**

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

■ Μόλυβδος (Pb)

ο Τα επίπεδα του Μολύβδου (Pb) είναι:

< 0.15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ σε μη αστικές περιοχές

0.15 – 0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στις περισσότερες Ευρωπαϊκές πόλεις

ο Ο Μόλυβδος (Pb) υπάρχει στη φύση είτε σαν ελεύθερο στοιχείο είτε με τη μορφή ενώσεων

ο Στην ατμόσφαιρα συναντάται με τη μορφή αιωρούμενων σωματιδίων

ο Είναι ισχυρά τοξικός

ο Λόγω ανθρωπογενών δραστηριοτήτων είναι αυξημένη η περιεκτικότητα του στην ατμόσφαιρα

■ Πηγές: Ανθρώπινες δραστηριότητες: $\sim 4 \times 10^6 \text{ t yr}^{-1}$

Φυσικές πηγές: $\sim 6\%$ της συνολικής έκλυσης μολύβδου στο περιβάλλον

ο **80%** των ανθρωπογενών εκπομπών προέρχονται από τα **καυσαέρια αυτοκινήτων** ιδιαίτερα αυτών παλιάς τεχνολογίας (**μη καταλυτικά**) λόγω της προσθήκης Pb στη βενζίνη για την αύξηση του αριθμού των οκτανίων

ο Η καθιέρωση αμόλυβδης βενζίνης **μείωση εκπομπών μολύβδου** στην ατμόσφαιρα κατά **87%** στις ΗΠΑ

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

▪ Μόλυβδος (Pb)

ο **Υγεία**: ο **Pb** εισέρχεται στην κυκλοφορία του αίματος μέσω εισπνοής, εφόσον τα ιόντα του δεν απορροφούνται εύκολα από το έντερο

- Επειδή πολλές ενώσεις του **Pb** είναι σωματιδιακού τύπου & επικάθονται στην επιφάνεια ⇒ εισάγονται στον οργανισμό μέσω **τροφών & νερού**

- Στο πλάσμα του αίματος ο **Pb** συναντάται προσδεδμένος σε πρωτεΐνες

- Ενώνεται ευχερώς με την αιμοσφαιρίνη

- Ο μη προσδεδμένος **Pb** καταλήγει στον εγκέφαλο όπου λόγω της τοξικότητας του προκαλεί αλλοιώσεις

- Αποβάλλεται από τον οργανισμό μέσω ούρων & χολής

- Παρόλα αυτά μια σημαντική ποσότητα συσσωρεύεται στον οργανισμό, το **80%** της οποίας συναντάται στον σκελετό

ο **Pb** προσβάλλει κυρίως το **κεντρικό νευρικό & αιμοποιητικό σύστημα**

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

▪ Μόλυβδος (Pb)

- ο **Στους ενήλικες:** αύξηση της ελεύθερης πρωτοπορφυρίνης των ερυθρών αιμοσφαιρίων
- ο **Στα παιδιά:** γνωστική δυσλειτουργία, εξασθένιση της ακοής και παρεμπόδιση του μεταβολισμού της βιταμίνης D
- ο Έκθεση σε υψηλά επίπεδα προκαλεί ανεπάρκεια του πνευματικού επιπέδου
- ο Έχει διαπιστωθεί ότι ο Pb επηρεάζει:
 - αναιμία
 - χρόνια νεφρίτιδα
 - παράλυση κάτω άκρων
 - εγκεφαλοπάθειες

Η δράση του ως καρκινογόνου έχει διαπιστωθεί μόνο σε πειραματόζωα

- ο Τα **όρια** που αφορούν το **Pb** στην ατμόσφαιρα βασίζονται στη **συγκέντρωση του στο αίμα**
- ο Για την αποφυγή των παραπάνω συμπτωμάτων προτείνεται το **όριο** των **100 mg/L Pb** στο αίμα

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

▪ Μόλυβδος (Pb)

ο **Στα ζώα (βοοειδή):** επιφέρει παρενέργειες

- παρενέργειες στο μυικό σύστημα
 - άφρισμα στο στόμα
 - απώλεια δοντιών
 - παράλυση λάρυγγα
-
- σε ποσότητες της τάξης των **25 – 50 mg/kg** τροφής τους

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

■ Κάδμιο (Cd)

- ο Το Cd είναι περισσότερο τοξικό από τον Μόλυβδο (Pb)
- ο Η χρήση του όμως είναι σαφώς πιο περιορισμένη
- ο Εισέρχεται στο οργανισμό μας κυρίως ως πρόσμιξη, σε ελάχιστες ποσότητες, με τον ψευδάργυρο

■ Πηγές:

- κύρια χρήση του αφορά τις επιμεταλλώσεις (>50%)
- βιομηχανία χρωμάτων
- βιομηχανία κραμάτων (Pb, Zn, Cu, Fe, χάλυβα, εκπέμπεται με τη μορφή θειούχων ή θειικών αλάτων)
- βιομηχανία πλαστικών
- καύση καυσίμων (εκπέμπεται με τη μορφή οξειδίων ή υπό στοιχειακή μορφή)
- καύση απορριγμάτων (εκπέμπεται υπό τη μορφή χλωριούχων αλάτων)

- ο Το Cd εισέρχεται στον οργανισμό
 - κυρίως από τις τροφές (~50 µg/day)
 - κάπνισμα (ένα πακέτο ⇒ ~3 µg)

Δύσκολο να εξαχθεί ανάλυση δόσης-απόκρισης για το Cd στην ατμόσφαιρα

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

▪ Κάδμιο (Cd)

- ο Επειδή το Cd έχει μεγαλύτερη απορροφητικότητα από τους πνεύμονες σε σχέση με το γαστρεντερικό σύστημα \Rightarrow καπνιστής του ενός πακέτου την ημέρα παίρνει μέσω πνευμόνων την ίδια ποσότητα Cd με αυτή που παίρνει από τις τροφές
- ο Το Cd συσσωρεύεται στο **συκώτι** & στα **νεφρά** τα οποία καταστρέφει με την πάροδο του χρόνου
- ο Έλλειψη Ca από τον οργανισμό κάνει το πρόβλημα πιο έντονο δεδομένου ότι Ca & Zn βοηθούν την απομάκρυνση του Cd από τον οργανισμό
- ο Το Cd και οι ενώσεις του έχουν χαρακτηριστεί ως **καρκινογόνες** για τον άνθρωπο αφού έχει διαπιστωθεί ότι οδηγούν στην πρόκληση & δημιουργία καρκίνου του πνεύμονα σε ανθρώπους & ζώα που έχουν εισπνεύσει Cd

▪ **Όρια Ασφάλειας**

- ο Όριο για πολυετή έκθεση με 8-ωρη καθημερινή έκθεση = $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- ο Δόση Cd $> 350 \text{ mg}$ είναι **θανατηφόρα**
- ο Συνεχής έκθεση εφ' όρου ζωής \Rightarrow τιμή $\sim 0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- ο Επίπεδα συγκέντρωσης Cd σε αστικές & αγροτικές περιοχές = $1/5$ αυτής της τιμής

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

▪ Υδράργυρος (Hg)

ο Ο Hg είναι το πλέον τοξικό από όλα τα βαρέα μέταλλα

ο Επίπεδα Hg στη ατμόσφαιρα:

- περιοχές μακριά από βιομηχανίες = $2-4 \text{ ng/m}^3$
- αστικές περιοχές = 10 ng/m^3

} \Rightarrow

\Rightarrow Ημερήσια ποσότητα Hg που απορροφάται στο κυκλοφορικό σύστημα, μέσω εισπνοής, από την ατμόσφαιρα είναι:

- $32-64 \text{ ng}$ σε απομακρυσμένες περιοχές
- 160 ng σε αστικές περιοχές

ο Όταν τα άλατα του Hg βρεθούν στο περιβάλλον αλκυλιώνονται από μικροοργανισμούς ή ένζυμα και εισέρχονται στο οικοσύστημα απ' όπου ο άνθρωπος παίρνει μεγάλες ποσότητες κυρίως μέσω τροφών (π.χ. ψάρια)

ο Οι αλκυλιωμένες μορφές του Hg απορροφώνται σχεδόν ποσοτικά, ενώ οι ανόργανες κατά ένα ποσοστό 15%

ο Ο Hg στα Ψάρια έχει ανιχνευτεί ευρέως στον κόσμο (στην Ελλάδα κυρίως στον Πατραϊκό κόλπο)

ο Στο νερό μετατρέπεται σε **μεθυλο-υδράργυρο** από τους θαλάσσιους φυτικούς οργανισμούς με τους οποίους τρέφονται τα ψάρια

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

▪ Υδράργυρος (Hg)

ο Η έκθεση σε Hg στην ατμόσφαιρα είναι ασήμαντη συγκρινόμενη με αυτή των **οδοντιατρικών κραμάτων** Hg δεδομένου ότι η μέση ημερήσια πρόσληψη ατμών Hg από **οδοντιατρικά σφραγίσματα** κυμαίνεται: **3.000 – 17.000 ng**

▪ *Όρια Ασφάλειας*

ο Τα επίπεδα Hg στον αέρα εσωτερικών χώρων –εκτός συγκεκριμένων περιοχών υψηλών συγκεντρώσεων- είναι: **0.005 – 0.010 ng/m³** ⇒ οριακά συγκρινόμενα με αυτά των οδοντιατρικών

ο Έκθεση σε συγκεντρώσεις της τάξης των **0.005 – 0.010 ng/m³** δεν αναμένετε να επιφέρουν άμεσες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία Σ

ο Σε όλες του τις μορφές ο Hg καταστρέφει το **Συκώτι** & τα **Νεφρά**

ο Το όριο ποιότητας & ασφάλειας του αέρα για τους ατμούς Hg είναι:
15 – 30 μg/m³

«Το υλικό της παρουσίασης προέρχεται από τις πανεπιστημιακές παραδόσεις της καθηγήτριας **Α. Φωτιάδη**».

