

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Επίδραση ρυπαντών στην ανθρώπινη υγεία και στα
περιβαλλοντικά οικοσυστήματα**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ: 1) ΜΑΥΡΙΑΔΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
2) ΓΙΑΝΝΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΠΑΤΡΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2014

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και αναφέρεται στην ανάλυση επίδρασης διαφορετικών ρυπαντών στην ανθρώπινη υγεία και σε περιβαλλοντικά οικοσυστήματα.

Στην αρχή μελετάται η ατμοσφαιρική ρύπανση, οι διαφορετικοί ρυπαντές και η επίδρασή τους.

Στην συνέχεια αναλύεται η έννοια της ρύπανσης του περιβάλλοντος και η τοξικότητα των μετάλλων και στο τέλος αναλύεται η έννοια του κινδύνου της ακτινοβολίας.

Ευχαριστώ θερμά τους Επιβλέποντες Καθηγητές μου κ. Κ. Μαυρίδη και κ. Ιωάννη Γιαννάκη, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου προσέφεραν για την πραγματοποίηση της Εργασίας.

Παπαγεωργίου Αθανάσιος

Ιούνιος 2014

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος σπουδαστής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο σπουδαστής

Παπαγεωργίου Αθανάσιος

.....

(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία αναφέρεται στην ανάλυση επίδρασης διαφορετικών ρυπαντών στην ανθρώπινη υγεία και σε περιβαλλοντικά οικοσυστήματα.

Η ανάπτυξη του θέματος γίνεται σε τέσσερα Κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο αναπτύσσεται η έννοια της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, αναλύονται οι κάθε μορφής συνήθεις ρύποι και η επίδρασή τους στην ανθρώπινη υγεία, στα φυτά, στα υδάτινα οικοσυστήματα και στο έδαφος.

Στο δεύτερο Κεφάλαιο αναλύεται η ρύπανση του εδάφους και του νερού από διάφορους παράγοντες, αναλύονται διάφορα χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την πρόσληψη των ουσιών αυτών, και αναλύονται οι κύριοι ρύποι και η επίδρασή τους σε διαφορετικά οικοσυστήματα.

Στο τρίτο Κεφάλαιο αναλύεται η τοξικότητα των μετάλλων και αναφέρονται οι επιδράσεις τους στην ανθρώπινη υγεία.

Στο τέταρτο Κεφάλαιο αναλύονται οι κίνδυνοι από διαφορετικής πηγής ακτινοβολία και η επίδρασή της στην ανθρώπινη υγεία και σε φυσικά περιβάλλοντα και ζώα.

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

	ΣΕΛΙΔΑ
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	2
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	3
Κεφάλαιο 1^ο: Ατμοσφαιρική ρύπανση	5
Εισαγωγή	5
1. 1 Κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι	5
1. 2 Πηγές ρύπανσης	9
1. 3 Επιπτώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων στον άνθρωπο	10
1. 4 Επιπτώσεις ατμοσφαιρικών ρυπαντών στην φύση	14
Κεφάλαιο 2^ο: Ρύπανση νερού και εδάφους	30
Εισαγωγή	30
Παράγοντες που επηρεάζουν τις τοξικές ουσίες στο νερό	32
Ανταλλαγή τοξικών ουσιών σε ένα οικοσύστημα	32
Παράγοντες (τροποποιητές) επηρεασμού πρόσληψης τοξικών ουσιών από το περιβάλλον	34
Χωροκατακτητικά είδη	38
Μερικοί Σημαντικοί ορισμοί	38
Έλεγχος τοξικότητας σε υδρόβια και θαλάσσια είδη	39
Ποιότητα νερού	39
Πηγές ρύπανσης	40
Μερικοί βασικοί ρύποι του νερού	42
Χημικός διαχωρισμός των φυτοφαρμάκων	44
Κίνδυνοι υγείας από τα φυτοφάρμακα και σχετικά χημικά	44
Οξύτητα και τοξικά μέταλλα	47
Χημικοί κίνδυνοι διάθεσης αποβλήτων	49
Επιπτώσεις ατυχημάτων με τοξικά	50
Τοξικά σε υδατικά οικοσυστήματα: επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και την άγρια ζωή.	51

Πηγές της θαλάσσιας ρύπανσης	53
Βιολογικοί κίνδυνοι στο πόσιμο νερό	57
Κεφάλαιο 3^ο: Τοξικότητα των μετάλλων	60
Εισαγωγή	60
Μόλυβδος	61
Υδράργυρος	67
Κάδμιο	71
Αρσενικό	74
Χρώμιο	78
Άλλα μέταλλα	78
Καρκινογένεση των μετάλλων	81
Κεφάλαιο 4^ο: Κίνδυνοι Ακτινοβολίας	83
Εισαγωγή	83
Πηγές και τύποι ακτινοβολίας	84
Μέτρηση της ακτινοβολίας	86
Μεγάλες Πυρηνικές καταστροφές και η σημασία τους	88
Αέριο Ραδόνιο: Φυσική Ακτινοβολία	93
Ευαισθησία ιστών στην ακτινοβολία	95
Μικροκύματα	96
Χρήση κινητού τηλεφώνου και καρκίνοι εγκεφάλου	97
Υπεριώδης ακτινοβολία	98
Ιατρικές χρήσεις της ακτινοβολίας UV	99
Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία πολύ χαμηλής συχνότητας (ELF)	100
Ακτινοβολία τροφίμων	101
Ακτινοβόληση παρασίτων εντόμων	102
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	104

Κεφάλαιο 1^ο: Ατμοσφαιρική ρύπανση

Εισαγωγή

Ατμοσφαιρική Ρύπανση καλείται η παρουσία στην ατμόσφαιρα ρύπων σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια που έχουν ως αποτέλεσμα την αλλοίωση της σύστασης της δομής και των χαρακτηριστικών της ατμόσφαιρας.

Αυτές οι αλλαγές μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και τα οικοσυστήματα και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του.

Οι ρύποι που υπάρχουν στο περιβάλλον διακρίνονται σε **πρωτογενείς** και **δευτερογενείς**. Πρωτογενείς θεωρούνται οι ρύποι που εκπέμπονται απευθείας στο περιβάλλον από τις πηγές ρύπανσης όπως το διοξείδιο του θείου (SO₂), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), τα οξείδια του αζώτου (NO_x), η αμμωνία (NH₃), τα διάφορα σωματίδια (PM), ο μόλυβδος (Pb) και άλλα μέταλλα υπό μορφή χημικών ενώσεων και οι υδρογονάνθρακες.

Δευτερογενείς θεωρούνται οι ρύποι που σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα με χημική αλληλεπίδραση των πρωτογενών ρύπων. Οι περισσότερο γνωστοί δευτερογενείς ρύποι είναι το διοξείδιο του αζώτου (NO₂), το όζον (O₃), το νιτρικό υπεροξυακετύλιο (PAN) και άλλοι.

Η συγκέντρωση των ρύπων στη ατμόσφαιρα συνήθως εκφράζεται σε μικρογραμμάρια ανά κυβικό μέτρο (μg/m³) ή σε μέρη ανά εκατομμύριο (ppm).

1. 1 Κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι

- Το διοξείδιο του θείου (SO₂)
- Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
- Τα οξείδια του αζώτου (NO_x)
- Τα αιωρούμενα σωματίδια (PM10 και τώρα πια PM2.5)
- Το όζον (O₃)
- Το βενζόλιο (C₆H₆)
- PAN
- Υδρογονάνθρακες (HCs) - Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (VOCs)

- Μόλυβδος
- Ραδόνιο

Το διοξείδιο του θείου (SO₂): είναι ανόργανη χημική ένωση με τύπο SO₂. Είναι αέριο, με οσμή «καϊόμενου θείου», και πράγματι αποτελεί το κυριότερο προϊόν της καύσεως ουσιών που περιέχουν θείο. Το διοξείδιο του θείου απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα κατά τις εκρήξεις των ηφαιστειών. Παράγεται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων τα οποία περιέχουν θείο. Τέτοια καύσιμα είναι οι γαιάνθρακες (λιγνίτες κλπ) το μαζούτ , διάφοροι τύποι ντίζελ για βιομηχανική κυρίως χρήση. Το ντίζελ κίνησης και θέρμανσης λαμβάνεται πρόνοια για περιβαλλοντικούς λόγους ώστε ύστερα από κατάλληλη αποθείωση να περιέχει θείο <0,3% ενώ και η βενζίνη περιέχει θείο <0,05%. Το θείο περιέχεται στα ορυκτά καύσιμα υπό μορφή χημικών ουσιών και με την καύση μετατρέπεται σε 92-98% SO₂ και το υπόλοιπο σε τριοξείδιο του SO₃. Το SO₂ είναι ευδιάλυτο στο νερό (υγρασία) και μετατρέπεται σε θειώδες οξύ (H₂SO₃). Το SO₂ οξειδώνεται επίσης με την επίδραση του ατμοσφαιρικού O₂ και διαφόρων ουσιών που δρουν ως καταλύτες, σε SO₃ με την επίδραση της υγρασίας σχηματίζει θειικό οξύ H₂SO₄. Τα H₂SO₃ και H₂SO₄ μαζί με τα άλλα οξέα που σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα αποτελούν την όξινη βροχή. Η όξινη βροχή αποτελεί παγκόσμιο περιβαλλοντικό πρόβλημα με σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία, τη βλάστηση, τα δάση, τα οικοσυστήματα και τα υλικά και για το λόγο αυτό αναλύεται χωριστά παρακάτω.

Το **μονοξείδιο του άνθρακα (CO)** είναι αέριο άχρωμο, άοσμο και άγευστο λίγο ελαφρύτερο από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Είναι πολύ τοξικό για τους ανθρώπους και τα ζώα σε υψηλές συγκεντρώσεις, παρ' όλο που παράγεται σε μικρές ποσότητες από τον κανονικό ζωικό μεταβολισμό και θεωρείται ότι συμμετέχει σε κάποιες φυσιολογικές βιολογικές λειτουργίες. Παράγεται κατά την ατελή καύση των καυσίμων. Η κυριότερη πηγή εκπομπής του CO είναι το αυτοκίνητο. Εκτιμάται ότι το 98% του CO στο αέρα των πόλεων προέρχεται από την κίνηση των οχημάτων.

Το **διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)** είναι άχρωμο, άοσμο και δεν είναι τοξικό. Δεν θεωρείται ρύπος. Όμως η έκθεση σε μεγάλες συγκεντρώσεις μπορεί να επηρεάσει την αναπνευστική λειτουργία. Θεωρείται ως το σημαντικότερο αέριο που συμβάλλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Τα **οξειδία του αζώτου (NO_x)** είναι ενώσεις του αζώτου με οξυγόνο. Υπάρχουν επτά οξειδία του αζώτου από τα οποία τα τρία N₂O, NO και NO₂ συναντώνται στην ατμόσφαιρα σε μεγάλες συγκεντρώσεις και από αυτά μόνο τα NO, NO₂ είναι τοξικά.

Το **υποξείδιο του αζώτου (N₂O)** είναι άχρωμο και σχετικά αδρανές. Χρησιμοποιείται ως προωθητικό αέριο στις φιάλες των αεροζόλ σπρέι, δεν σχηματίζεται κατά τη καύση.

Το **μονοξείδιο του αζώτου (NO)** είναι άχρωμο και παράγεται με καύση των ορυκτών καυσίμων. Σε υψηλές θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 1000 °C μετατρέπεται σε NO₂.

Το **διοξείδιο του αζώτου (NO₂)** έχει χρώμα κόκκινο-κίτρινο-καστανό και χαρακτηριστική οσμή. Σχηματίζεται με καύση ορυκτών καυσίμων σε υψηλές θερμοκρασίες και με φωτοχημική οξείδωση του NO.

Το όζον (O₃): Το όζον είναι αέριο άχρωμο, βαρύτερο του αέρα με δριμεία οσμή. Είναι ισχυρότατο οξειδωτικό προέρχεται συνήθως από τη δράση των φωτοχημικών αντιδράσεων πάνω στα προϊόντα καύσης κατά το σχηματισμό του φωτοχημικού νέφους.

Οι Υδρογονάνθρακες (HCs): Αναφέρονται και ως Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (Volatile Organic Compounds- VOCs). Στην ατμόσφαιρα έχουν ανιχνευτεί πάνω από 60 είδη υδρογονανθράκων. Μερικοί από αυτούς εκπέμπονται από τα αυτοκίνητα με ατελή καύση ή εξάτμιση του καυσίμου, τη βιομηχανία, τις βιοτεχνικές δραστηριότητες μέσα στη πόλη (πχ καθαριστήρια, βαφεία αυτοκινήτων πρατήρια καυσίμων, γεωργοκτηνοτροφικές δραστηριότητες. Πολλοί από αυτούς σχηματίζονται δευτερογενώς στην ατμόσφαιρα. Οι HCs αποτελούν βασικό συντελεστή δημιουργίας του φωτοχημικού νέφους.

Ο Μόλυβδος (Pb) είναι πολύ τοξικός ρύπος. Η κύρια πηγή στη ατμόσφαιρα ήταν η χρήση της βενζίνης Super. Χρησιμοποιούνταν στη βενζίνη ως πρόσθετο υπό μορφή Pb(CH₃)₄, Pb(C₂H₅)₄ για τη βελτίωση του αριθμού οκτανίων (αντικροτικό). Στην ατμόσφαιρα εκλύονταν υπό μορφή

ενώσεων $PbCl_2$, $PbBr_2$, Pb , PbO κλπ. Επίσης ο Pb χρησιμοποιείται για χρώματα και άλλες εφαρμογές. Λόγω τοξικότητας η χρήση του είναι περιορισμένη.

Σωματίδια (PM): Τα σωματίδια που αιωρούνται στα υψηλά στρώματα της ατμόσφαιρας (υψόμετρο ~ 10km) χαρακτηρίζονται **Μετεωρική σκόνη**, έχουν μέγεθος 0. 05μ-μερικές δεκάδες μικρά και η χημική τους σύσταση είναι: Na, K, Mg, Al, Si, Ca, Ti, Cr, Fe, Co, Ni. Απορροφούν ηλιακή ενέργεια και ένα μέρος της το ξανά εκπέμπουν στη γη (Απορροφούν ~1/2 της Ηλιακής ενέργειας) . Θεωρείται ότι λειτουργούν «σαν κουρτίνα» προστατεύοντας τη γη από την ηλιακή ακτινοβολία. Σε αντίθεση με τη μετεωρική σκόνη τα σωματίδια που αιωρούνται στο στρώμα της ατμόσφαιρας που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος έχουν μεγάλη σημασία. Τα σωματίδια αυτά είναι γήινης προέλευσης και προέρχονται είτε από **Φυσικές πηγές** όπως: Θάλασσα ($MgCl_2$, $CaCl_2$, KBr , $NaCl$), Πυρκαγιές, Διάβρωση εδαφών, Εκρήξεις ηφαιστείων (ενώσεις S), Βιολογικά υλικά (γύρη-αερόβιες και αναερόβιες διασπάσεις) είτε από:

Ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως: Βιομηχανίες, Μεταλλουργικές βιομηχανίες (Σιδηρούχων και μη σιδηρούχων υλικών). Βιομηχανία οικοδομικών υλικών (Τσιμέντο, μπετόν, γύψος, ασβέστης, κεραμικά υλικά, γυαλί, αμιάντος, εξόρυξη και επεξεργασία αδρανών υλικών). Χημική βιομηχανία ανόργανων υλικών (H_2SO_4 , HCl , HNO_3 , H_3PO_4 , HF , Λιπάσματα). Χημική βιομηχανία Οργανικών υλικών: Διυλιστήρια, πετροχημικά. Επίσης από διάφορες δραστηριότητες όπως έργα οδοποιίας, δομικά έργα, γεωργικές δραστηριότητες, κίνηση οχημάτων, εστίες καύσης, θερμοηλεκτρικοί σταθμοί κλπ. Τα σωματίδια ανάλογα με το μέγεθος και τη φύσης τους χαρακτηρίζονται ως:

- Σκόνη από 1μm μέχρι μερικές εκατοντάδες μm □
- Καπνός <1 μm
- Αεροζόλ οργανικά και ανόργανα σταγονίδια <2 μm

Η χημική τους σύσταση εξαρτάται από τη προέλευση τους και μπορεί να είναι $CaCO_3$, SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 κλπ άλατα θειικά νιτρικά φωσφορικά, μέταλλα, άνθρακας (αιθάλη), μεγάλου μοριακού βάρους χημικές ενώσεις. Στην ατμόσφαιρα αιωρούνται σωματίδια μικρότερα από 10 μm και μεταφέρονται με τον άνεμο σε μεγάλες αποστάσεις από το σημείο εκπομπής, ενώ τα μεγαλύτερα καθιζάνουν κοντά στο σημείο εκπομπής.

PAN (Νιτρικό υπεροξυ-ακετύλιο) είναι δευτερογενής ρύπος που δημιουργείται με την επίδραση ηλιακής ακτινοβολίας και την αλληλεπίδραση πρωτογενών ρύπων. Οι πρωτογενείς ρύποι και η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας αποτελούν την αιτία για την εμφάνιση της φωτοχημικής ρύπανσης ή του φωτοχημικού νέφους. Η κατακόρυφη παρεμπόδιση της διασποράς των ρυπογόνων ουσιών εξαιτίας της θερμοκρασιακής αναστροφής, της άπνοιας ή των φυσικών εμποδίων ευνοεί την συσσώρευση τους.

Ο μηχανισμός έναρξης των φωτοχημικών αντιδράσεων συνοψίζεται σε τρία στάδια:

I: Το NO_2 απορροφά ηλιακή ακτινοβολία και μετατρέπεται σε NO (φωτόλυση NO_2)

II: Το ατομικό οξυγόνο αντιδρά πολύ γρήγορα με το O_2 τον αέρα και σχηματίζει O_3

III: Παράλληλα το O_3 αντιδρά με το NO και σχηματίζει NO_2

Τα τρία αυτά στάδια αποτελούν το φωτολυτικό κύκλο του NO_2 .

Εφόσον δεν έχουμε άλλους δραστικούς ρύπους ο κύκλος αυτός θα συνεχίζεται χωρίς να έχουμε μεταβολή της συγκέντρωσης του NO_2 .

Όμως υπάρχουν υδρογονάνθρακες που παρεμβάλλονται στον κύκλο με αποτέλεσμα τη δημιουργία δευτερογενών ρύπων όπως το O_3 και το PAN, το HNO_3 κ.λ.π.

Φυσικά ο μηχανισμός σχηματισμού του φωτοχημικού νέφους δεν είναι τόσο απλός. Μελέτες αναφέρουν ότι ο αριθμός των φωτοχημικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα είναι πολύ μεγάλος (>80). Τα ενδιάμεσα προϊόντα των αντιδράσεων αυτών είναι εξαιρετικά δραστικά και προκαλούν σημαντικές οχλήσεις.

Κατά τη δημιουργία φωτοχημικού νέφους εκτός από τις επιδράσεις των φωτοχημικών ρύπων όπως CO , SO_2 , τα σωματίδια, οι υδρογονάνθρακες, τα βαριά μέταλλα, οι ίνες αμιάντου κ.λ.π. Επίσης παρατηρείται σημαντική μείωση της ορατότητας.

1.2 Πηγές ρύπανσης

Οι πηγές ρύπανσης διακρίνονται σε:

Φυσικές (πχ πυρκαγιές δασών, δραστηριότητα ηφαιστειών, διασπορά της γύρης των φυτών, κοσμική ακτινοβολία κ. λ. π) και **ανθρωπογενείς**.

Οι **ανθρωπογενείς πηγές** κατατάσσονται ως εξής:

- Σταθερές σημειακές πηγές καύσης (θερμοηλεκτρικά εργοστάσια κεντρική θέρμανση).
- Σταθερές πηγές (βιομηχανία, βιοτεχνικές δραστηριότητες).

- Κινητές πηγές (αυτοκίνητα, αεροπλάνα, πλοία).
- Εκτέλεση έργων μικρών και μεγάλων (οδοποιίας, σήραγγες, ανεγέρσεις κατοικιών και εγκαταστάσεων κλπ .
- Γεωργικές δραστηριότητες
- Κτηνοτροφικές δραστηριότητες

1.3 Επιπτώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων στον άνθρωπο

Οι βλαβερές επιπτώσεις της αέριας ρύπανσης στους ανθρώπους είναι ο βασικότερος λόγος των προσπαθειών που καταβάλλονται για την πλήρη κατανόηση και τον έλεγχο των πηγών εκπομπής των διαφόρων αερομεταφερόμενων ρύπων.

Αναλυτικά για τους σημαντικότερους ρύπους και τις επιπτώσεις τους στην υγεία και την ευεξία του ανθρώπου είναι γνωστά τα εξής:

Το διοξείδιο του θείου (SO₂)

Είναι γενικά αέριο αποπνικτικό. Επιδρά στο αναπνευστικό σύστημα, ιδιαίτερα όταν συνδυάζεται με υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων και υγρασία. Εισπνεόμενο προκαλεί ερεθισμό του βλεννογόνου, του ρινοφάρυγγα, του λάρυγγα και των βρόγχων. Σε ακραίες καταστάσεις μπορεί να προκληθεί σπασμός του λάρυγγα και πνευμονικό οίδημα.

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Εμφανίζει μεγάλη τάση να ενωθεί με την αιμοσφαιρίνη του αίματος και να σχηματίσει ανθρακοξυ-αιμοσφαιρίνη. Η ένωση αιμοσφαιρίνη-CO είναι 245 φορές πιο σταθερή από την αντίστοιχη με οξυγόνο ελαττώνοντας έτσι την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει ικανή ποσότητα οξυγόνου στους ιστούς με αποτέλεσμα να εμφανίζονται συμπτώματα ανοξίας. Επίσης επηρεάζεται το κεντρικό νευρικό σύστημα, αρχίζοντας από κεφαλαλγίες και αναπνευστικές δυσκολίες και μπορεί να φτάσει μέχρι το θάνατο. Σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να οδηγήσει σε ανωμαλίες της όρασης, κακή εκτίμηση του χώρου και του χρόνου (απώλεια προσανατολισμού) και σε ακραίες περιπτώσεις σε απώλεια των αισθήσεων και θάνατο.

Το διοξείδιο του αζώτου (NO₂)

Φαίνεται να ασκεί παράλληλη δράση με το διοξείδιο του θείου αλλά εντονότερη. Το μονοξείδιο και το διοξείδιο του αζώτου προκαλούν έντονο ερεθισμό του τραχειοβρογχικού βλεννογόνου και του αναπνευστικού επιθηλίου. Χαρακτηριστικό για τους νιτρώδεις ατμούς είναι ότι αν η συγκέντρωσή τους δεν είναι πολύ μεγάλη τα συμπτώματα από την εισπνοή δεν είναι άμεσα αλλά εμφανίζονται μετά από μερικές ώρες.

Το όζον (O₃)

Είναι εξαιρετικά τοξικό αέριο. Η παρουσία του στην στρατόσφαιρα συμβάλει αποφασιστικά στην προστασία των ανθρώπων, ζώων και φυτών από την υπεριώδη ακτινοβολία, αντίθετα όμως στην χαμηλότερη ατμόσφαιρα το όζον αποτελεί ένα ισχυρό και ερεθιστικό ρύπο ο οποίος βλάπτει την ανθρώπινη υγεία, τις αγροτικές καλλιέργειες ακόμη και τα δομικά υλικά. Προκαλεί ελάττωση των πνευμονικών λειτουργιών, βήχα, δύσπνοια, άσθμα. Έκθεση του ατόμου σε εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις (>9 ppm) μπορεί να προκαλέσει ζάλη εμετούς κ. ά. Οι ερευνητές πιστεύουν ότι το όζον είναι η δεύτερη μεγαλύτερη αιτία των πνευμονικών νοσημάτων μετά από τα μικρά σωματίδια, από το κάπνισμα - ενεργητικό και παθητικό – τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων και την καύση του ξύλου.

Τα αιωρούμενα σωματίδια (PM₁₀)

Σε μεγάλες συγκεντρώσεις είναι επιβλαβή για τους πνεύμονες του ανθρώπου, προκαλούν βρογχίτιδες, ερεθισμό των ματιών, δερματικές παθήσεις και αύξηση του αριθμού των θανάτων ιδιαίτερα όταν οι αιωρούμενες ουσίες είναι τοξικές.

Το βενζόλιο (C₆H₆)

Το βενζόλιο είναι ένας πολύ τοξικός και καρκινογόνος ρύπος. Παράγωγα του βενζολίου χρησιμοποιούνται στην αμόλυβδη βενζίνη για τη βελτίωση του αριθμού οκτανίων (Αρωματικό κλάσμα της βενζίνης). Έχει το υψηλότερο δείκτη επικινδυνότητας και δραστηριότητας σε σχέση με άλλες ενώσεις σύμφωνα με τον κατάλογο που έχει συντάξει η Ευρωπαϊκή Ένωση.

Μόλυβδος

Είναι τοξικός σε όλες τις μορφές του και μπορεί να εισαχθεί στον οργανισμό τόσο από την πεπτική όσο και την αναπνευστική οδό. Χαρακτηριστική είναι η αθροιστική δράση του και η

εκλεκτική απόθεσή του στα οστά. Μπορεί να προκαλέσει χρόνια δηλητηρίαση (μολυβδίαση). Έντονα συμπτώματα εμφανίζονται όταν ο μόλυβδος στο αίμα είναι πάνω από 60-100μg, οπότε δημιουργούνται προβλήματα στο ρυθμό παραγωγής του αίματος. Ασκεί μεγαλύτερη επίδραση σε άτομα μικρής ηλικίας προκαλώντας ανωμαλίες στις λειτουργίες των κυττάρων, διαταραχές στις νεφρικές λειτουργίες, καθώς και νευρικές ανωμαλίες.

Πίνακας 1: Επιπτώσεις στην υγεία από ρυπαντικές ουσίες

Ρυπαντική ουσία	Βαθμολογία*	Επιπτώσεις στην υγεία
στον αέρα		
Βενζόλη	9	Καρκινογόνο, προκαλεί αναιμία
1,3 Βουταδιένιο	8	Καρκινογόνο ουσία
Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες	8	Καρκινογόνος ουσία, αντοχή στο περιβάλλον
Αρσενικό και στοιχεία	8	Καρκινογόνος ουσία, αντοχή στο περιβάλλον
Χρόμιο και στοιχεία	8	Καρκινογόνος ουσία
Νικέλιο και στοιχεία	8	Καρκινογόνος ουσία, μπορεί να επηρεάσει το αναπνευστικό σύστημα, αντοχή στο περιβάλλον
Κάδμιο και στοιχεία	7	Καρκινογόνος ουσία που συνδέεται με τον καρκίνο του προστάτη και των νεφρών άνθρωπο και επίσης, καρκίνο του πνεύμονα και των όρχεων στα ζώα. Ο καπνός από το κάψιμο του καδμίου ή του οξειδίου του καδμίου μπορεί σε βαριά περιστατικά, να επιδράσει στο αναπνευστικό σύστημα, αντοχή στο περιβάλλον.
Διοξίνες και φουράριο	7	Καρκινογόνος ουσία, ασθένεια του δέρματος, αντοχή στο περιβάλλον και βιολογικά συσσωρεύσιμο.
Υδράργυρος	7	Μπορεί να προκαλέσει αναπαραγωγικά προβλήματα, αντοχή στο περιβάλλον και βιολογικά συσσωρεύσιμο.
Διχλωρομεθάνιο	5	Πιθανός καρκινογόνος ουσία, μέτρια αντοχή στο περιβάλλον. Οι υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλέσουν αναισθησία και θάνατο. Η έκθεση μπορεί να ερεθίσει τους πνεύμονες, να προκαλέσει οίδημα στους πνεύμονες και καρδιακή αρρυθμία. Η μακροπρόθεσμη έκθεση σε υψηλά επίπεδα μπορεί να καταστρέψει το σκώτι η τον εγκέφαλο.

Φορμαλδεΐδη	5	Καρκινογόνος ουσία, ερεθίζει το δέρμα, τα μάτια και το αναπνευστικό σύστημα, μπορεί να παροξύνει σε άσθμα.
Στυρένιο	5	Πιθανός καρκινογόνος ουσία.
1,4 διχλωροβενζόλη	3	Πιθανός καρκινογόνος ουσία, μέτρια αντοχή στο περιβάλλον.
Τετραχλωροαιθυλένιο	3	Πιθανός καρκινογόνος ουσία.
Στοιχεία μαγνησίου	3	Μπορεί να επηρεάσει την εγκεφαλική λειτουργία
<i>*Η υψηλή βαθμολογία αποτελεί ένδειξη για μεγαλύτερη ανησυχία</i>		
<i>Πηγή: EPAV (1999c)</i>		

Αιωρούμενα σωματίδια (PM)

Τα σωματίδια με την εισπνοή μεταφέρονται στη ρινική κοιλότητα όπου τα χονδρά (>2μm) ενώ τα λεπτά <0,2 μm ακολουθούν τη ροή του αέρα και πολλά από αυτά τα διαπηδήσουν τις αναπνευστικές μεμβράνες και να φράσουν στους πνεύμονες και το αίμα. Στην επιφάνεια των σωματιδίων μπορεί να προσροφηθούν τοξικές ουσίες που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα και να μεταφερθούν στους πνεύμονες και το αίμα. Σε μεγάλες συγκεντρώσεις είναι επιβλαβή για τους πνεύμονες του ανθρώπου, προκαλούν βρογχίτιδες, ερεθισμό των ματιών, δερματικές παθήσεις και αύξηση του αριθμού των θανάτων ιδιαίτερα όταν τα σωματίδια προέρχονται από περιβάλλον που υπάρχουν αιωρούμενες τοξικές ουσίες.

PAN

Είναι δευτερογενείς φωτοχημικός ρύπος. Προκαλεί προβλήματα στο αναπνευστικό σύστημα και στα μάτια.

Ραδόνιο

Είναι άχρωμο, άοσμο, ραδιενεργό αέριο το οποίο δημιουργείται από τη φυσική διάσπαση του Ουρανίου που περιέχεται στα υλικά με τα οποία κτίζονται τα κτίρια. Η παγίδευση του μέσα στα κτίρια σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να οδηγήσει σε καρκίνο των πνευμόνων. Μεγάλοι Οργανισμοί Υγείας θεωρούν το Ραδόνιο υπεύθυνο για χιλιάδες περιπτώσεις καρκίνου των πνευμόνων που θα μπορούσαν να είχαν αποφευχθεί. Επιπλέον αν το άτομο που εκτίθεται σε υψηλές συγκεντρώσεις Ραδονίου στο σπίτι ή στο χώρο εργασίας του, είναι ταυτόχρονα καπνιστής, τότε ο κίνδυνος είναι ακόμη μεγαλύτερος.

Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (VOCs)

Οι VOCs έχουν ερεθιστική, ναρκωτική και, καρκινογενή δράση κ.λ.π. Οι ενοχλήσεις για το περισσότερο από το 75% του πληθυσμού με συμπτώματα όπως πονοκέφαλοι, ερεθισμοί δέρματος και ματιών, χρόνια κόπωση, οφείλονται στην έκθεσή του σε υψηλές συγκεντρώσεις οργανικών ενώσεων. Πάνω από 50% του πληθυσμού με τακτική έκθεση στο βενζόλιο παρουσίασε προβλήματα, ενώ περισσότερες από 3000 περιπτώσεις λευχαιμίας αποδίδονται στο βενζόλιο. Οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες έχουν επιπτώσεις στο νευρικό σύστημα, προκαλούν ερεθισμούς των ματιών, της μύτης και των πνευμόνων καθώς και καταστροφές του δέρματος, του ήπατος και των νεφρών. Η δράση τους είναι συνδυαστική έτσι ώστε το αποτέλεσμα να είναι αθροιστικά και σοβαρότερο.

Πολυχλωριωμένες οργανικές ενώσεις (PCBs)

Οι *πολυχλωριωμένες οργανικές ενώσεις* (διοξίνες, διβενζοφουράνια, πολυχλωριωμένα διφαινύλια, PCBs) είναι αέριοι ρύποι που περιέχονται στα καυσαέρια καύσης ορυκτών καυσίμων (πχ καυσαέρια οχημάτων, κατά τις πυρκαγιές, από τη καύση πλαστικών, από τα υγρά ηλεκτρικά μονωτικά, από τη χρήση φυτοφαρμάκων κλπ.

Τα PCBs χρησιμοποιούνταν ως διηλεκτρικά υγρά σε μετασχηματιστές (μέχρι την απαγόρευση τους το 1985). Είναι ουσίες που δεν βιοδιασπώνται και βιοσυσσωρεύονται μέσω της τροφικής αλυσίδας. Για το λόγο αυτό καταβάλλεται μεγάλη προσπάθεια στο περιορισμό η/και εξάλειψη της χρήσης τους. Η συνθήκη της Στοκχόλμης για τα POPs (Persistent Organic Pollutants) έχει ως σκοπό τον περιορισμό των χρήσεων και εκπομπών πολυχλωριωμένων ουσιών. Ουσίες όπως Aldrin, Dieldrin, Endrin, Chlordane, Heptachlor, Hexachlorobenzene, Mirex, Toxaphene, Polychlorinated Biphenyls, Dioxins, Furans) είναι σε διαδικασία περιορισμού ή και πλήρους απαγόρευσης της χρήσης τους.

1. 4 Επιπτώσεις ατμοσφαιρικών ρυπαντών στην φύση

Στο παρελθόν, το κλίμα της γης έχει πολλές φορές αλλάξει σαν αποτέλεσμα φυσικών αιτιών. Όμως, οι αλλαγές που παρατηρούνται τα τελευταία χρόνια και αυτές που προβλέπονται στο μέλλον, οφείλονται κυρίως στην ανθρώπινη συμπεριφορά. Από την εποχή της βιομηχανικής

επανάστασης, οι άνθρωποι ξεκίνησαν να καίνε ορυκτά καύσιμα σε μαζικές ποσότητες για να κινήσουν οχήματα, να θερμάνουν τις κατοικίες τους, να εκτελέσουν τις επαγγελματικές τους δραστηριότητες, να τροφοδοτήσουν τα εργοστάσια με ενέργεια. Οι θερμοηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας χρησιμοποιούν άνθρακα και πετρέλαιο για να παράγουν την ηλεκτρική ενέργεια που χρειαζόμαστε για να θερμάνουμε και να φωτίσουμε τα σπίτια μας και γενικά να καλύψουμε τις ανάγκες μας σε ενέργεια. Με την καύση των ορυκτών καυσίμων έχουμε αύξηση της συγκέντρωσης των ατμοσφαιρικών ρύπων.

Έτσι η αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα οδηγεί στον εγκλωβισμό υπερβολικής ποσότητας θερμότητας. Αυτό προκαλεί την αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας της γης (**υπερθέρμανση του πλανήτη**), η οποία με τη σειρά της οδηγεί στην αλλαγή του κλίματος.

Επιπτώσεις του SO₂ στα φυτά

Το διοξείδιο του θείου εισέρχεται στα φύλλα κυρίως μέσω των σωματίων (μικροσκοπικά ανοίγματα) και η συνεπακόλουθη βλάβη έχει ταξινομηθεί είτε ως οξεία είτε ως χρόνια. Οξεία βλάβη προκαλείται από την απορρόφηση υψηλών συγκεντρώσεων διοξειδίου του θείου σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα. Τα συμπτώματα εμφανίζονται ως βλάβες στα φύλλα και στις δύο όψεις τους οι οποίες εκδηλώνονται συνήθως μεταξύ των νεύρων και περιστασιακά κατά μήκος των περιθωρίων των φύλλων. Το χρώμα των νεκρωτικών περιοχών μπορεί να ποικίλει από ένα ελαφρύ μαύρισμα ή κοντά σε λευκό έως ένα πορτοκαλί-κόκκινο ή καφέ, ανάλογα με την εποχή του χρόνου που προσβάλλονται τα φυτά και τις καιρικές συνθήκες. Τα προσφάτως αναπτυγμένα φύλλα είναι συνήθως τα πιο ευαίσθητα σε οξεία βλάβη από διοξείδιο του θείου ενώ τα πολύ νεότερα και παλαιότερα είναι κάπως πιο ανθεκτικά.

Η χρόνια βλάβη προκαλείται από τη μακροχρόνια απορρόφηση του διοξειδίου του θείου σε συγκεντρώσεις χαμηλότερες αυτής που προκαλεί νέκρωση του φυτού. Τα συμπτώματα εμφανίζονται ως κιτρίνισμα ή γλώρωση των φύλλων, και περιστασιακά ως μαύρισμα στην κάτω επιφάνεια των φύλλων.

Διαφορετικά είδη φυτικών ειδών και ποικιλιών, ακόμη και τα φυτά ίδιου είδους μπορεί να διαφέρουν σημαντικά ως προς την ευαισθησία τους στο διοξείδιο του θείου. Οι διαφοροποιήσεις αυτές συμβαίνουν λόγω των διαφορών στη γεωγραφική θέση, κλίμα, το στάδιο ανάπτυξης και ωρίμανσης των φυτών. Οι ακόλουθες καλλιέργειες θεωρούνται γενικά ευαίσθητες στο διοξείδιο

του θείου: η μηδική (ποώδη φυτά πχ τριφύλλι κλπ), το ραβέντι, το κριθάρι, το σιτάρι, το τριφύλλι, η βρώμη, η κολοκύθα, τα ραπανάκια, το σπανάκι, το κολοκύθι, το σέσκουλο και ο καπνός. Στις ανθεκτικές καλλιέργειες περιλαμβάνονται τα σπαράγγια, το λάχανο, το σέλινο, το καλαμπόκι, το κρεμμύδι και η πατάτα.

Γενικά το SO₂ προκαλεί ορατά συμπτώματα με χαρακτηριστικότερο τη χλώρωση του ιστού των φύλλων, ακόμη δε και μη ορατά συμπτώματα όπως πρόκληση διαταραχών στην αύξηση του φυτού. Στα κωνοφόρα παρατηρείται ξαφνική χλώρωση των παλαιότερων βελόνων που συνοδεύεται από ξήρανση και νέκρωση. Στα πλατύφυλλα παρουσιάζεται μια υγρή και ελαφρά χλώρωση των κάτω επιφανειών των φύλλων. Επίσης έχει παρατηρηθεί σε δασικά δέντρα ως αποτελέσματα της επίδρασης του SO₂ η μείωση του ρυθμού φωτοσύνθεσης

Επιπτώσεις των NO_x στα φυτά

Τα οξειδία του αζώτου (NO_x) εισέρχονται στο φυτό μέσω των στομάτων των φύλλων. Το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) μπορεί να προκαλέσει σοβαρές βλάβες στα δασικά δέντρα. Αρχικά συμπτώματα εμφανίζονται μερικές φορές σαν δακτύλιοι από άσπρα σημάδια κοντά στη βάση των βελόνων των κωνοφόρων. Σοβαρές προσβολές από (NO₂) προκαλούν ταχεία νέκρωση των παλαιότερων βελόνων από τη κορυφή προς τη βάση και γενική χλώρωση των νεαρότερων βελόνων. Στα πλατύφυλλα οι χλωρωτικές και νεκρωτικές βλάβες από τη δράση (NO_x) μοιάζουν με βλάβες από τη δράση διοξειδίου του θείου (SO₂), όζοντος (O₃), καθώς και από έλλειψη μαγνησίου (Mg). Σε μεγάλες συγκεντρώσεις NO_x, προκαλούνται στα δασικά δέντρα καφετιές ως μαυροκαφετιές νεκρώσεις στη περίμετρο των φύλλων, όπως και κηλίδες.

Επιπτώσεις του όζοντος στα φυτά

ο όζον όπως αναφέρθηκε παραπάνω είναι δευτερογενής ρύπος και είναι αποτέλεσμα φωτοχημικών αντιδράσεων που γίνονται στο στρώμα της ατμόσφαιρας το οποίο βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος δηλαδή στη τροπόσφαιρα. Η επίδρασή του στα φυτά παρατηρήθηκε για πρώτη φορά στην περιοχή του Λος Άντζελες το 1944. Από τότε, οι βλάβες από το όζον σε βλάστηση έχουν αναφερθεί και τεκμηριώνονται σε πολλές περιοχές σε όλη τη Βόρεια Αμερική, συμπεριλαμβανομένης και της Νοτιοδυτικής και στις κεντρικές περιοχές του Οντάριο. Καθ' όλη την καλλιεργητική περίοδο, κυρίως τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, στις περιοχές αυτές τα επίπεδα του όζοντος ποικίλουν σημαντικά. Οδηγός για την εκτίμηση των επιπέδων ζημιάς που

προκαλείται από το όζον είναι η ζημιά που προκαλείται στα λευκά φασόλια τα οποία είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα. Στα ευαίσθητα είδη περιλαμβάνεται το αγγούρι, τα σταφύλια, τα πράσινα φασόλια, το μαρούλι, το κρεμμύδι, η πατάτα, το ραπανάκι, το σπανάκι, το καλαμπόκι, ο καπνός και η ντομάτα. Στα ανθεκτικά είδη περιλαμβάνονται τα αντίδια, τα αχλάδια και τα βερίκοκα.

Τα συμπτώματα επίδρασης του όζοντος είναι χαρακτηριστικά και εμφανίζονται στην επάνω επιφάνεια των προσβεβλημένων φύλλων ως στίγματα, μαύρισμα ή λεύκανση των ιστών των φύλλων. Οι μειώσεις στην απόδοση της καλλιέργειας είναι συνήθως ανάλογη της ζημιάς που είναι ορατή στο φύλλωμα των φυτών. Επίσης μπορεί να παρατηρηθεί σημαντική μείωση της απόδοσης χωρίς να είναι εμφανής η προσβολή του φυλλώματος. Αντίθετα, ορισμένες καλλιέργειες μπορούν να αντέξουν την ορατή προσβολή του φυλλώματος χωρίς καμία αρνητική επίδραση στην απόδοση.

Ευαίσθησια για βλάβες από το όζον επηρεάζονται από πολλούς περιβαλλοντικούς και αυξητικούς παράγοντες των φυτών. Η υψηλή σχετική υγρασία, η περιεκτικότητα εδάφους σε άζωτο και η διαθεσιμότητα νερού μπορεί να προκαλέσουν αύξηση των επιπέδων ευαισθησίας. Ανάπτυξη της ζημιάς στα πλατιά φύλλα επηρεάζεται από το στάδιο της ωριμότητας. Τα νεαρά φύλλα είναι ανθεκτικά. Με την ανάπτυξη τους, γίνονται διαδοχικά πιο ευαίσθητα. Τα φύλλα γίνονται ανθεκτικά και πάλι μετά την ολοκλήρωση της ωρίμανσης. Το όζον της τροπόσφαιρας είναι γνωστό για την φυτοτοξική του δράση λόγω της ικανότητας διείσδυσης μέσω των πόρων στα κύτταρα των φύλλων και πρόκλησης οξειδωτικών βλαβών στους φυτικούς ιστούς. Οι βλάβες είναι ανάλογες με τις συγκεντρώσεις και διαχωρίζονται σε οξείες (συμωματικές) και χρόνιες, με επιπτώσεις στην ανάπτυξη δένδρων και φυτών, μείωση της παραγωγικότητας αγροτικών προϊόντων και καταστροφές σε δάση. Το όζον έχει την ιδιότητα να διαλύεται εύκολα στο νερό και να διεισδύει στα υποκυτταρικά διαμερίσματα. Υπεροξείδωση λιπιδίων και βλάβες σε μεμβράνες, προσβολή πρωτεϊνών και βλάβες σε ένζυμα, καταστροφή αντιοξειδωτικών μηχανισμών και μείωση της φωτοσυνθετικής ικανότητας, είναι μερικές από τις βλάβες που προκαλεί το όζον στα δένδρα του δάσους. Το όζον επιδρά σε σημαντικό βαθμό, σε υψηλές συγκεντρώσεις και μακροχρόνια έκθεση, στα δένδρα και τα φυτά παρεμποδίζοντας τη φωτοσύνθεση, την ανάπτυξη και την αντιμετώπιση ασθενειών.

Φθοριούχες ενώσεις

Οι φθοριούχες ενώσεις εκλύονται στην ατμόσφαιρα από την καύση του άνθρακα, τη παραγωγή τούβλων, κεραμιδιών, σμάλτου, κεραμικών και γυαλιού. Από τη βιομηχανία αλουμινίου και χάλυβα και την παραγωγή υδροφθορικού οξέος, φωσφορικών χημικών ενώσεων και λιπασμάτων. Οι Φθοριούχες ενώσεις που απορροφούνται από τα φύλλα διαχέονται στη περίμετρο των μεγάλων φύλλων και στις άκρες των μονοκοτυλήδων φύλλων (γλαδιόλα). Μικρή βλάβη λαμβάνει χώρα στο σημείο της απορρόφησης, ενώ στη περίμετρο των μεγάλων φύλλων ή στις άκρες των μονοκοτυλήδων φύλλων συσσωρεύονται σιγά σιγά βλαπτικές συγκεντρώσεις.

Η βλάβη γίνεται ορατή καθόσον ξεκινά ως γκρι ή ελαφρύ πράσινο χρωματισμό, το οποίο μετατρέπεται κόκκινο-καφέ. Με συνεχή έκθεση το μέγεθος των νεκρωτικών περιοχών μεγαλώνει εξαπλώνεται σε μια κεντρική ζώνη των μεγάλων φύλλων και σε όλη την έκταση των μονοκοτυλήδων φύλλων.

Το φθόριο εισέρχεται στο φύλλο μέσω των σωματίων και διαχέεται περιμετρικά του φύλλου, όπου συσσωρεύεται και προκαλεί βλάβη των ιστών. Η χαρακτηριστική σκούρα ζώνη χωρίζει τους υγιείς ιστούς (πράσινο) από τους προσβλημένους ιστούς των φύλλων.

Οι μελέτες της ευαισθησίας των φυτικών ειδών σε φθοριούχες ενώσεις δείχνουν ότι η βερυκοκιά, το κριθάρι, η μουριά, ροδακινιά, η γλαδιόλα, το αμπέλι, η δαμασκηλιά, το γλυκό καλαμπόκι και η τουλίπα είναι πιο ευαίσθητα. Ανθεκτικά φυτά είναι η μηδική, τα σπαράγγια, τα φασόλια (SNAP), το λάχανο, το καρότο, το κουνουπίδι, το σέλινο, το αγγούρι η μελιτζάνα, το μπιζέλι, το αχλάδι, το πιπέρι, οι πατάτες, τα κολοκύθια, ο καπνός και το σιτάρι.

Αμμωνία (NH₃)

Η αμμωνία εκλύεται στην ατμόσφαιρα από ατυχήματα διαρροής που σχετίζονται με την αποθήκευση της, τη μεταφορά και τη χρήση. Επίσης από τη μεταφορά και τη χρήση άνυδρων ή ένυδρων αμμωνιακών λιπασμάτων. Όταν απελευθερωθούν μεγάλες ποσότητες αμμωνίας σε μικρό χρονικό διάστημα μπορεί να προκαλέσουν σοβαρή ζημιά στη βλάστηση και τα φυτά της γύρω περιοχής. Η πλήρης εκδήλωση των αποτελεσμάτων της προσβολής παίρνει αρκετές μέρες και εμφανίζεται με λεύκανση των φύλλων και από τις δύο πλευρές τους και νεκρωτικές περιοχές. Το γρασίδι και η βλάστηση απόκτα χρώμα κοκκινωπό με εκτεταμένες νεκρωτικές ραβδώσεις. Τα λουλούδια, τα οπωροφόρα δένδρα και φυτά με ξυλώδη ιστό δεν επηρεάζονται σημαντικά. Ευαίσθητα είδη στην προσβολή από αμμωνία είναι η μηλιά, το κριθάρι, τα φασόλια, το τριφύλλι,

τα ραπανάκια, η μουριά και η σόγια. Ανθεκτικά είδη θεωρούνται το τριφύλλι, τα τεύτλα, τα καρότα, το καλαμπόκι, το αγγούρι, η μελιτζάνα, το κρεμμύδι, η ροδακινιά, το ραβέντι και η ντομάτα.

Αιωρούμενα σωματίδια (PM)

Τα αιωρούμενα σωματίδια όπως η σκόνη τσιμέντου, η σκόνη ανθρακικού μαγνησίου ή ασβεστίου η αιθάλη κλπ όταν εναποτίθενται στη βλάστηση μπορεί να εμποδίσει την κανονική αναπνοή και τους μηχανισμούς της φωτοσύνθεσης στο φύλλο. Σκόνη τσιμέντου μπορεί να προκαλέσει χλώρωση και νέκρωση του ιστού των φύλλων και συνδυαζόμενη με υγρές καιρικές συνθήκες δημιουργεί ένα τοξικό αλκαλικό στρώμα πάνω στα φύλλα. Η επικάλυψη των φύλλων με σκόνη μπορεί επίσης να επηρεάσει τη φυσιολογική δράση των φυτοφαρμάκων και άλλων γεωργικών χημικών ουσιών, όπως αυτές που εφαρμόζονται με ψεκασμό στο φύλλωμα. Επιπλέον, η συσσώρευση της αλκαλικής σκόνης στο έδαφος μπορεί να αυξήσει το pH του εδάφους σε επίπεδα δυσμενή για την ανάπτυξη των καλλιεργειών.

Όξινη βροχή

Οι όξινοι ρύποι μπορούν να αποτεθούν από την ατμόσφαιρα στην επιφάνεια της Γης σε υγρή ή ξηρή μορφή. Ο κοινός όρος για να περιγράψει αυτή τη διαδικασία είναι η εναπόθεση ή καθίζηση όξινων ουσιών. Ο όρος **όξινη βροχή** χρησιμοποιείται για να περιγράψει συγκεκριμένη μορφή υγρής όξινης ρύπανσης η οποία κατακρημνίζεται στο έδαφος με τη βροχή, το χιονόνερο, το χιόνι, την ομίχλη, και τα σύννεφα ατμού.

Ως οξύ μπορεί να οριστεί κάθε ουσία η οποία όταν διαλύεται στο νερό δίδεται και δίνει κατιόντα υδρογόνου. Το νερό της βροχής έχει συνήθως ένα PH μεταξύ 5,0 - 5,6, λόγω των φυσικών ατμοσφαιρικών αντιδράσεων που σχετίζονται με το διοξείδιο του άνθρακα. Για λόγους σύγκρισης, το αποσταγμένο νερό δηλαδή το νερό που είναι καθαρό από οποιαδήποτε άλλη ουσία, έχει pH 7,0. Το νερό της βροχής θεωρείται ότι είναι όξινο, όταν το pH του πέσει κάτω από 5. 6 (το οποίο είναι 25 φορές πιο όξινο από το καθαρό αποσταγμένο νερό). Μερικές περιοχές στην ανατολική Βόρεια Αμερική έχουν βροχοπτώσεις με pH τόσο χαμηλό όπως 2-3 ή περίπου 1000 φορές περισσότερο όξινο από το φυσικό.

Οι Όξινες εναποθέσεις δεν είναι πρόσφατο φαινόμενο. Τον 17ο αιώνα, οι επιστήμονες παρατήρησαν τις επιπτώσεις στη βλάστηση και τους ανθρώπους της από τις εκπομπές των βιομηχανιών. Ωστόσο, ο όρος όξινη βροχή χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά δύο αιώνες

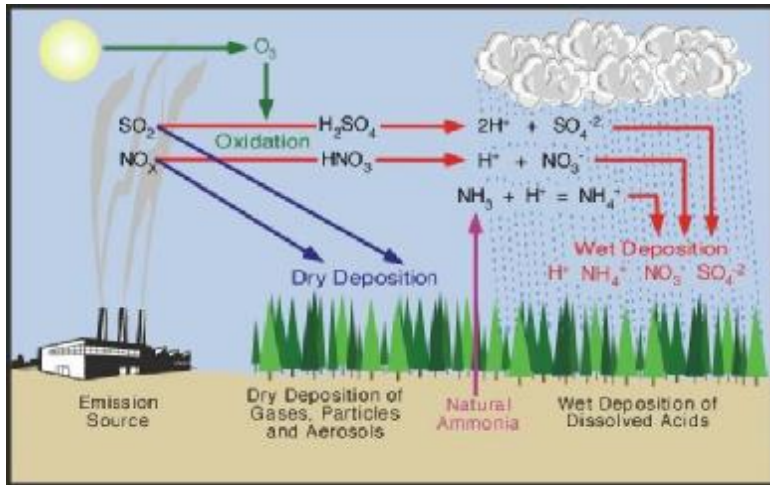
αργότερα, όταν Angus Smith ο οποίος το 1872 δημοσίευσε ένα βιβλίο με τίτλο «όξινη βροχή». Στη δεκαετία του 1960, τα προβλήματα που συνδέονται με τις όξινες εναποθέσεις έγιναν ένα διεθνές πρόβλημα, όταν ψαράδες παρατήρησαν μείωση της ποσότητας των ψαριών και τις ποικιλομορφίας τους σε πολλές λίμνες σε όλη η τη Βόρεια Αμερική και την Ευρώπη.

Σχηματισμός όξινων εναποθέσεων

Όξινες εναποθέσεις μπορεί να σχηματιστούν ως αποτέλεσμα δύο διεργασιών. Έτσι έχουμε τις «υγρές όξινες εναποθέσεις» και «ξηρές όξινες εναποθέσεις». Σε ορισμένες περιπτώσεις οφείλονται στο υδροχλωρικό οξύ και τα άλλα οξέα που μπορεί να εκλυθούν άμεσα στην ατμόσφαιρα από εργοστάσια χημικής βιομηχανίας. Συνήθως οφείλονται σε δευτερογενείς ρύπους που προκύπτουν από την οξειδωση των οξειδίων του αζώτου (NO_x) και διοξειδίου του θείου (SO₂) που εκλύονται στην ατμόσφαιρα. Όταν οι ρύποι αυτοί αντιδρούν στην ατμόσφαιρα με την υγρασία μετατρέπονται σε θειικό, νιτρικό και υδροχλωρικό οξύ.

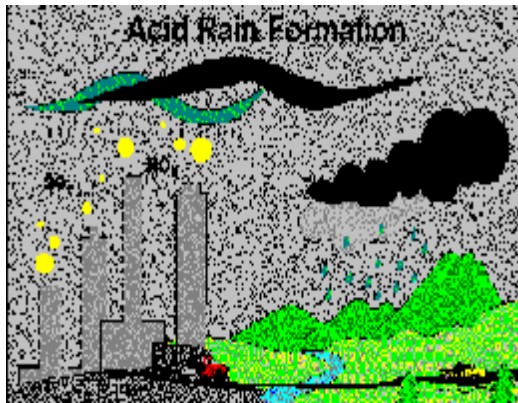
Τα υδατοδιαλυτά αυτά οξέα παρασύρονται από το νερό της βροχής, το χιόνι, το χαλάζι και εναποτίθενται στο έδαφος και στους υδάτινους αποδέκτες. Με τη διαδικασία αυτή έχουμε **υγρή όξινη εναπόθεση**. Όταν οι όξινες χημικές ουσίες (ρύποι) προσροφώνται στην επιφάνεια των αιωρούμενων στην ατμόσφαιρα στερεών ξηρών σωματιδίων, ενώ πολλές φορές τα ίδια τα αιωρούμενα στον αέρα, σωματίδια περιέχουν στη σύστασή τους όξινα συστατικά. Όταν τα σωματίδια αυτά λόγω μεγέθους αλλά και των μετεωρολογικών συνθηκών κατακρημνίζονται (καθιζάνουν), διαλύονται και αντιδρούν με το νερό του υδάτινου οικοσυστήματος και δίνουν οξέα. Με τη διαδικασία αυτή έχουμε «**ξηρές όξινες εναποθέσεις**»

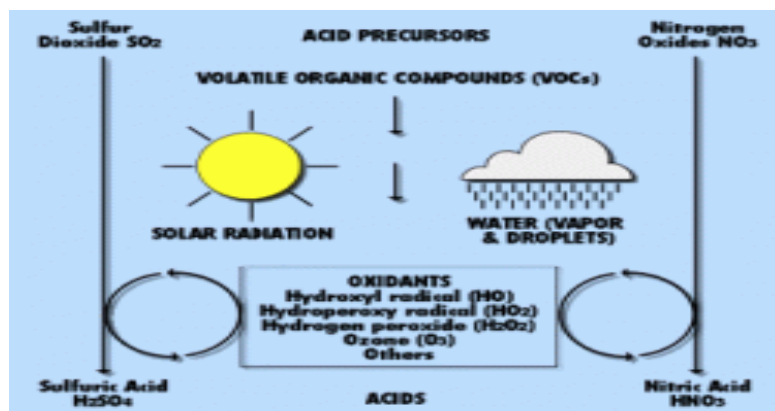
Συμπερασματικά ως **όξινη βροχή** ονομάζονται όλες οι ατμοσφαιρικές εναποθέσεις (δηλ. η βροχή, το χιόνι, το χαλάζι) οι οποίες έχουν pH χαμηλότερο από το pH της κανονικής βροχής, δηλαδή οι εναποθέσεις αυτές είναι πιο όξινες από την κανονική βροχή. Η διαδικασία οξειδωσης των οξειδίων και η μετατροπή τους σε υγρή ή ξηρή όξινη εναπόθεση μπορεί να διαρκέσει αρκετές ημέρες. Έτσι κατά τη διάρκεια της περιόδου αυτής οι ρύποι διαχέονται στην ατμόσφαιρα και μεταφέρονται από τα ρεύματα αέρα ανάλογα με τις μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν. Μπορεί να μεταφερθούν εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά από την αρχική πηγή εκπομπής. Συχνά η ρύπανση αυτή μπορεί να μεταφερθεί και πέραν των συνόρων μιας χώρας και να επηρεάσει γειτονικές και όχι μόνο χώρες. Αυτό αποκαλείται διασυνοριακή ρύπανση.



Σχήμα 1: Διαδικασίες σχηματισμού όξινων εναποθέσεων.

Οι εκπομπές του διοξειδίου του θείου είναι υπεύθυνες για το 60-70% των όξινων εναποθέσεων που εμφανίζονται σε παγκόσμιο επίπεδο. Περισσότερο από το 90% του θείου στην ατμόσφαιρα είναι ανθρώπινης προελεύσεως. Οι υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του θείου (SO_2) και οξειδίων του αζώτου (NO_x) στην ατμόσφαιρα δημιουργούν το φαινόμενο της όξινης βροχής (Σχήμα 2).





Σχήμα 2: Παραστάσεις δημιουργίας όξινης βροχής.

A: Επιπτώσεις της όξινης βροχής στις λίμνες και τα υδάτινα οικοσυστήματα.

Μία από τις άμεσες συνέπειες της όξινης βροχής είναι οι επιπτώσεις σε λίμνες και τα υδάτινα οικοσυστήματα. Υπάρχουν πολλές διαδρομές μέσω των οποίων όξινες χημικές ουσίες μπορούν να εισέλθουν στις λίμνες. Οι δύο βασικές είναι οι υγρές όξινες εναποθέσεις και οι ξηρές όξινες εναποθέσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω. Όταν στις λίμνες πέφτουν υγρά σωματίδια όπως βροχή, χιόνι, χιονόνερο, χαλάζι, δροσιά ή ομίχλη αυτά περιέχουν τα διαλυμένα όξινα συστατικά, τα οποία προκύπτουν από τις αντιδράσεις με την υγρασία του διοξειδίου του θείου των οξειδίων του αζώτου και των άλλων αερίων, όπως περιγράψαμε παραπάνω. Επιπλέον, οι λίμνες και οι υδάτινοι αποδέκτες δέχονται όλα τα επιφανειακά νερά αποστράγγισης του εδάφους μετά από βροχή ή χιονόπτωση. Καθώς τα νερά της βροχής αποστραγγίζουν, πλένουν την επιφάνεια του εδάφους και μεταφέρουν στη λίμνη μέταλλα, μερικά από οποία μπορεί να είναι και τοξικά, διάφορα θρεπτικά συστατικά αλλά και όξινες αποθέσεις.

Ένας άλλος επιβλαβής τρόπος με τον οποίο τα οξέα μπορούν να εισέλθουν στις λίμνες είναι ο αποκαλούμενος στη βιβλιογραφία ως «ανοιξιάτικο όξινο σοκ». Όταν το χιόνι λιώνει την άνοιξη γρήγορα λόγω μιας ξαφνικής αλλαγής της θερμοκρασίας, τα οξέα οι χημικές ουσίες που περιέχονται στο χιόνι απελευθερώνονται στο έδαφος. Το λιωμένο χιόνι ρέει στα ρέματα και τα ποτάμια, και σταδιακά καταλήγει στις λίμνες. Η εισαγωγή αυτών των οξέων και των χημικών ουσιών στις λίμνες προκαλεί μια ξαφνική δραστική αλλαγή στο pH των λιμνών έτσι και ο όρος «ανοιξιάτικο όξινο σοκ». Το υδάτινο οικοσύστημα δεν έχει χρόνο για να προσαρμοστεί στις αιφνίδιες αλλαγές. Επιπλέον, η άνοιξη είναι μια ιδιαίτερα ευαίσθητη περίοδος για πολλά υδρόβια είδη, δεδομένου ότι αυτή είναι η περίοδος για την αναπαραγωγή για τα αμφίβια, τα ψάρια και τα

έντομα. Πολλά από τα είδη αυτά γεννούν τα αυγά τους στο νερό για να εκκολαφθούν. Η απότομη αλλαγή του pH είναι επικίνδυνη γιατί η οξύτητα μπορεί να προκαλέσει σοβαρές παραμορφώσεις στα μικρά τους ή ακόμα και να τα εξολοθρεύσει. Πολλά από τα είδη αυτά περνούν ένα σημαντικό μέρος του πρώτου κύκλου της ζωής τους στο νερό.

Επίσης το θειικό οξύ μπορεί να επηρεάσει τα ψάρια στις λίμνες με δύο τρόπους: άμεσα και έμμεσα. Το θειικό οξύ (H_2SO_4) παρεμβαίνει άμεσα στην ικανότητα των ψαριών να προσλαμβάνουν το οξυγόνο, το αλάτι και τα θρεπτικά συστατικά που απαιτούνται για να μείνουν ζωντανά. Για τα ψάρια του γλυκού νερού, η διατήρηση της κατάλληλης όσμωσης είναι το κλειδί στην επιβίωσή τους. Η ρύθμιση της όσμωσης (Osmoregulation) είναι η διαδικασία με την οποία εξασφαλίζεται η λεπτή ισορροπία των αλάτων και μετάλλων στους ιστούς τους. Μόρια οξέος συγκεντρώνονται στη βλέννα βραγχίων και αυτό εμποδίζει τα ψάρια να απορροφούν το οξυγόνο. Εάν η συγκέντρωση της βλέννας σε θειικό οξύ αυξάνει, τα ψάρια ασφυκτιούν και μπορεί να νεκρωθούν από ασφυξία. Επιπλέον, το χαμηλό pH θα επηρεάζει την ισορροπία των αλάτων στους ιστούς των ψαριών.

Το επίπεδο των αλάτων, όπως τού ασβεστίου (Ca^{2+}) δεν μπορεί να διατηρηθεί σε μερικά ψάρια λόγω της μεταβολής του pH. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την κακή αναπαραγωγή. Τα αυγά που παράγονται μπορεί να καταστραφούν αφού είναι είτε πολύ εύθραυστα ή πολύ αδύναμα. Μειωμένα επίπεδα Ca^{2+} επίσης μπορεί να οδηγήσουν σε αδύναμη σπονδυλική στήλη και παραμορφώσεις. Για παράδειγμα, στις караβίδες πρέπει το Ca^{2+} να διατηρηθεί στο αιτούμενο επίπεδο για να σχηματιστεί υγιής εξωτερικός σκελετός. Χαμηλά επίπεδα Ca^{2+} θα σήμαινε σχηματισμό ασθενούς από άποψη αντοχής εξωτερικού σκελετού. Τα νιτρικά άλατα επηρεάζουν την ανάπτυξη των ψαριών. Τα αζωτούχα λιπάσματα ξεπλένονται από το έδαφος και μεταφέρονται στις λίμνες και τα άλλα υδάτινα οικοσυστήματα. Το άζωτο ευνοεί την ανάπτυξη των φυκιών, τα οποία λογικά θα σήμαινε αύξηση της παραγωγής οξυγόνου, με αποτέλεσμα να ωφελούνται τα ψάρια. Ωστόσο, λόγω των αυξημένων θανάτων στον πληθυσμό των ψαριών, λόγω της όξινης βροχής, η διαδικασία αποσύνθεσης των φυκιών καταναλώνει πολύ διαλυμένο οξυγόνο, με αποτέλεσμα να μένει λιγότερο διαθέσιμο για τα επιζώντα ψάρια.

Η όξινη βροχή δια του θειικού οξέος που περιέχει απελευθερώνει μεγάλες ποσότητες μετάλλων από τα εδάφη πολλά από τα οποία ανήκουν στη κατηγορία των βαρέων μετάλλων. Για παράδειγμα, το αλουμίνιο (Al^{3+}) είναι ακίνδυνο ως μέρος μιας χημικής ουσίας με σύνθετη δομή (πχ σύμπλοκα άλατα). Η όξινη βροχή προκαλεί διάσπαση της χημικής ένωσης και απελευθέρωση

των ιόντων αλουμινίου (Al^{+3}) τα οποία με τα νερά της βροχής σταδιακά καταλήγουν στις λίμνες όπου λόγω της τοξικότητας του γίνεται θανατηφόρο για την υγεία των ψαριών

Τα ιόντα (Al^{+3}) προκαλούν εγκαύματα στα βράγχια των ψαριών και συσσωρεύεται στα όργανά τους, προκαλώντας μεγάλη ζημιά. Έτσι, αν και πολλά ψάρια μπορεί να είναι σε θέση να ανεχτούν ένα pH περίπου 5. 9, αυτό το επίπεδο οξύτητας είναι αρκετά υψηλό ώστε να απελευθερώσει (Al^{+3}) από τα εδάφη για να σκοτώσουν τα ψάρια. Αυτή η επίδραση αυξάνεται περισσότερο με το «ανοιξιάτικο όξινο σοκ».

Σε μια μελέτη που έγινε σε λίμνες οι επιστήμονες παρακολούθησαν τη μεταβολή του pH λόγω επίδραση της όξινης βροχής. Η μελέτη ξεκίνησε το 1976 και δείχνει ότι όσο το όσο το pH μειώνεται με τα χρόνια μια σειρά ψαριών και οργανισμών που ζουν στις λίμνες είτε εξαφανίζονται ή μεταλλάσσονται. Επίσης παρατήρησαν και περιπτώσεις καρκινοποίησης σε πολλά είδη. Αυτό αποδίδεται στα προβλήματα αναπαραγωγής λόγω της οξύτητας της λίμνης που προκλήθηκε από τις όξινες κατακρημνίσεις.

Αυτή η περιπτώσιολογική μελέτη δείχνει εμφανώς τη σημαντική επίδραση της όξινης βροχής στις λίμνες και στα υδάτινα οικοσυστήματα.

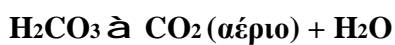
B: Αλληλεπίδραση της όξινης βροχής με το Έδαφος

• Ασβεστολιθική Εξουδετέρωση:

Το θεικό οξύ αντιδρά με τον ασβεστόλιθο σε μια αντίδραση εξουδετέρωσης ως εξής:



Το θεικό ασβέστιο είναι διαλυτό στο νερό με αποτέλεσμα ο ασβεστόλιθος διαλύεται και θρυμματίζεται.



Όταν η όξινη βροχή πέφτει στη γη, γίνονται μια σειρά από φυσικές και χημικές αλλαγές. Αυτές οι αλλαγές μπορούν να μειώσουν την οξύτητα και την αλλαγή των χημικών χαρακτηριστικών του νερού που φθάνει στα ρεύματα και τις λίμνες.

Αλκαλικά ή ουδέτερα εδάφη, όπως αυτά που είναι πλούσια σε ασβεστόλιθο, ανθρακικό ασβέστιο, μπορούν να εξουδετερώσουν άμεσα το οξύ.

- **Αποτελεσματικότητα Εξουδετέρωσης**

Ο βαθμός στον οποίο τα εδάφη μπορούν να εξουδετερώσουν την όξινη βροχή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες: τον τύπο του εδάφους, το πάχος, τον τρόπο ροής του νερού, τις μετεωρολογικές συνθήκες. Αν το έδαφος είναι παγωμένο, όπως το χειμώνα, η διαδικασία εξουδετέρωσης δεν μπορεί να λειτουργήσει αποδοτικά οπότε τα οξέα καταλήγουν στους υδάτινους αποδέκτες. Αν το έδαφος είναι κυρίως χαλαζίας όπως η άμμος, είναι ανθεκτικό στις καιρικές συνθήκες και δεν υπάρχουν βάσεις για να εξουδετερώσουν το οξύ. Σε περίπτωση που το έδαφος έχει πολύ μικρή περιεκτικότητα σε αλκαλικά συστατικά, όπως ο ασβεστόλιθος, το οξύ εξουδετερώνεται μόνο λίγο ή καθόλου με το πέρασμα του χρόνου.

Σε ελαφρώς όξινα εδάφη στα τυπικά καταπράσινα δάση στις βορειοανατολικές ΗΠΑ, τον Καναδά και την Ευρώπη, δύο άλλα φαινόμενα μπορούν να εξουδετερώσουν την όξινη βροχή. Το οξύ μπορεί να συγκρατηθεί καθώς το έδαφος ή η βλάστηση συγκρατούν τα θειικά και τα νιτρικά ιόντα (από το θειικό και νιτρικό οξύ). Επίσης εδάφη με μεγάλο πάχος έχουν μεγάλη ικανότητα να συγκρατήσουν τα θειικά και τα νιτρικά ιόντα.

Τα δέντρα αντλούν τη διατροφή τους, κυρίως από ιόντα στοιχείων, όπως το ασβέστιο, Ca, το μαγνήσιο, Mg, και το κάλιο K που έχουν διαλυθεί από τα πετρώματα στο έδαφος. Οι Όξινες κατακρημνίσεις προσθέτουν ιόντα υδρογόνου, τα οποία εκτοπίζουν τα σημαντικά θρεπτικά συστατικά με την διαδικασία της ανταλλαγής με αποτέλεσμα αυτά να εκπλύνονται από τα νερά. Έκπλυση σημαίνει ότι τα ιόντα απομακρύνονται τόσο από την επιφάνεια του εδάφους όσο και από το υπέδαφος σε αρκετά μεγάλο βάθος. Συνεπώς όταν τα θρεπτικά ιόντα απομακρυνθούν από το χώμα παρασυρόμενα από τα νερά της βροχής, δεν είναι πλέον διαθέσιμα για να απορροφηθούν από τις ρίζες των φυτών. Τα ιόντα ασβεστίου χρησιμοποιούνται στα κύτταρα ενός δέντρου για το σχηματισμό των κυττάρων και στις διαδικασίες μεταφοράς σακχάρων, νερού, και άλλων θρεπτικών συστατικών από τις ρίζες προς τα φύλλα. Τα ιόντα μαγνησίου είναι ένα ζωτικής σημασίας στοιχείο για την φωτοσύνθεση και ως φορέας του φωσφόρου που είναι σημαντικό στοιχείο για την παραγωγή του DNA. Και αυτά τα ιόντα μπορεί να μην είναι διαθέσιμα στις ρίζες των δέντρων επειδή έχουν απομακρυνθεί με έκλυση με το μηχανισμό που αναφέραμε παραπάνω.

Στα τοξικά μέταλλα περιλαμβάνονται ο μόλυβδος, ο υδράργυρος, ο ψευδάργυρος, ο χαλκός, το κάδμιο, το χρώμιο, το μαγγάνιο, το βανάδιο και άλλα. Αυτά μπορεί να συμβάλουν στην επιβράδυνση της ανάπτυξης ενός δέντρου. Επιπλέον, αυτός ο συνδυασμός των τοξικών

μετάλλων μπορεί επίσης να επηρεάσει αρνητικά την ανάπτυξη των βακτηρίων του εδάφους, βρύα, φύκια, μύκητες, και τους γαιοσκώληκες.

Γ. Επιπτώσεις στις καλλιέργειες

Οι επιπτώσεις της όξινης βροχής στα καλλιεργούμενα εδάφη μπορεί να αμβλυνθούν από χρήση λιπασμάτων και άλλων μεθόδων βελτίωσης τους. Οι καλλιέργειες τροφίμων δεν πλήττονται συνήθως σοβαρά επειδή τα λιπάσματα αντικαθιστούν τις θρεπτικές ουσίες που έχουν εκπλυθεί λόγω όξινης βροχής. Οι γεωργοί μπορούν επίσης να προσθέτουν ασβεστόλιθο στο έδαφος. Ο ασβεστόλιθος είναι ένα βασικό υλικό που αυξάνει την ικανότητα του εδάφους να λειτουργεί ως ασπίδα κατά της οξύτητας.

Οι όξινες εναποθέσεις μειώνουν άμεσα την απόδοση στα τεύτλα, τα ραδίκια, τα καρότα και τα μπρόκολα. Οι επιστήμονες πιστεύουν ότι η όξινη βροχή καταστρέφει τη προστατευτική κηρώδη επικάλυψη των φύλλων και επιτρέπει στα οξέα να διαχέονται στο εσωτερικό του φυτού. Η διαδικασία αυτή διακόπτει την εξάτμιση του νερού και την ανταλλαγή αερίων, έτσι ώστε το φυτό δεν μπορεί πλέον να αναπνεύσει. Αυτό επηρεάζει την αφομοίωση των θρεπτικών συστατικών, την ανάπτυξη των φυτών και τις αποδόσεις των καλλιεργειών. Τα προβλήματα που προκαλούνται από την όξινη βροχή σε όλη την Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική κατά τα τελευταία 100 χρόνια έγιναν τόσο σοβαρά ώστε, το 1985, οι περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες συμφώνησαν να μειώσουν τις εκπομπές τους σε θείο κατά τουλάχιστον 30% μέχρι το 1993. Η μείωση της όξινης βροχής ήταν σημαντική όμως περιέργως, τα δέντρα και τα φυτά των καλλιεργειών στη βόρεια Ευρώπη εξακολουθούν να εμφανίζουν σημαντικά προβλήματα και σε πολλές περιοχές να εμφανίζουν συμπτώματα νέκρωσης και οι αποδόσεις των καλλιεργειών δεν έχουν αυξηθεί ενώ έχουν εμφανιστεί κρούσματα αρκετών νέων ασθενειών των φυτών. Υπάρχουν ενδείξεις ότι οι καλλιέργειες από πολλά φυτά, εμφανίζουν χαμηλότερες αποδόσεις, παρά τη μειωμένη εναπόθεση θείου από την ατμόσφαιρα. Σε ορισμένες περιοχές οι αποδόσεις των καλλιεργειών είναι ελαφρώς καλύτερες. Στις περιοχές αυτές φαίνεται να υπάρχει ένα υψηλότερο επίπεδο του θείου στο έδαφος.

Το συμπέρασμα είναι ότι, σε πολλές περιοχές, οι καλλιέργειες υποφέρουν από έλλειψη θείου. Πριν από τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, οι αγρότες που χρησιμοποιούσαν κυρίως λιπάσματα με N και P που είναι τα κύρια θρεπτικά συστατικά που απαιτούνται από τα φυτά. Αυτά περιείχαν, επίσης, μικρές ποσότητες θείου.

Από τη δεκαετία του 1950 οι αγρότες χρησιμοποιούν λιπάσματα με βάση το νιτρικό αμμώνιο και όχι το θειικό αμμώνιο. Η μείωση αυτή της περιεκτικότητας σε θείο που περιείχαν τα λιπάσματα αντισταθμίζεται από την αύξηση του θείου στην ατμόσφαιρα, που προκαλείται από την αυξημένη καύση των ορυκτών καυσίμων. Σήμερα, με το συνδυασμό των χαμηλότερων επιπέδων του θείου στην ατμόσφαιρα και με λίγο ή καθόλου θείο στα λιπάσματα οι καλλιέργειες παρουσιάζουν σημάδια στρες. Φαίνεται ότι αυτά τα καλλιεργούμενα φυτά χρειάζονται πραγματικά μικρές ποσότητες θείου.

Δ. Επιπτώσεις στα Δάση

Με το πέρασμα των χρόνων, οι επιστήμονες, δασολόγοι, και άλλοι παρατήρησαν μια επιβράδυνση στην ανάπτυξη ορισμένων δασών. Τα φύλλα και οι βελόνες μαυρίζουν και πέφτουν αντί να είναι πράσινα και υγιή. Σε ακραίες περιπτώσεις, μεμονωμένα δέντρα ή ολόκληρες περιοχές του δάσους, νεκρώνονται χωρίς εμφανή λόγο.

Μετά από πολλή ανάλυση, οι ερευνητές γνωρίζουν τώρα ότι η όξινη βροχή προκαλεί επιβράδυνση της ανάπτυξης, τραυματισμό ή νέκρωση των δασών. Φυσικά, η όξινη βροχή δεν είναι η μόνη αιτία για την επιβράδυνση της ανάπτυξης των δασών. Άλλοι παράγοντες που συμβάλλουν στη συνολική υποβάθμιση των δασών είναι οι αέριοι ρύποι, οι ασθένειες, η ξηρασία, οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες κλπ. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι επιπτώσεις της όξινης βροχής στα δέντρα συνδυάζεται με όλους τους παραπάνω παράγοντες. Μετά από πολλά χρόνια συλλογής πληροφοριών σχετικά με τη χημεία και τη βιολογία των δασών, οι ερευνητές αρχίζουν να κατανοούν πώς λειτουργεί η όξινη βροχή στο έδαφος του δάσους, τα δέντρα και τα άλλα φυτά.

Μια ανοιξιάτικη βροχή στο δάσος πλένει τα φύλλα και πέφτει μέσα από τα δέντρα στο έδαφος του δάσους. Μέρος του νερού ρέει πάνω από το έδαφος και καταλήγει σε ρυάκια, ποτάμια, λίμνες ενώ το υπόλοιπο απορροφάται και ενυδατώνει το έδαφος. Το έδαφος μπορεί να εξουδετερώσει μερικά ή ολικά την οξύτητα των όμβριων νερών. Η ικανότητα αυτή ονομάζεται ρυθμιστική ικανότητα, και χωρίς αυτή, το έδαφος γίνεται πιο όξινο. Οι διαφορές στη ρυθμιστική ικανότητα του εδάφους είναι ένας σημαντικός λόγος για τον οποίο ορισμένες περιοχές που δέχονται όξινη βροχή δείχνουν μεγάλη ζημιά, ενώ άλλες περιοχές που δέχονται περίπου το ίδιο ποσό της όξινης βροχής δεν φαίνεται να βλάπτονται καθόλου. Η ικανότητα των δασικών εδαφών να ρυθμίζουν την οξύτητα εξαρτάται από το πάχος και τη σύσταση τους.

Η όξινη βροχή συνήθως δεν βλάπτει τα δέντρα άμεσα. Αντ' αυτού, είναι πιο πιθανό να αποδυναμώσει τα δέντρα καταστρέφοντας τα φύλλα τους, περιορίζοντας τα θρεπτικά συστατικά που έχουν στη διάθεσή τους, ή να τα εκθέτει σε τοξικές ουσίες που απελευθερώνονται αργά από το έδαφος. Αρκετά συχνά, τραυματισμός ή η νέκρωση των δέντρων είναι ένα από αυτά τα αποτελέσματα της όξινης βροχής σε συνδυασμό με μία ή περισσότερες πρόσθετες απειλές.

Οι επιστήμονες γνωρίζουν ότι όξινο νερό διαλύει τα θρεπτικά συστατικά και χρήσιμα μέταλλα στο έδαφος και στη συνέχεια αυτά απομακρύνονται με έκπλυση από το έδαφος των δένδρων και των άλλων φυτών. Συνεπώς τα εδάφη των δασών γίνονται πτωχότερα σε θρεπτικά συστατικά γεγονός που επιβραδύνει την ανάπτυξη των δένδρων και των φυτών. Παράλληλα η όξινη βροχή προκαλεί την απελευθέρωση στο χώμα ουσιών που είναι τοξικές για τα δέντρα και τα φυτά, όπως το αλουμίνιο. Χημικές αναλύσεις σε πυρήνες ξύλου για δένδρα 100 και 200 ετών έδειξαν ότι η περιεκτικότητα σε αλουμίνιο σήμερα σε σχέση με το 1950 είναι τρεις φορές μεγαλύτερη. Οι επιστήμονες πιστεύουν ότι ο συνδυασμός της απώλειας των θρεπτικών συστατικών του εδάφους με την αύξηση των τοξικών μετάλλων όπως το αλουμίνιο αποτελεί ικανοποιητική εξήγηση της βλαπτικής δράσης της όξινης βροχής στα δέντρα.

Ωστόσο, τα δέντρα μπορεί να καταστραφούν από την όξινη βροχή, ακόμη και αν το έδαφος είναι καλά ρυθμισμένο. Τα δάση σε ορεινές περιοχές συχνά εκτίθενται σε μεγαλύτερες ποσότητες οξέων σε σχέση με άλλα δάση, επειδή περιβάλλονται από όξινα σύννεφα και ομίχλη που είναι πιο όξινα από τις βροχοπτώσεις. Το pH στα σταγονίδια των νεφών και της ομίχλης μπορεί να είναι κατά μέσο όρο 3.6, το οποίο είναι πολύ χαμηλότερο από το τελικό pH της βροχής που είναι 4.2. Οι επιστήμονες πιστεύουν ότι όταν τα φύλλα και οι βελόνες που υγραίνονται συχνά από όξινη ομίχλη, χάνουν απαραίτητα θρεπτικά. Η απώλεια αυτή των θρεπτικών συστατικών από το φύλλωμά κάνει τα δέντρα πιο ευαίσθητα στις βλάβες από άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες.



Σχήμα 3.: Φωτογραφία υπέρυθρου προσβεβλημένου δάσους.

Μερικές από τις πιο δραματικές συνέπειες για τα δάση έχουν παρατηρηθεί στην Ευρώπη. Το 1983, μια έρευνα στη Δυτική Γερμανία έδειξε ότι το 34% του συνόλου των δασών της χώρας έχει καταστραφεί από την ατμοσφαιρική ρύπανση. Αυτό περιλάμβανε περίπου το μισό από το περίφημο Μαύρο Δάσος. Η Ελβετία έχει καταγράψει ζημιές στο 14% των δένδρων του δάσους της. Στο σχήμα 3 φαίνεται μια ειδική φωτογραφία υπέρυθρου. Τα νεκρωμένα δένδρα είναι μπλε γκρι και τα υγιή είναι κόκκινα. Στις Ηνωμένες Πολιτείες τα δάση που έχουν επηρεαστεί περισσότερο από την όξινη βροχή είναι αυτά που περιέχουν δένδρα ερυθρελάτης. Η ερυθρελάτη είναι ευαίσθητη σε χαμηλό pH και συγκεντρώσεις αλουμινίου.

Κεφάλαιο 2^ο: Ρύπανση νερού και εδάφους

Εισαγωγή

Τρία συστατικά της βιόσφαιρας, έδαφος, αέρας και νερό μπορεί να λειτουργούν σαν τοξικολογικές δεξαμενές. Αυτά συχνά θεωρούνται και μελετώνται ξεχωριστά αλλά είναι εμφανές ότι λειτουργούν σαν ένα ενοποιημένο σύστημα.

Έτσι, η βροχή μπορεί να μεταφέρει τοξικολογικούς παράγοντες στο έδαφος και στο νερό και στο εξατμιζόμενο επιφανειακό νερό και έδαφος σαν ιπτάμενη σκόνη που μπορεί να μετακινείται ξανά πίσω στον αέρα, όπου μπορούν να μετακινούνται σε μεγάλες αποστάσεις με τον άνεμο.

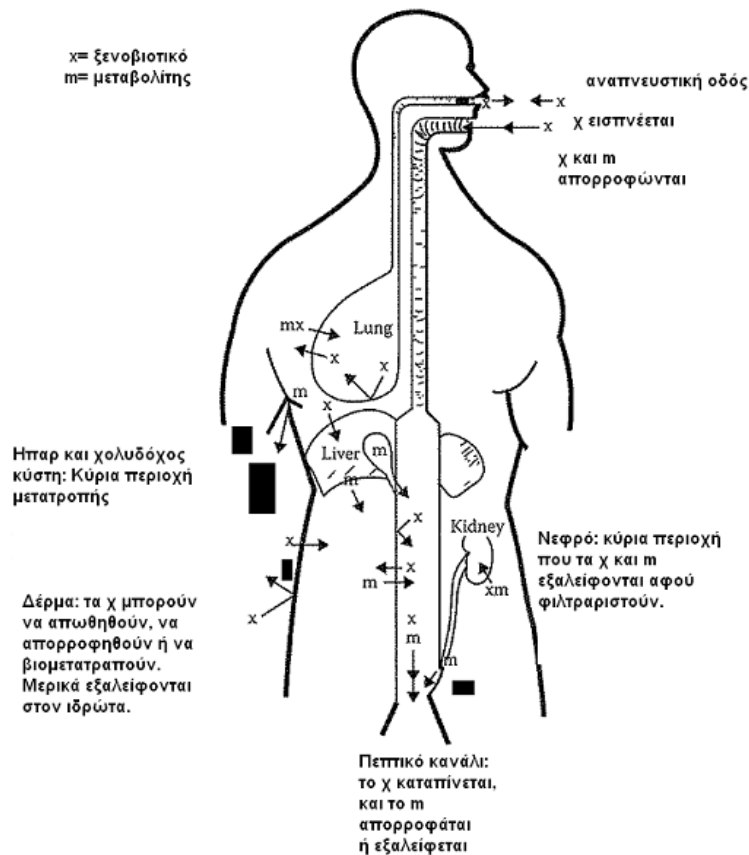
Επιπλέον, απορροές από το έδαφος, τα απόβλητα και βιομηχανικά ροές είναι οι κύριες πηγές της μόλυνσης του νερού.

Ρύποι σε βαθείς υδροφορείς από τα εδάφη και τα επιφανειακά νερά μπορούν να μεταφερθούν και πηγές και σημεία πόσιμου νερού συνδέονται με τη θάλασσα μέσω ποταμών και εκβολών.

Το έδαφος συχνά γίνεται ο αποθετήρας για τα πιο τοξικά απόβλητα προϊόντα και οι συνέπειες είναι μεγάλες σε όλα τα οικοσυστήματα και φυσικά στη ανθρώπινη ζωή.

Τα χημικά μπορούν επίσης να εισαχθούν στις τροφές που αναπτύσσονται σε μολυσμένα εδάφη και ο ψεκασμός των σιτηρών με φυτοφάρμακα είναι ένα σημείο δημόσιας ανησυχίας.

Η μόλυνση του νερού θεωρείται πολύ σημαντική για πολλούς λόγους. Ο πιο εμφανής είναι η πιθανότητα ξενοβιοτικές ουσίες (εικόνα 1) να εισέλθουν στις αποθήκες του πόσιμου νερού και να αποτελέσουν μια άμεση απειλή για την ανθρώπινη υγεία.



Εικόνα 1.: Η πιθανή κίνηση των ξενοβιοτικών στο ανθρώπινο σώμα

Η μόλυνση των ψαριών και των οστρακόδερμων που λαμβάνονται και τα δύο από τη θάλασσα (θαλάσσιοι οργανισμοί) και από τις λίμνες και ποτάμια (υδρόβιοι οργανισμοί) μπορούν επιπλέον να απειλήσουν την ανθρώπινη υγεία όταν αυτές οι τροφές καταναλώνονται.

Μεγαλύτερα (και πιο μεγάλης ηλικίας) ψάρια συχνά έχουν υψηλότερα επίπεδα λιποδιαλυτών τοξικών ουσιών, αλλά τα νεότερα έχουν υψηλότερους μεταβολικούς ρυθμούς και μπορούν να συγκεντρώνουν αυτές τις ουσίες πιο γρήγορα.

Πολλές τοξικές ουσίες λαμβάνονται αρχικά από μονοκύτταρους οργανισμούς που υπηρετούν σαν πηγή τροφής για μεγαλύτερους (αλλά ακόμα μικροσκοπικούς) οργανισμούς, οι οποίοι με τη σειρά τους αποτελούν τροφή για μεγαλύτερους και ούτω καθεξής.

Αυτή η διαδικασία οδηγεί σε αυξανόμενες υψηλότερες συγκεντρώσεις που οδηγούνται στην τροφική αλυσίδα και αυτό ονομάζεται “βιομεγέθυνση”.

Οι υδρόβιοι και οι θαλάσσιοι μικροοργανισμοί είναι οι ίδιοι ευάλωτοι στις τοξικές ουσίες και μπορεί αυτές να απειλήσουν τη ζωή τους. Οι τοξικές ουσίες μπορούν να μεταφέρουν το

πλεονέκτημα της επιλογής για τα είδη, έτσι τα ισχυρότερα από αυτά να μπορούν να επικρατούν των άλλων με άμεσες συνέπειες στη χλωρίδα και την πανίδα και την περιβαλλοντική ισορροπία. Ένα κλασσικό παράδειγμα είναι το φαινόμενο του ευτροφισμού που έχει σαν αποτέλεσμα την παρουσία μεγάλων επιπέδων φωσφόρου και αζώτου στο νερό από εκροές φυτοφαρμάκων, λιπασμάτων και παρασιτοκτόνων από τα γεωργικά εδάφη και από απόβλητα που περιέχουν διάφορες ουσίες. Τα μεγάλα επίπεδα φωσφόρου και αζώτου βοηθούν την ανάπτυξη συγκεκριμένων αλγών και βακτηρίων που αναπτύσσονται υπερβολικά και καταναλώνουν το απαραίτητο οξυγόνο μέχρι που δεν υπάρχει αρκετό διαθέσιμο για να υποστηρίξει άλλες μορφές ζωής.

Το ηλιακό φως επίσης μπορεί να μπλοκαριστεί και έτσι να σταματήσει επιπλέον την φύση του οικοσυστήματος.

Παράγοντες που επηρεάζουν τις τοξικές ουσίες στο νερό

Όλα τα φυσικά νερά περιέχουν χρώμα και όλο το χρώμα περιέχει ποσότητες νερού αλλά υπάρχει αρκετή διαφοροποίηση στην ανάμιξή τους. Στην πραγματικότητα, είναι απαραίτητος ο διαχωρισμός μεταξύ διαφορετικών τύπων επειδή η συμπεριφορά των ρυπαντών διαφέρει σε αυτά.

Εξάλλου, η φύση του νερού από μόνη της μπορεί να μεταβάλλεται λαμβάνοντας υπόψη την σκληρότητα, το pH, την θερμοκρασία και την διείσδυση του φωτός με συνέπειες για την μοίρα των ρυπαντών.

Αυτοί οι ρυθμιστικοί παράγοντες θα αναλυθούν περισσότερο στις επόμενες ενότητες.

Ανταλλαγή τοξικών ουσιών σε ένα οικοσύστημα

Η εικόνα 1 είναι μια σχηματική αναπαράσταση του σώματος του νερού που δείχνει πηγές μόλυνσης (βροχή, απορροές, αποχετεύσεις λυμάτων, διήθηση μέσω του εδάφους) και μερικά από τα μέσα μεταφοράς τοξικών ουσιών σε υδρόβιους οργανισμούς.

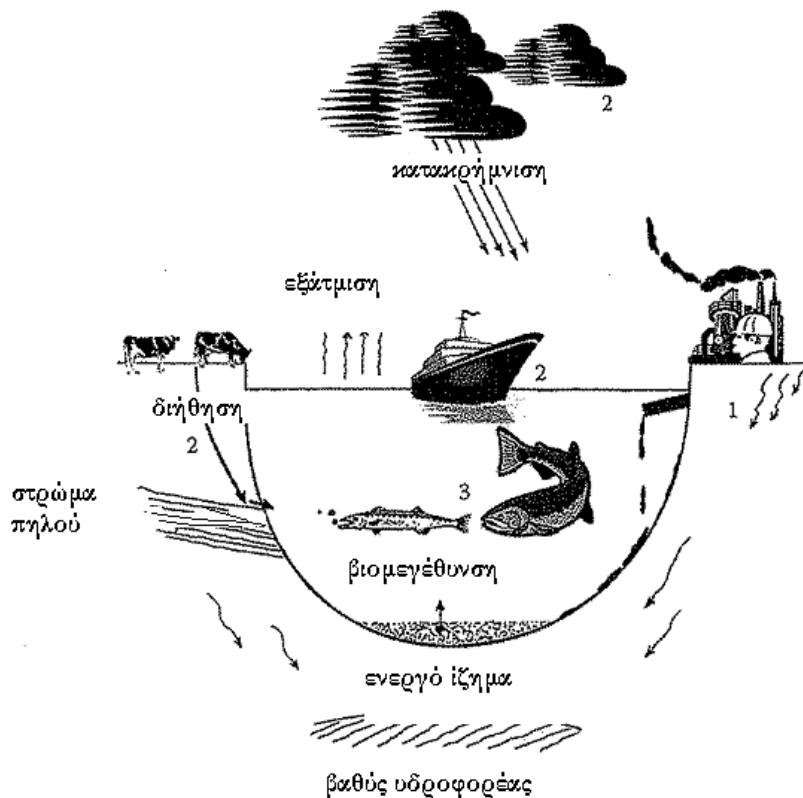
Σημαντικό είναι το επίπεδο ανάμιξης εδάφους/νερού στην κάτω πλευρά διεπαφής. Αυτό περιγράφεται σαν το “ενεργό ίζημα” και περιέχει στην επιφάνεια ένα στρώμα κολλοειδών σωματιδίων που αναστέλλονται στους πόρους του νερού. Το ίζημα περιέχει οργανικό άνθρακα που τείνει να προσλάβει λιποφοβικές ουσίες.

Μια κατάσταση ισορροπίας έτσι επιτυγχάνεται με τους πόρους του νερού που είναι σε ισορροπία με το σώμα του νερού από μόνο του. Το ενεργό ίζημα είναι ένα πλούσιο περιβάλλον για πολλές μορφές υδρόβιας ζωής και οι τροφοδότες σωματιδίων μπορούν να συγκεντρώνουν τοξικές ουσίες από τα σωματίδια και όπου οι τροφοδότες των φίλτρων θα κάνουν το ίδιο από τους πόρους του νερού.

Διάλυση των τοξικών στο κύριο σώμα του νερού θα μεταφέρει την ισορροπία και θα απελευθερώσει περισσότερο από την οριακή κατάσταση. Έτσι, μετακινώντας μια πηγή ρύπανσης μπορεί να μην έχει την αντανάκλαση στην βελτιωμένη ποιότητα νερού για κάποιο χρόνο. Το ενεργό ίζημα μπορεί έτσι να είναι μια δεξαμενή και πηγή τοξικών ουσιών.

Η εικόνα 2 δείχνει ότι τα αρπακτικά ψάρια (ιχθυοφάγα) μπορούν να βιομεγεθύνουν μια τοξική ουσία καταναλώνοντας μικρότερα και λιγότερο μολυσμένα είδη.

Ηλικιωμένα και μεγαλύτερα σε μέγεθος ψάρια θα έχουν γενικά υψηλότερα επίπεδα από τα μικρότερα και το ψάρι που υπάρχει πρωταρχικά στο ζωοπλαγκτόν θα έχει τα μικρότερα επίπεδα από όλα. Αυτό έχει καθαρά προκύψει από μελέτες σε ψάρια σε σχέση με την ουσία του μεθυλ-υδραργύρου σε ψάρια σε διαφορετικές πηγές και σημεία της γής.



Εικόνα 2 : Διάδοση των τοξικών ουσιών σε ένα οικοσύστημα.

Παράγοντες (τροποποιητές) επηρεασμού πρόσληψης τοξικών ουσιών από το περιβάλλον

Οι τροποποιητές ταξινομούνται σαν αβιοτικοί (μη σχετιζόμενοι με την δραστηριότητα των μορφών ζωής) ή βιοτικοί (σχετιζόμενοι με την δραστηριότητα μορφών ζωής).

Αβιοτικοί τροποποιητές

Οι αβιοτικοί τροποποιητές περιλαμβάνουν τους παρακάτω:

1. **pH:** όπως στην περίπτωση αλληλεπίδρασης κάθε διαλύτη/διαλυτής ουσίας, το pH του διαλύτη θα επηρεάσει το βαθμό ιονισμού (διάσπασης) της διαλυτής ουσίας. Μιας και η μη διαχωριστή μορφή είναι η πιο λιποφοβική αυτό θα επηρεάσει την πρόσληψη από τους οργανισμούς. Το συντηρητικό ξύλου π.χ. η πενταχλωροφαινόλη διασπάται σε ένα

αλκαλικό μέσο έτσι ώστε στη θεωρία τουλάχιστον, η όξινη βροχή μπορεί να αυξήσει την βιοδιαθεσιμότητά της με προτίμηση σε μεταφορά σε λιποφοβική μορφή.

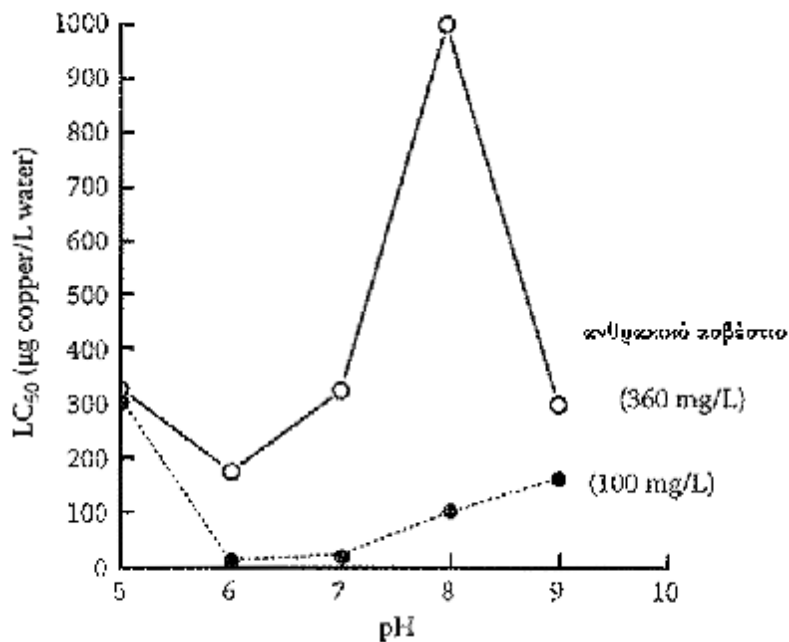
Ο χαλκός που είναι πολύ τοξικός στα ψάρια και σε άλλα είδη υδρόβιας ζωής υπάρχει στην μορφή στοιχειακού χαλκού (Cu^{2+}) σε πιο όξινα pH, αλλά λιγότερο τοξικός σε περιβάλλον με ανθρακικά σε pH περίπου ίσο με 7. Η τοξικότητα στο ψάρι πέστροφα μειώνεται κοντά σε ουδέτερο pH.

Μια σημαντική άποψη του pH αφορά την μεθυλοποίηση του υδραργύρου από ιζηματογενείς μικροοργανισμούς. Αυτό συμβαίνει σε μια στενή περιοχή πεδίου pH και είναι ένας μηχανισμός αποτοξίνωσης που επιτρέπει στους μικροοργανισμούς να εξαντλήσουν τον υδράργυρο σαν μικρό σύμπλοκο μόριο. Περίπου 1.5% ανά μήνα θεωρείται ότι μετατρέπεται κάτω από βέλτιστες συνθήκες (pH=7).

- 2. Σκληρότητα νερού:** τα ανθρακικά μπορούν να δεσμεύσουν μέταλλα όπως το κάδμιο (Cd), ψευδάργυρο (Zn) και χρώμιο (Cr), και τα καθιστούν μη διαθέσιμα σε υδρόβιους οργανισμούς. Φυσικά, ισορροπία μπορεί να εδραιωθεί μεταξύ των δεσμευμένων και των ελεύθερων μορφών έτσι ώστε μετακίνηση του διαλυμένου χαλκού θα προκαλέσει τα ανθρακικά να παραδώσουν μερικό από τον χαλκό που έχει δεσμευτεί.

Υπάρχει επίσης μια οικεία αλληλεπίδραση μεταξύ σκληρότητας και pH, έτσι ώστε η καμπύλη θνησιμότητας για την πέστροφα θα είναι διτροπική σε έναν βαθμό σκληρότητας με δραματικές αυξήσεις στην LC50 (lethal concentration 50%= θανατηφόρος συγκέντρωση 50%) σε pH 5 και 8.

Η εικόνα 3 παρουσιάζει τη σχέση για την τοξικότητα του χαλκού σε έναν μονό βαθμό σκληρότητας.



Εικόνα 3: Επίδραση του ανθρακικού ασβεστίου και pH σε θνησιμότητα χαλκού σε πέστροφες. Η καμπύλη διτροφικής θνησιμότητας για χαλκό δείχνουν την σχέση του pH και της σκληρότητας νερού.

3. **Θερμοκρασία:** Εκτός από μερικά θηλαστικά, οι υδρόβιοι και οι θαλάσσιοι οργανισμοί είναι ποικιλόθερμοι, έτσι η θερμοκρασία του νερού εξαιρετικά επηρεάζει το ρυθμό μεταβολισμού τους, ο οποίος μπορεί να αντανακλάται στον χρόνο κυκλοφορίας του αίματος μέσω των βραγχέων, τις διαδικασίες μεταφοράς και επομένως το ρυθμό πρόσληψης των ξενοβιοτικών ουσιών.

Ρυθμοί βιομετατροπής και απεκκρίσεων μπορεί επίσης να επηρεάζονται. Η θερμοκρασία επίσης θα επηρεάσει το ρυθμό μετατροπής του υδραργύρου σε μεθυλ-υδράργυρο.

4. **Διαλυμένος οργανικός άνθρακας:** Είναι σύμπλοκο με ένα μεγάλο αριθμό λιποφιλικών τοξικών ουσιών και υπηρετεί σαν δεξαμενή για ρυπογόνες ουσίες σε ιζήματα και δεσμευμένα σωματίδια. Ξανά, μια κατάσταση ισορροπίας θα υπάρχει και εάν οι διαλυμένες τοξικές ουσίες μετακινηθούν ή διαλυθούν, το περισσότερο θα απελευθερωθεί από την δεξαμενή. Το ίζημα τυπικά αποτελείται από ανόργανα υλικά (άμμο, πηλό, λάσπη) επικαλυπτόμενα και συμπλεκόμενα με οργανική ύλη, μαζί ζώα και φυτά, ζωντανά και όχι.

5. **Οξυγόνο:** η εξάντληση του οξυγόνου από ραγδαία αύξηση αλγών θα συμβιβάσει άλλες μορφές ζωής που μπορεί να λαμβάνουν μέρος στις διαδικασίες της τοξικοποίησης ή αποτοξίνωσης περιλαμβάνοντας τα μικρόβια που δημιουργούν τον μεθυλ-υδράργυρο.
6. **Φωτοχημικοί μετασχηματισμοί:** η υπεριώδης ακτινοβολία μπορεί να δημιουργήσει χημικές αλλαγές στις προσμίξεις που μπορεί να οδηγήσουν σε πιο τοξικές μορφές της χημικής ουσίας. Έτσι, η φωτο-οξειδωση μπορεί να αυξήσει την τοξικότητα των πολυκυκλικών υδρογονανθράκων (PAHs) μέσω της δημιουργίας υψηλώς αντιδρώντων ελευθέρων ριζών.
Σε καθαρό νερό, αυτή η επίδραση μπορεί να είναι σημαντική σε βάθος 6m και μπορεί να έχει μια σημαντική επίδραση στα επίπεδα των τοξικών ουσιών.

Βιοτικοί τροποποιητές

Αυτοί είναι παρόμοιοι τροποποιητές που μπορεί να επηρεάσουν την απόκριση ενός ασθενή σε μια φαρμακευτική ουσία.

1. **Ηλικία:** τα πιο ηλικιωμένα είδη είναι λιγότερο ευαίσθητα σε κάποια τοξικά. Οι μορφές προνυμφών υδατικών οργανισμών συχνά διαφέρουν μεταβολικά από ενήλικες μορφές και μπορούν να συγκεντρώνουν και να μεταβολίζουν τις τοξικές ουσίες διαφορετικά.
2. **Είδη:** πολλές διαφορές υπάρχουν σχετικά με την ευαισθησία των διαφορετικών ειδών σε τοξικές ουσίες. Π.χ. τα είδη σολωμών είναι γενικά πιο ευάλωτα από είδη κυπρίων που μπορούν να υπάρχουν σε διαφορετικά περιβάλλοντα και περιβαλλοντικές συνθήκες. Διαταραχές του φυσικού οικοσυστήματος με την εισαγωγή ξένων ειδών μπορεί να έχει δραστηκές επιδράσεις. Γενικά, τα λιμναία και τα ποτάμια οικοσυστήματα επηρεάζονται δραματικά από την εισαγωγή ξένων ειδών που επηρεάζουν την ισορροπία των εκεί ειδών, δηλαδή κάποια είδη υπερτερούν και εξαλείφουν μετά από σύντομο χρονικό διάστημα άλλα είδη.
3. **Υπερπληθυσμός:** Αυτό δημιουργεί ένα επιπλέον παράγοντα πίεσης που μπορεί να επηρεάσει αποκρίσεις σε τοξικές ουσίες.
4. **Θρέψη:** το επίπεδο της θρέψης μπορεί να επηρεάσει τέτοιους παράγοντες όπως τις αποθήκες λίπους (ενας σημαντικός χώρος αποθήκευσης για λιποφιλικές τοξικές ουσίες) και την απόδοση των μηχανισμών αποτοξίνωσης.

Η κατάσταση θρέψης μπορεί σε αντίθεση να επηρεαστεί από αβιοτικούς παράγοντες.

- 5. Γενετικές μεταβλητές:** Απροσδιόριστες γενετικές μεταβλητές είναι αναμφίβολα εν ενεργεία, επηρεάζοντας την απόκριση των ειδών σε ξενοβιοτικά είδη.

Χωροκατακτητικά είδη

Αν και μη τοξικά, τα χωροκατακτητικά είδη μπορούν να έχουν ένα καταστροφικό αποτέλεσμα σε ένα οικοσύστημα. Μπορούν να μειώσουν τα ιθαγενή είδη, να καταστρέψουν τις αποθήκες τροφής στο δίκτυο τροφής που υφίσταται στον εκεί χώρο και εάν είναι επικρατούντα είδη θα αυξήσουν τους πληθυσμούς τους σε σχέση με τα ιθαγενή είδη.

Μπορούν να αλλάξουν το ενδιαίτημα διαβρώνοντας τις όχθες του ποταμού, αλλάζοντας την θολότητα του νερού και έτσι να επιτρέψουν την ανεξέλεγκτη ανάπτυξη μερικών φυτών.

Πληροφορίες για αυτό το θέμα μπορούν να ληφθούν από τη ηλεκτρονική διεύθυνση <http://threatsummary.forestthreats.org>.

Μερικοί Σημαντικοί ορισμοί

- **Εγκλιματισμός (acclimation):** αναφέρεται στη διαδικασία προσαρμογής ενός μονού περιβαλλοντικού παράγοντα κάτω από συνθήκες εργαστηρίου. Εγκλιματισμός σε βάρεμα μέταλλα όπως το κάδμιο συμβαίνει λόγω της αύξησης των επιπέδων της μεταλλοθειονίνης, μιας πρωτεΐνης με δέσμευση σε μέταλλο. Επίσης μπορεί να αναφέρεται και στην προσαρμογή ενός οργανισμού σε πολλαπλούς περιβαλλοντικούς παράγοντες κάτω από συνθήκες πεδίου.
- **Ανθρωπογενής:** Κάθε αλλαγή που οφείλεται στην ανθρώπινη δραστηριότητα.
- **Βιοσυσώρευση (bioaccumulation):** αναφέρεται στην συνολική πρόσληψη των διαλελυμένων μαζί με τις καταποθείσες φάσεις μιας τοξικής ουσίας, π.χ. ψάρια απορροφούν μέσω των βραγχιών ουσίες αλλά καταναλώνουν και τέτοιες τοξικές ουσίες μέσω της διατροφής τους.
- **Βιοσυγκέντρωση (bioconcentration):** αναφέρεται στην πρόσληψη της διαλυμένης φάσης μιας τοξικής ουσίας για επίτευξη συνολικών σωματικών συγκεντρώσεων που

ξεπερνούν αυτά της διαλυμένης φάσης στο νερό, αυτό είναι ενάντια στο βαθμό συγκέντρωσης.

- **Βιομεγέθυνση (biomagnification):** αυτό αναφέρεται στη συγκέντρωση μιας τοξικής ουσίας στην τροφική αλυσίδα έτσι ώστε τα επικρατούντα είδη να περιέχουν υψηλότερα επίπεδα π.χ. PAHs όπως βενζοπυρένιο (BaP) (σύνθετες δομές δακτυλίου που εμπλέκονται σε καρκινογένεσεις και δημιουργούνται από ατελή καύση κατά τη διάρκεια δασικών πυρκαγιών ή από πετρελαιοκηλίδες) συγκεντρώνονται αλλά δεν μεταβολίζονται από τα μαλάκια. Αυτά βιοσυσσωρεύονται και ουσίες τέτοιες ανιχνεύονται σε όργανα μεγάλων ψαριών που διατρέφονται σε μολυσμένες από τέτοιες ουσίες περιοχές.

Έλεγχος τοξικότητας σε υδρόβια και θαλάσσια είδη

Μια μεγάλη ποικιλία υδρόβιων και θαλασσιών ειδών χρησιμοποιείται για έλεγχο τοξικότητας. Αυτό είναι σημαντικό λόγω του παράγοντα βιομεγέθυνσης. Τα είδη που ελέγχονται και ανήκουν στην κορυφή της τροφικής αλυσίδας δεν μπορούν να παρέχουν κάθε πληροφορίας σχετικά με την πιθανότητα ότι αυτά τα είδη μπορεί να βιοσυγκεντρώνουν και βιοσυσσωρεύουν την τοξική ουσία.

Ούτε μπορεί να δώσει κάποια ένδειξη πως η τοξική ουσία μπορεί να κατανεμηθεί σε υδρόβια και θαλάσσια περιβάλλοντα.

Τα είδη που συνηθέστερα χρησιμοποιούνται είναι οι οργανισμοί *Daphnia magna* (ψύλλοι του νερού, ένα οστρακόδερμο 2-3mm σε μήκος), κέφαλοι και πέστροφες.

Τα ψάρια είναι σημαντικά επειδή τα βράγχια τους είναι σημαντικός μηχανισμός πρόσληψης των τοξικών ουσιών. Από τα βράγχια μπορούν να περάσουν μόρια μικρότερα από 500 Da. Μεγάλα μόρια μπορούν να φράξουν τα βράγχια και να δημιουργήσουν πνιγμονή στο ψάρι.

Ποιότητα νερού

Υγρό πόσιμο νερό (αντίθετα στο νερό σε μορφή ατμού) υπάρχει στη γή είτε σαν επιφανειακό νερό (λίμνες, ποτάμια, ρυάκια, λιμνούλες κ.α.) και σαν υπόγειο νερό.

Το υπόγειο νερό μπορεί να είναι στη μορφή του ρηχού υδροφόρου ορίζοντα που σχετικά γρήγορα αντανακλά τα μεταβαλλόμενα επίπεδα ξеноβιοτικών στην επιφάνεια, ή βαθείς υδροφορείς που αποκτούν επιφανειακούς ρύπους πιο αργά.

Ενας υδροφορέας είναι ένα επίπεδο βράχου ή εδάφους ικανό να συγκρατήσει μεγάλες ποσότητες νερού.

Μια σημαντική διαφορά μεταξύ επιφανειακού νερού και υπόγειου νερού είναι η συσσώρευση των ιζημάτων από το δεύτερο. Εκτιμάται ότι το 50% των αγρών χάνουν μεγάλες ποσότητες εδάφους (επιφανειακό στρώμα που είναι το γόνιμο και έχει όλες τις ουσίες βλαβερές και μη). Η διάβρωση του εδάφους συνεισφέρει περισσότερο από 700 φορές περισσότερο από το ιζηματογενές υλικό στο επιφανειακό νερό όπως κάνει και η απορροή αποβλήτων.

Μαζί το επιφανειακό νερό και το υπόγειο νερό μπορούν να είναι μια πηγή για χρήση πόσης, οικιακή χρήση και βιομηχανική χρήση.

Σε πολλές περιπτώσεις υπάρχει ενδιαφέρον και ανησυχία για την ποιότητα και την ασφάλεια του νερού από τα προσωπικά πηγάδια που είναι διεσπαρμένα ανά την χώρα και μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα όσον αφορά τη ρύπανση τους στους πληθυσμούς που προμηθεύονται από αυτούς το νερό αλλά ακόμα και να ρυπάνουν μεγαλύτερες πηγές μέσω των μολυσματικών παραγόντων που ίσως υπάρχουν ή ριχτούν εκεί.

Πηγές ρύπανσης

Πηγές ρύπανσης περιλαμβάνουν τις παρακάτω:

- **Αγροτικές απορροές:** τα συστήματα αποχετεύσεων μεταδίδουν κάθε πρόσμιξη του εδάφους στο επιφανειακό νερό και μέσω της διαρροής στα υπόγεια νερά. Αυτό περιλαμβάνει αγροτικά χημικά (φυτοφάρμακα, χημικά ανάπτυξης, ζιζανιοκτόνα, παρασιτοκτόνα), βαρέα μέταλλα που αποπλένονται από το έδαφος από την όξινη βροχή, ατμοσφαιρικοί ρύποι που μεταφέρονται στο έδαφος από τη βροχή, βακτήρια από οργανικά λιπάσματα, διαρροές από θέσεις αποθέσεων απορριμάτων αγροκτημάτων (παλιές μπαταρίες, χρησιμοποιημένα λάδια) κ.α.
- **Βροχή:** Η βροχή μπορεί να μεταφέρει ατμοσφαιρικούς ρυπαντές απευθείας στο επιφανειακό νερό. Τα αέρια μπορούν να διαλυθούν απευθείας στο νερό.
- **Αποχέτευση:** Η αποχέτευση από δημοτικές και βιομηχανικές περιοχές αποθέσεων αποβλήτων και απορροές από βιομηχανικές χρήσεις είναι μια σημαντική δυνητική πηγή ρύπανσης εάν δεν ελέγχεται.
- **Επιφανειακές απορροές:** η απορροή από μεταλλεία που μπορεί να είναι πλούσια σε βαρέα μέταλλα, μπορεί να ρυπάνει μαζί και την επιφάνεια αλλά και τα υπόγεια ύδατα. Σε

κάποιες περιοχές του πλανήτη αυτό μπορεί να είναι και φυσικό φαινόμενο αφού όπως π.χ. σε μια περιοχή της Ινδίας αρσενικό αποπλύθηκε από το έδαφος του εκεί βουνού και τα βράχια και δημιουργήθηκε δηλητηρίαση από το αρσενικό στον πληθυσμό αφού το νερό που κατανάλωναν και χρησιμοποιούσαν για τις καλλιέργειες τους είχε αυτό το μέταλλο.

- **Δημοτικές απορροές αποβλήτων:** ακόμα και εάν λαμβάνονται μέτρα, αυτά μπορούν να μεταφέρουν φωσφορικά απορρυπαντικά, χλώριο και άλλα διαλυμένα ξενοβιοτικά στα υδατορεύματα.

Ένα σημαντικό πρόβλημα είναι ότι υπάρχουν ακόμα παλιές εγκαταστάσεις βόθρων (ατομικών εγκαταστάσεων αποχέτευσης που μπορεί να διαρρέουν ρύπους στο περιβάλλον) αλλά και αγωγοί ομβρίων υδάτων και αυτά αποπλένουν και συγκεντρώνουν μεγάλα ρυπαντικά φορτία που επιβαρύνουν το περιβάλλον χωρίς να μπορούν να ληφθούν μέτρα προστασίας αφού δεν είναι όλα πάντα υπό έλεγχο.

- **Δημοτικές αποχετεύσεις ομβρίων:** αυτές αποτελούν μια σημαντική πηγή μόλυνσης μέσω των απορροών. Σε πολλές περιοχές κυρίως στη Βόρεια Ελλάδα λόγω της χρήσης αλατιού για το λιώσιμο του χιονιού και βελτίωσης της κίνησης των οχημάτων αυξάνεται η αλατότητα σε ποτάμια και λίμνες σαν αποτέλεσμα.

Επίσης από την αλλαγή των λαδιών σε αυτοκίνητα μπορεί να οδηγούνται τα απόβλητα λάδια στις απορροές με άμεσο περιβαλλοντικό και ρυπαντικό κόστος. Ένα παράδειγμα είναι αυτό του Καναδά που εκτιμάται ότι 30,000,000 L τέτοιων απόβλητων λαδιών δεν ανακυκλώνεται και οδηγείται σε δημοτικές αποχετεύσεις ομβρίων με σημαντικό περιβαλλοντικό κόστος και ελάττωση της ποιότητας του νερού που υφίσταται αυτήν την απειλή. Επίσης, χλωριούχο ασβέστιο μπορεί να μεταδοθεί σε λιμναία και ποτάμια συστήματα από τα υπολειπόμενα των εξατμίσεων των οχημάτων.

- **Φυσικές πηγές:** αν και η κύρια ανησυχία πολλών ανθρώπων είναι οι τοξικές ουσίες ανθρωπογενούς καταγωγής, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι τα τοξικές ουσίες όπως μεθυλ-υδράργυρος μπορεί να δημιουργηθεί σαν αποτέλεσμα βακτηριδιακής δράσης στον υδράργυρο που αποπλένεται από τους βράχους και ιδιαίτερη ανησυχία είναι το επίπεδο των φυσικών νιτρικών στο πόσιμο νερό.

Τα νιτρικά δημιουργούνται από αζωτούχες οργανικές ουσίες που προέρχονται από φθαρμένα και σάπια λαχανικά. Τα επίπεδα των φυσικών δεν είναι συνήθως πηγή

ανησυχίας αλλά με την προσθήκη των νιτρικών από την αγροτική δραστηριότητα (φυτοφάρμακα και λιπάσματα) μπορεί να αυξήσει το περιεχόμενο σε επικίνδυνα επίπεδα. Τα νιτρικά μετατρέπονται από την εντερική χλωρίδα σε νιτρώδη που οξειδώνουν την σιδηρούχα αιμοσφαιρίνη σε τρισθενούς σιδήρου μετααιμοσφαιρίνη που δεν μπορεί να μεταφέρει το οξυγόνο.

Τα μωρά είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα και περιπτώσεις δηλητηρίασης έχουν αναφερθεί και καταγραφεί και σημαντική θνησιμότητα λόγω αυτού του γεγονότος έχει συμβεί. Οι ενήλικες και τα μεγαλύτερα παιδιά έχουν ένα ένζυμο που μπορεί να επαναφέρει στα κανονικά επίπεδα την σιδηρούχα αιμοσφαιρίνη.

Τα κανονικά επίπεδα του νιτρικού άλατος στο νερό είναι περίπου 1.3 mg/L συνεισφέροντας περίπου 2mg/ημέρα στη συνολική εισαγωγή των 75mg/άτομο/ημέρα.

Επίπεδα υψηλά έως και 160mg/L έχουν αναφερθεί σε μερικές αγροτικές περιοχές όπου τα πηγάδια χρησιμοποιούνται σαν πηγή νερού.

Η EPA έχει δώσει όριο για τα νιτρικά 10mg/L μετρούμενο σαν άζωτο. Οι ρύποι του νερού μπορούν να περιγραφούν σαν καταστροφείς του οξυγόνου (συνεισφέροντας στον ευτροφισμό), συνθετικά οργανικά χημικά (χρώματα, απορρυπαντικά, πλαστικά, προϊόντα πετρελαίου, διαλύτες) που μπορεί να είναι πολύ επίμονοι στο περιβάλλον, ανόργανα χημικά (άλατα, βαρέα μέταλλα, οξέα) και ραδιενεργά απορρίματα από εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας. Χαμηλού επιπέδου ραδιενεργά υγρά απόβλητα παράγονται από την βασική ψύξη αυτών των εγκαταστάσεων.

Τα νοσοκομεία μπορεί επίσης να είναι πηγή χαμηλού επιπέδου ραδιενεργού δραστηριότητας εάν ιατρικά ισότοπα δεν έχουν επαρκώς καταστραφεί στους ειδικούς αποτεφρωτήρες.

Μερικοί βασικοί ρύποι του νερού

Οι πιο σημαντικές ομάδες στο νερό είναι οι παρακάτω:

- **Απορρυπαντικά:** μια μεγάλη ποικιλία χρησιμοποιείται σαν παράγοντες διαβροχής, διαλυτοποιητές, γαλακτωματοποιητές και αντιαφριστικοί παράγοντες στη βιομηχανία και για οικιακή χρήση. Αυτές οι ουσίες έχουν κοινό την ικανότητα να μειώνουν την επιφανειακή τάση του νερού και σα παράγοντες καθαρισμού, αυτό αυξάνει την αλληλεπίδραση του νερού με το χώμα, διαλύοντας το τελευταίο. Χημικά έχουν διακριτές

πολικές και μη πολικές περιοχές στο ίδιο μόριο. Η μη πολική περιοχή είναι συνήθως μια μακριά αλειφατική αλυσίδα.

Οι αποδόσεις απομάκρυνσης από την επεξεργασία των λυμάτων είναι τυπικά 50%-60%, έτσι μεγάλες ποσότητες μπορούν να εισαχθούν στα επιφανειακά νερά και να συνεισφέρουν στη διαδικασία του ευτροφισμού.

Μια μέση ετήσια κατανάλωση τέτοιων ειδών (σαπούνια, απορρυπαντικά είναι 23kg/άτομο από στατιστικές μελέτες.

Το βιοχημικά ή βιολογικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD = Biochemically Oxygen Demand) είναι η μέτρηση του οργανικού υλικού που είναι διαλυμένο στο νερό και έτσι είναι η απαίτηση σε οξυγόνο για την αποσύνθεσή του. Αυτό περιέχει φυσικές πηγές όπως φυτοπλαγκτόν, ζωοπλαγκτόν και οργανικό υλικό από τη βλάστηση καθώς επίσης και νιτρικά.

Το καθαρό νερό έχει ένα προσδιορισμένο BOD περίπου 1ppm. BOD πάνω από 5ppm υποδηλώνει σημαντική ρύπανση. Οι απορροές από εγκαταστάσεις πολτού χαρτιού μπορεί να έχουν επίπεδα πάνω από 200 και αγροτικά απόβλητα ζώων ίσως να πλησιάζουν 2000.

- **Φυτοφάρμακα:** αυτή η κατηγορία των χημικών έχει δημιουργήσει μεγάλη δημόσια ανησυχία, κάποιες φορές με απουσία κάθε ισχυρής απόδειξης τοξικότητας για ανθρώπους για το επίπεδο της έκθεσης που μπορεί να συμβεί. Για παράδειγμα η Ε.Ε. στη Οδηγία για το πόσιμο νερό θέτει όριο 0.1μg/L για κάθε μονό φυτοφάρμακο και 0.5μg/L για όλα τα φυτοφάρμακα που συνδυάζονται μη λαμβάνοντας υπόψη την τοξικότητα τους ή την οικονομική σημασία τους στην αγροτική οικονομία.

Σε αυτήν την κατηγορία περιέχονται: εντομοκτόνα, παρασιτοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, τρωκτικοκτόνα και ειδικά προϊόντα για εξάλειψη φιδιών και νηματοειδών. Τα νηματοειδή (ασκαρίδες ή σκουλήκια) είναι παράσιτα και αποτελούν μια μεγάλη απειλή και για τους ανθρώπους και για τα ζώα αλλά και για μέλη του φυτικού βασιλείου.

Αν και δεν είναι φυτοφάρμακα, ο κόσμος τείνει να περιλαμβάνει αγροτικά χημικά που χρησιμοποιούνται για την βελτίωση της ανάπτυξης των φυτών ή ωρίμανσης σε αυτή την κατηγορία.

Χημικός διαχωρισμός των φυτοφαρμάκων

Τα φυτοφάρμακα μπορούν να ταξινομηθούν ως ακολούθως:

- Χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες όπως το DDT, lindane, aldrin, dieldrin, heptachlor (που επίσης ονομάζονται οργανοχλωριωμένα εντομοκτόνα). Τα Πολυχλωριωμένα διφενύλια (PCBs) είναι επίσης χλωριώμενοι υδρογονάνθρακες αλλά δεν είναι εντομοκτόνα.
- Χλωριοφαινοξυλικά οξέα που περιλαμβάνουν τα ζιζανιοκτόνα 2,4-D και 2,4,5-T που περιέχουν διοξίνες σαν υπολείματα.
- Οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα όπως το παραθεϊό, μαλαθειό, DDVP και TEPP.
- Καρβαμικά εντομοκτόνα που δρουν σαν οργανοφωσφορικά στοιχεία αλλά τα οποία είναι προϊόντα του καρβαμικού οξέος. Υπάρχουν επίσης καρβαμικά ζιζανιοκτόνα που έχουν έλλειψη δραστηριότητας αντιχολινεστεράσης.
- Διπυριδύλιο ζιζανιοκτόνο είναι μια ουσία που δεν θεωρείται σαν σημαντική περιβαλλοντική απειλή αλλά είναι υπερβολικά τοξική στους χρήστες της εάν χρησιμοποιηθεί πολύ γρήγορα και χωρίς μέτρα προστασίας.

Κίνδυνοι υγείας από τα φυτοφάρμακα και σχετικά χημικά

Χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες

Οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες μπορεί να είναι πολύ επίμονοι στο περιβάλλον. Αυτοί υποβαθμίζονται αργά από βακτήρια και άλλα μικρόβια. Επιπλέον, είναι πολύ λιποδιαλυτοί και έτσι έχουν πολύ μεγάλο βιολογικό χρόνο ημίσειας ζωής. Αν και αυτή η ομάδα θεωρείται ότι έχει χαμηλή οξεία τοξικότητα, ο συνδυασμός της λιποφιλίας και του μεγάλου χρόνου ημίσειας ζωής οδηγεί στη βιοσυσσώρευση στην τροφική αλυσίδα και δημιουργεί δυναμικό για χρόνια τοξικότητα. Αυτό δεν είναι εύκολα παρουσιάσιμο σε ανθρώπους αλλά στη φύση DDT και οι μεταβολίτες του έχουν δείξει ότι παρεμβαίνουν στον μεταβολισμό του ασβεστίου δημιουργώντας μαλάκωμα των κελυφών σε πολλά είδη πουλιών (γλάρους, γεράκια, αετούς, πελεκάνους κ.α) με επακόλουθη απώλεια της ικανότητας αναπαραγωγής.

Το ανθρώπινο λίπος μπορεί να περιέχει μέχρι 10ppm, με κάθαρση περίπου 1% του περιεχομένου ανά ημέρα. Το DDT είναι μια νευροτοξίνη που δημιουργεί τρέμουλο και σπασμούς. Η δόση LD₅₀ για ανθρώπους εκτιμάται σε 400mg/Kg.

Τα PCBs έχουν χρησιμοποιηθεί για πολλά χρόνια για τις μονωτικές τους ιδιότητες και την δυνατότητα ότι μπορούν να αντιστέκονται σε θερμοκρασίες έως και 800°C.

Αυτές οι ιδιότητες τα έκαναν ιδανικά για χρήση σε ηλεκτρικούς μετασχηματιστές, υδραυλικά ρευστά, υγρά φρένων κ.α. Η σταθερότητά τους σημαίνει ότι είναι πολύ ανθεκτικά και επίμονα στο περιβάλλον όταν μόλυνση υπάρχει μέσω ατυχηματικής ή λανθασμένης απόθεσης.

Η ΕΡΑ έχει θέσει ένα μέγιστο επιτρεπτό όριο των 0.01ppb σε υδατοτορεύματα. Στη Βαλτική θάλασσα, τα PCBs έχουν ενοχοποιηθεί για την αναπαραγωγική αποτυχία στις φώκιες.

Μεγάλη ανησυχία έχει δημιουργηθεί για την διαρροή PCBs στα υπόγεια ύδατα και στα υδατορεύματα από δοχεία σε περιοχές απόθεσης απορριμμάτων.

Τοξικά αποτελέσματα στο περιβάλλον περιλαμβάνουν προβλήματα αναπαραγωγής στο φυτοπλαγκτόν, στα θηλαστικά, στα πουλιά, εισαγωγή μικροσωμικών ενζύμων, αναβάθμιση καρκινικών όγκων, οιστρογονικές επιδράσεις και ανοσοκαταστολή.

Το δυναμικό για ανθρώπινη τοξικότητα είναι επομένως υψηλό αλλά τα υπάρχοντα στοιχεία κάποιες φορές είναι αντιφατικά μιας και δεν λαμβάνονται όλοι οι εμπλεκόμενοι παράγοντες υπόψη όσον αφορά τις επιδράσεις.

Χλωροφαινοξυλικά οξέα ζιζανιοκτόνων

Τα χλωροφαινοξυλικά οξέα των ζιζανιοκτόνων 2,4-D και 2,4,5-T έχουν ευρεία χρήση σε γκαζόν κατά μήκος των δρόμων και των σταθμών τρένων αλλά και γενικά σε περιποίηση φυτών. Μιμούνται τις ορμόνες ανάπτυξης του φυτού έτσι αυτή η επιταχυνόμενη ανάπτυξη ξεπερνά την προμήθεια ενέργειας.

Το 2,4,5-T είναι ασθενώς τερατογόνο και πολύ τοξικό σε μερικά ζώα. Η LD₅₀ για ποντίκια είναι 0.6-115μg/Kg.

Προκαλεί εκφυλιστικές αλλαγές στο ήπαρ και στον αδένα του θύμου, απώλεια βάρους, αλλαγές στους ορούς των ενζύμων, πορφυρία, χλωρακμή.

Οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα

Τα οργανοφωσφορικά αμετάκλητα αναστέλλουν την ακετυλοχολινεστεράση και τα συμπτώματα της οξείας τοξικότητας είναι αυτά της μαζικής χολινεργίας και περιλαμβάνουν την μύση (miosis), εμετικές διαταραχές, άφθονη εφίδρωση και διάρροια, ακανόνιστο πόνο, αστάθεια, πονοκέφαλο, άφθονη δημιουργία σιέλλου, τρέμουλο, ιατρικές ενοχλήσεις, σπασμοί και θάνατος.

Καρδιακές αρρυθμίες μπορεί να συμβούν όπως κολπικές ταχυκαρδίες και πιο σπάνια κοιλιακές αρρυθμίες.

Αν και το παραθείο είναι αρκετά τοξικό για τους ανθρώπους, δεν παραμένει στο περιβάλλον και έτσι δεν είναι μια σημαντική περιβαλλοντική απειλή. Αυτές οι ουσίες είναι υδατοδιαλυτές αλλά μπορούν να υδρολυθούν σε μη τοξικά παραπροϊόντα.

Οργανοφωσφορικά στοιχεία είναι απαγορευμένα ή αυστηρά ελεγχόμενα στις αναπτυσσόμενες χώρες. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) συντηρεί ένα σύστημα ταξινόμησης για δηλητήρια και τα περισσότερα από αυτά τα υλικά που ανήκουν στην κατηγορία WHO Class Ia (εξαιρετικά επικίνδυνα) ή την κατηγορία Class Ib (υψηλώς επικίνδυνα).

Τα οργανοφωσφορικά και τα καρβαμικά παραμένουν η πιο συχνή αιτία βαρέων και οξέων δηλητηριάσεων παγκοσμίως, κυρίως λόγω της ανεξέλεγκτης χρήσης τους στις αναπτυσσόμενες χώρες στις οποίες υπάρχει έλλειψη γνώσης σχετικά με την ασφαλή χρήση τους. Συνθήκες που συνεισφέρουν σε αυτή την κατάσταση περιλαμβάνουν τη χρήση συσκευών ψεκασμού με διαρροές που απορροφώνται από τα ρούχα και το δέρμα, την έλλειψη εγκαταστάσεων καθαριότητας και τις πολλές ώρες που σπαταλώνται σε συνθήκες όπου η έκθεση είναι οριακά να συμβεί.

Η χολινεστεράση αναστέλλει τα εντομοκτόνα είναι γνωστή ότι σχετίζεται με περιστατικά δηλητηρίασης περιλαμβάνοντας μεθυλικό παραθείο, παραθείο, καρβοφουράνη κ.α.

Χρονική τοξικότητα επίσης συμβαίνει. Σημάδια και συμπτώματα διαταραχών νευροσυμπεριφοριστικής απόδοσης είναι οι πιο συχνές επιδράσεις. Αυτές περιλαμβάνουν διατροφικές διαταραχές, κατάθλιψη, ψυχωτικά συμπτώματα, προβλήματα μνήμης, προβλήματα μάθησης, έλλειψη προσοχής, επεξεργασίας πληροφοριών και επίσης εξωπυραμιδικά σημάδια και συμπτώματα.

Η χρονική έκθεση σε οργανοφωσφορικά συστατικά μπορεί επίσης να οδηγήσει σε καταστροφή του DNA και γενετικούς πολυμορφισμούς μεταβολισμένων ξενοβιοτικών ενζύμων.

Καρβαμικά

Τα καρβαμικά δρουν γενικά σαν τα οργανοφωσφορικά. Είναι υψηλά τοξικά αλλά ένας αντιστρέψιμος αναστολέας και ταχύτατα υποβαθμίζεται και απεκκρίνεται.

Το καρμπαρύλ (γνωστό σαν Σεβίν, Sevin) είναι ένα καρβαμικό εντομοκτόνο που ακόμα χρησιμοποιείται ευρέως παγκόσμια. Παλιότερα κατασκευάζονταν σε δύο εργοστάσια ένα στην

Δυτική Βιρτζίνια στις ΗΠΑ και το άλλο στο Μποπάλ (Bhopal) στην Ινδία. Στο Ινδικό εργοστάσιο το 1984 μια βαλβίδα ασφαλείας σε μια μεγάλη δεξαμενή αποθήκευσης μεθυλικού ισοκυανίου καταστράφηκε. Αυτό συνέβη γιατί πολλά χαρακτηριστικά ασφαλείας απενεργοποιήθηκαν, επιτρέποντας στη δεξαμενή να υπερθερμανθεί και να ανέβει σημαντικά η πίεση. Πάνω από 40 τόνοι μεθυλικού ισοκυανίου (MIC) αερίου διέφυγαν, πλημμυρίζοντας της χαμηλές περιοχές (το MIC είναι βαρύτερο από τον αέρα).

Πάνω από 4000 άνθρωποι πέθαναν ακαριαία και 500,000 έλαβαν κάποιο επίπεδο έκθεσης και προβλημάτων υγείας που διατηρήθηκαν στην περιοχή για αρκετά χρόνια μετά. Έχει εκτιμηθεί ότι πάνω από 20,000 θάνατοι πρόωρων μωρών συνέβησαν τα επόμενα 25 χρόνια και χιλιάδες άλλα παιδιά υπέφεραν με αρκετά προβλήματα υγείας. Αυτό το ατύχημα θεωρείται το χειρότερο βιομηχανικό ατύχημα στην Παγκόσμια ιστορία.

Το MIC έχει τοξικά αποτελέσματα σε κάθε σύστημα οργάνου στο ανθρώπινο σώμα. Οι άμεσοι θάνατοι ήταν πιθανόν ο συνδυασμός ασφυξίας καθώς το MIC αντικαθιστά τον αέρα και βαρύ ερεθισμό της αναπνευστικής οδού.

Οφθαλμικά, αναπνευστικά, γαστρεντερικά, ψυχολογικά και νευροσυμπεριφοριστικά αποτελέσματα επιμένουν για μήνες και χρόνια μετά την έκθεση. Γενετική βλάβη παρατηρήθηκε και υπάρχει ένδειξη ότι ο καρκίνος επέρχεται σαν το τελευταίο τοξικό αποτέλεσμα.

Οξύτητα και τοξικά μέταλλα

Η οξύτητα που προέρχεται κυρίως από την όξινη βροχή μπορεί να έχει πολλές επιβλαβείς επιδράσεις στην ποιότητα του νερού.

Η οξύτητα μπορεί να εκλύσει τοξικά μέταλλα όπως ο Μόλυβδος, το κάδμιο και το αλουμίνιο από το έδαφος στα υπόγεια ύδατα. Μπορεί να συνεισφέρει στη δημιουργία περισσότερο τοξικών συστατικών από τα αρχικά όπως π.χ. στην δημιουργία περισσότερο μεθυλουδραργύρου από υδράργυρο.

Μπορεί επίσης να εκλύσει μόλυβδο από τις συγκολλήσεις των υδραυλικών συστημάτων των σπιτιών και των διαφόρων εγκαταστάσεων. Μια σχετική μελέτη έδειξε ότι νερό σε pH 4.5-5.2 που διατηρούνταν σε υδραυλικά συστήματα και έφθασε τη μέγιστη έκλυση μετά από 2 ώρες. Μετά από 10 ημέρες το νερό έδειξε επίπεδα 4560μg/L για χαλκό, 3610μg/L για ψευδάργυρο, 478μg/L για μόλυβδο και 1.2μg/L για κάδμιο. Τα ανώτερα όρια για πόσιμο νερό ήταν 100μg/L για χαλκό και 50μg/L για μόλυβδο. Επίσης ανιχνεύθηκε αρσενικό και σελένιο. Έτσι, είναι ισχυρά

σκόπιμο να αδειάζουν τα υδραυλικά συστήματα στα σπίτια και τις εγκαταστάσεις διαμονής που μένουν χωρίς χρήση για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Σε pH 5 ή λιγότερο, το αλουμίνιο μπορεί να εκλυθεί από το έδαφος και να μεταφερθεί σαν σύμπλοκα με οργανικά υλικά και διττανθρακικά σε ιοντική μορφή.

Το όξινο επιφανειακό νερό μπορεί να περιέχει 4-8 μmol/L που μπορεί να είναι τοξικό στα ψάρια. Στους ανθρώπους, υψηλές συγκεντρώσεις Al μπορούν να αποτεθούν στα κόκαλα και στους ιστούς του εγκεφάλου και να προκαλέσουν οστεομαλακία και συμπτώματα άνοιας καθώς επίσης και υποχρωμική αναιμία.

Αυτά τα προβλήματα παρουσιάστηκαν σε ασθενείς με αιμοδιάλυση λόγω της έκλυσης Al από διαλύτη στο αίμα του ασθενή και από υδροξείδιο του αλουμινίου που δόθηκε από το στόμα σαν αντιόξινο.

Οι εργαζόμενοι στα ορυχεία του βωξίτη υποφέρουν από αναπνευστικά προβλήματα από εισπνοή σκόνης μεταλλεύματος. Το Al επίσης εμφανίζεται σε πόσιμο νερό επειδή γίνεται χρήση της στυπτηρίας (alum, $Al_2(SO_4)_3 \cdot 12H_2O$) να ιζηματοποιήσει τα οργανικά υλικά στο τριτογενές στάδιο της επεξεργασίας του νερού. Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει την αφαίρεση μεγάλων στερεών ουσιών εσχάρωση και στο δεύτερο στάδιο πραγματοποιείται αφαίρεση του οργανικού υλικού με χρήση φίλτρων.

Η όξινη κατακρήμνιση μπορεί να πραγματοποιηθεί εκατοντάδες χιλιόμετρα από το σημείο της δημιουργίας της. Οι λίμνες που αποστραγγίζουν ασβεστολιθικά πετρώματα είναι πιο ανθεκτικές στην οξείδωση λόγω της ικανότητας αποθήκευσης. Λίμνες που αποστραγγίζουν γρανιτικά πετρώματα όμως είναι πιο επιρρεπείς σε αλλαγές επειδή δεν έχουν πρακτικά πολύ χαμηλή ή καθόλου ικανότητα απορρόφησης και ενσωμάτωσης.

Από έρευνες πρέπει να σημειωθεί ότι ψάρια σε ερευνητικά εργαστήρια μπορούν να αντέξουν pH 4.5 ή λιγότερο ενώ στη φύση το περιβάλλον με τόσο χαμηλό pH είναι θανατηφόρο για τους υδρόβιους οργανισμούς. Τα πυριτικά άλατα του αργιλίου είναι βασικά συστατικά του χώματος και οι λίμνες που αποστραγγίζουν εδαφικές περιοχές λαμβάνουν σημαντικά επίπεδα αυτών. Ένα εναιώρημα Al δημιουργεί μορφές ιζήματος στο νερό. Αυτό μπλοκάρει τα συστήματα ανταλλαγής του νατρίου και του οξυγόνου στα βράγχια των ψαριών που μετά από λίγο δεν λειτουργεί.

Άλλο επικίνδυνο χημικό που εισάγεται σαν αποτέλεσμα της επεξεργασίας του νερού είναι το χλωροφόρμιο. Χρησιμοποιείται σαν πρόσμειξη στη διαδικασία της χλωρίωσης και είναι γνωστό σαν καρκινογόνο.

Άλλα, όπως το βενζόλιο και ο τετραχλωριούχος άνθρακας μπορεί να εισέλθουν στα υπόγεια ύδατα από βιομηχανικές πηγές.

Χημικοί κίνδυνοι διάθεσης αποβλήτων

Επιπρόσθετα των μορφών των επικίνδυνων προσμείξεων που μελετώνται, πολλές άλλες ουσίες μπορεί να εισέλθουν στο νερό από βιομηχανικές, αγροτικές, και οικιακές πηγές. Αυτές μπορεί να είναι στερεά, υγρά, λάσπη, αέρια και μπορεί να είναι διαβρωτικά, εύφλεκτα, εκρηκτικά, ραδιενεργά ή βιολογικά τοξικά.

Οι κίνδυνοι κυμαίνονται από ελάχιστοι έως πολύ μεγάλοι και μπορεί να έχουν μικρής ή μεγάλης χρονικής διάρκειας αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία.

Οι συνήθεις μέθοδοι διάθεσης για αυτές τις ουσίες περιλαμβάνουν επιφανειακές κατακρατήσεις που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία (48%), ΧΥΤΑ και ΧΥΤΥ (οικιακούς και άλλους, 30%), καύση (10%) και άλλα μέσα π.χ. διάθεση στη θάλασσα (2%).

Μια ιδέα της έκτασης του προβλήματος της καύσης των τοξικών ουσιών μπορεί να σταχυολογηθεί από τις εμπειρίες των εργαζομένων στην κατασκευή τούνελ. Παραδοσιακά, συμπιεσμένος αέρας χρησιμοποιούνταν στην κατασκευή τούνελ για το σκοπό του αποκλεισμού του νερού από το τούνελ και επίσης για τη σταθεροποίηση του περιβάλλοντος εδάφους.

Μια νέα χρήση όμως αναδύεται. Με αυξητικό ρυθμό κατασκευές τούνελ σε αστικές περιοχές αντιμετωπίζουν θύλακες τοξικών υλικών όπως βενζίνης, πιθανά να έχει διαρρεύσει από παλιά βενζινάδικα και αποθήκες αποθήκευσης, χλωριομένους υδρογονάνθρακες και άλλα τοξικά απορρίμματα. Η χρήση του συμπιεσμένου αέρα στα τούνελ αποτρέπει την διαρροή τοξικών καπνών και υγρών στο τούνελ και παρέχει ένα ασφαλέστερο περιβάλλον εργασίας.

Η αποκατάσταση παλιών σταθμών παροχής καυσίμων είναι μια ακριβή πρόταση καθώς το έδαφος είναι πολλαπλά μολυσμένο με απορριπτά λάδια και καύσιμα από πολλαπλές διαρροές. Τέτοια αποκατάσταση συχνά πρέπει να περιμένει χρονικά μέχρι η τιμή της γης έχει εκτιμηθεί αρκετά για να κάνει οικονομικά δυνατή μια τέτοια ενέργεια.

Το νερό από πηγάδια πόσιμου νερού συνεχίζει να είναι μια πηγή ανησυχίας σχετικά με την χημική μόλυνση. Εάν πηγάδια παρουσιάσουν προβλήματα πρέπει γενικά να σφραγιστούν με

σκυρόδεμα ή λάσπη και να εγκαταλειφθεί η χρήση τους. Οι αγροτικές περιοχές συχνά είναι σπαρμένες από εγκαταλειμμένα πηγάδια ή με αυτά που είναι για λήψη νερού σε έκτακτη ανάγκη. Κάθε τρύπα ή διάτρηση στο έδαφος γίνεται ένας δυνητικός αγωγός για είσοδο ρυπαντών στα υπόγεια ύδατα.

Επιπτώσεις ατυχημάτων με τοξικά

Δεν υπάρχει καμία αμφισβήτηση για την επίδραση των χημικών στην ανθρώπινη υγεία και στην επίδραση στη λειτουργία βασικών οργάνων και σωματικών διαδικασιών. Όμως ένας ακόμα παράγοντας όπως το ψυχολογικό στρες είναι επίσης ένας συνεισφέρον παράγοντας που προσθέτει αρνητικά στην συνολική υγεία του ανθρώπου.

Δεν υπάρχει καμία ερώτηση ότι ένα βασικό συστατικό της επίδρασης στην υγεία της έκθεσης σε τοξικές καταστροφές είναι η κακή ψυχολογική κατάσταση στην φύση του ατυχήματος, η οποία δεν μπορεί κανείς να πει ότι δεν είναι πραγματική.

Οι άνθρωποι τείνουν να αποδέχονται τις φυσικές καταστροφές με πολύ μεγαλύτερη γαλήνη και εγκράτεια. Τα θύματα μιας πλημμύρας δεν εμφανίζεται να υποφέρουν το ίδιο παρατεταμένο στρες όπως τα θύματα μιας τοξικής καταστροφής και δεν αποδίδουν τόσο εύκολα ευθύνες ακόμα και όταν υπάρχουν ερωτήσεις σχετικά με τα μέτρα που είχαν ληφθεί και τις μετρήσεις για την επικινδυνότητα μιας πλημμύρας. Τέτοια φαινόμενα τείνουν να είναι αποδεκτά σαν σταλμένα από το Θεό, και θεωρείται ότι δεν μπορούν να γίνουν πολλά πράγματα ενάντια στις δυνάμεις της φύσης.

Σε αντίθεση, τα θύματα από τοξικές καταστροφές τείνουν να νιώθουν το έλεος των δυνάμεων που ο άνθρωπος δημιουργεί και είναι εκτός ελέγχου. Δεν είναι απλώς θύματα, νιώθουν θυματοποιημένοι από απληστία και αναισθησία.

Η αίσθησή τους ότι είναι αβοήθητοι μεγαλώνει με τα αντιφατικά σχόλια και δηλώσεις από κυβερνητικούς εκπροσώπους και από τα ΜΜΕ.

Μια κατανόηση αυτού του φαινομένου μπορεί να είναι ένα σημαντικό βήμα προς την ελαχιστοποίηση του ανθρώπινου κόστους τέτοιων καταστροφών.

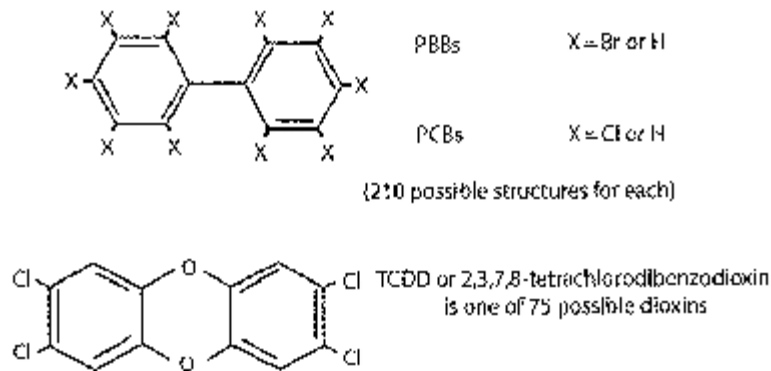
Από σχετικές μελέτες για πλήθος βαρέων περιστατικών τοξικών καταστροφών, υπήρξε υψηλή συχνότητα αυπνιών, βαριάς κατάθλιψης, αύξηση σε ποσοστά αυτοκτονιών, μείωση απόδοσης των παιδιών στα σχολεία και άλλα επιδράσεις συναισθηματικής απόδοσης όπως αδιαθεσίες που δεν οφείλονται σε οργανικά αίτια.

Τοξικά σε υδατικά οικοσυστήματα: επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και την άγρια ζωή.

Ο παρακάτω πίνακας 1 δείχνει συνοπτικά μια μερική λίστα αυτών των τοξικών ουσιών και της επίδρασης τους που βρίσκονται σε διαφορετικά ποσοστά σε διαφορετικά υδατικά οικοσυστήματα και εξαρτάται η παρουσία τους από την ύπαρξη σε σχετικά κοντινή απόσταση ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Πίνακας 1.: Τοξικές ουσίες και επιδράσεις τους

Χημική ουσία	Επιπτώσεις
PCBs	Συνδέονται με την εμβρυική θνησιμότητα, παραμορφώσεις, ανάπτυξη κακοήθων όγκων.
DDT	Έχει απαγορευθεί η χρήση του. Επηρεάζει την ισορροπία ορμονών.
Διελδρίνη και αλδρίνη (φυτοφάρμακα)	Συνδέονται με τον θάνατο ζώων
Χλωριωμένα διβενζοφουράνια	Καρκινογενή
Toxaphene	Ένα εντομοκτόνο που χρησιμοποιείται στην παραγωγή βαμβακιού και είναι πολύ επικίνδυνο για τους οργανισμούς
Διοξίνη (TCDD)	Καρκινογενή αποτελέσματα για ανθρώπους που εκτίθενται σε υψηλά επίπεδα
Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs)	Καρκινογόνες ουσίες
Εξαχλωροβενζόλιο	Παρασιτοκτόνο που προκαλεί τοξικότητα στα όργανα, είναι καρκινογόνο και επηρεάζει την αναπαραγωγική ικανότητα.
Mirex	Καρκινογόνο εντομοκτόνο που προκαλεί προβλήματα αναπαραγωγής
Υδράργυρος	Τοξικός στο κεντρικό νευρικό σύστημα, στο ήπαρ και στα νεφρά
Μόλυβδος	Τοξικός στο κεντρικό νευρικό σύστημα.



Εικόνα 4. : Δομική μορφή μερικών ουσιών αλογονούχων υδρογονανθράκων και PAHs

Γενικά υπάρχουν εκατοντάδες χημικά σε υδατικά οικοσυστήματα. Πολλά από αυτά τα χημικά συνδέονται με ανωμαλίες στην αναπαραγωγική διαδικασία και επηρεάζει δραματικά τους θαλάσσιους πληθυσμούς πουλιών και ψαριών.

Σε πολλά είδη επηρεάζονται οι ορμόνες τους, που αυτό σημαίνει διαφοροποίηση σωματική και μεταβολή στην αναπαραγωγή τους αφού τα διαφορετικά φύλα συμβαδίζουν. Αλλα προβλήματα ειδικά σε πληθυσμούς πουλιών είναι η ελάττωση του πάχους και του μεγέθους των αυγών τους κάτι που διαταράσσει την αναπαραγωγή αφού δεν μπορούν να εκκολαφθούν σωστά και έτσι πολλά από τα αυγά δεν θα δώσουν νεοσσούς.

Ένα από τα προβλήματα προσπάθειας εκτίμησης του κινδύνου στους ανθρώπους από την έκθεση σε τοξικές ουσίες στο περιβάλλον είναι το γεγονός ότι λίγα είναι ακόμα γνωστά για τα συνδυασμένα αποτελέσματα πολλών από αυτές. Προσπάθειες έχουν γίνει για την συσχέτιση των PAHs που είναι δομικά ανάλογοι με τις διοξίνες. Και έτσι η συσχέτιση αυτή καθώς και άλλων ουσιών οδήγησε την EPA και άλλους οργανισμούς καθοδήγησης αυτών των θεμάτων να κάνουν χρήση των TEFs (Toxicity equivalency factors- Ισοδύναμους Παράγοντες τοξικότητας). Έτσι, μπορεί να προσδιοριστεί η τοξικότητα μιγμάτων αυτών των παραγόντων και τα αποτελέσματα συνήθως δείχνουν ότι η επίδραση συνδυασμού τέτοιων ουσιών είναι προσθετική. Βέβαια υπάρχουν αρκετοί περιορισμοί λόγω των φαρμακοκινητικών παραμέτρων μέσα στα διαφορετικά συστατικά και πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη η βιοσυσσώρευση.

Από εργαστηριακές μελέτες και αποδείξεις από εξετάσεις σε πολλούς οργανισμούς άγριας ζωής παρέχει αποδείξεις ότι πολλές από τις ουσίες οργανο-αλογονούχες προκαλούν σοβαρά

προβλήματα στην αναπαραγωγική διαδικασία εάν ικανές ποσότητες προσληφθούν από ζώντες ζωικούς οργανισμούς. Έχει ακόμα παρατηρηθεί να υπάρχουν γενέσεις ψαριών όπως σολωμού με τα δύο αναπαραγωγικά όργανα και αυτό οφείλεται στην παρουσία οιστρογόνων σε μεγάλες ποσότητες σε υδατικά οικοσυστήματα. Επίσης έχουν παρατηρηθεί περίεργες συμπεριφορές σε πολλά είδη ψαριών και πουλιών λόγω της παρουσίας ουσιών που επηρεάζουν τις φυσιολογικές τους λειτουργίες.

Αυτό το πολύ σημαντικό θέμα των ρυθμιστών ορμονών που επηρεάζει δραματικά τους πληθυσμούς των ζωντανών οργανισμών είναι ένα αντικείμενο παγκόσμιου ενδιαφέροντος αφού η φυσική ισορροπία διαταράσσεται με πολύ άσχημα αποτελέσματα για τις μελλοντικές επιδράσεις και αποτελέσματα.

Όσον αφορά την επέκταση πολλών μελετών στους ανθρώπους με μια αντιστοίχιση κλίμακας για το εάν και πόση ποσότητα και για πόσο χρόνο θα προκαλέσει βαριά ή άλλη βλάβη εξαρτάται από πολλούς παράγοντες αλλά γενικά οδηγεί σε αύξηση του ποσοστού των καρκινογενέσεων.

Θαλάσσιο περιβάλλον

Το θαλάσσιο περιβάλλον δεν εξαιρείται από την επίδραση των ρυπαντικών ουσιών. Π.χ. υπάρχει μια περιοχή στον Κόλπο του Μεξικού που ονομάζεται “Νεκρή ζώνη” που πρακτικώς στερείται του οξυγόνου και έτσι της θαλάσσιας ζωής, και συνεχώς διευρύνεται σε μέγεθος. Αυτό το γεγονός αποδίδεται βασικά στη ροή αγροτικών λιπασμάτων ειδικά νιτρικών και φωσφορικών στον Κόλπο από διάφορους παραποτάμους. Τα άλγη αναπτύσσονται πολύ γρήγορα καταστρέφοντας το διαλυμένο οξυγόνο και έτσι δημιουργείται ένα περιβάλλον μη συμβατό για άλλους ζωντανούς οργανισμούς. Γι’ αυτό το λόγο παρατηρείται δραματική μείωση στις ποσότητες των ψαριών και των άλλων ιχθυαλιευμάτων.

Πηγές της θαλάσσιας ρύπανσης

Μη σημειακές πηγές ρύπανσης

Η ρύπανση του νερού μπορεί να προέλθει είτε από σημειακή πηγή ή από μια μη σημειακή πηγή.

Αγροτικές εκροές, αστικά και βιομηχανικά απόβλητα, διαρροές από απορρίμματα ορυχείων, όλα μπορούν να συνεισφέρουν σε ρύπους.

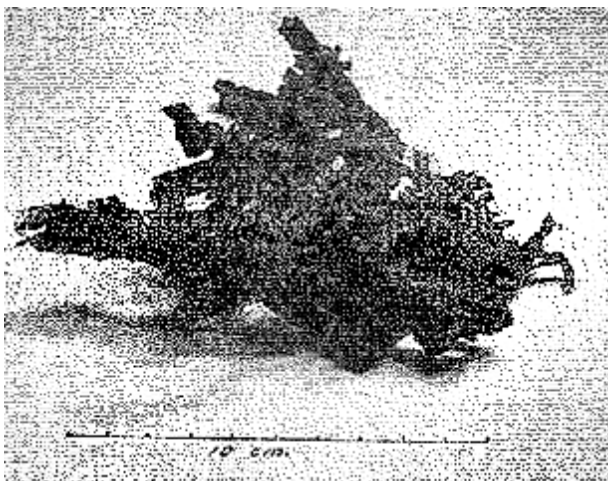
Ερευνες που έχουν γίνει σε διαφορετικά βενθικά θαλάσσια είδη, λάσπη, οργανικά ιζήματα και νερό, έχουν δείξει μετά από ειδικές αναλύσεις ότι περιέχονται Κάδμιο, Υδράργυρος, Μόλυβδος, Χαλκός, Ψευδάργυρος και Αρσενικό.

Τα επίπεδα του Μολύβδου, του Χαλκού και του Ψευδαργύρου γενικά έχουν βρεθεί πολύ πιο υψηλά σε δείγματα από πασαλώσεις σε αποβάθρες, πιθανόν λόγω των χρόνων της χρήσης καυσίμων με μόλυβδο ή χρωμάτων βαφής. Τα οργανικά ιζήματα τείνουν να έχουν μεγαλύτερα επίπεδα των πιο πολλών μετάλλων από ότι τα αμμώδη.

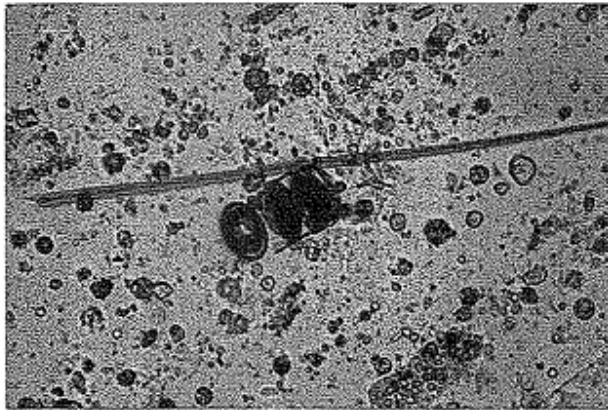
Γενικά, τα δείγματα νερών που λαμβάνονται από τις εκβολές τείνουν να έχουν υψηλότερα επίπεδα των πιο πολλών μετάλλων από ότι αυτών από νερά στα ανοικτά μιας θάλασσας.

Βέβαια γενικεύσεις είναι δύσκολο να γίνουν λόγω των μεταβολών μεταξύ των ειδών και των σημείων συλλογής δειγμάτων.

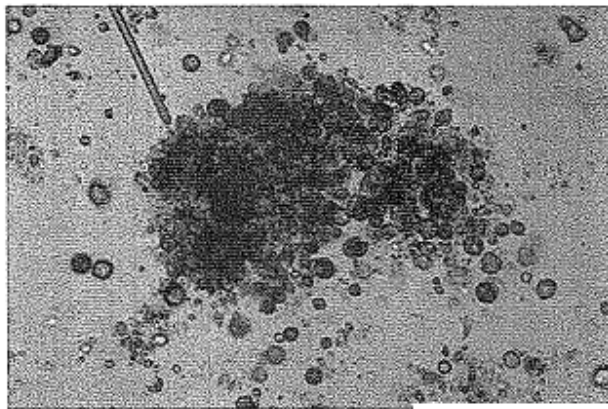
Μελέτες εργαστηρίου έδειξαν ότι μέταλλα όπως το Κάδμιο μπορούν να παρεμβαίνουν στην κανονική βιολογία των σφουγγαριών. Επίσης η χαμηλότερη αλατότητα βοηθά στην μεγαλύτερη συγκέντρωση καδμίου στα κύτταρα των σφουγγαριών και το χαμηλό pH δείχνει να ενισχύει αυτή την επίδραση. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι οι περιβαλλοντικές συνθήκες όπως η αλατότητα και το pH μπορούν να αναστείλουν την ευαισθησία των σπόγκων σε τοξικές ουσίες στο νερό. Η εικόνα 5 δείχνει ένα δείγμα ενός σφουγγαριού *Microciona prolifera* και η εικόνα 6 δείχνει τα κύτταρα του σφουγγαριού σε εναιώρημα και μετά από συσσωμάτωση από διάλυμα που περιέχει $CdCl_2$.



Εικόνα 5.: Δείγμα σφουγγαριού (από *Comp. Biochem. Physiol.*, 118C, Richard B. Philip, 347-351, 1997)



(a)



(b)

Εικόνα 6.: α) Κύτταρα σφουγγαριού σε εναιώρημα και β) με διάλυμα CdCl₂ (από *Comp. Biochem. Physiol.*, 118C, Richard B. Philip, 347-351, 1997)

Τα βαρέα μέταλλα έχουν επιβλαβείς επιδράσεις σε πολλά θαλάσσια είδη. Αυτές περιλαμβάνουν:

- Διατάραξη ανοσοποιητικού συστήματος
- Μείωση μαγνησίου-ATPase στα βράγχια ψαριών όπως των χελιών
- Αναστολή της μεταλλοθειονίνης mRNA και παραγωγή προϊόντων ενεργού οξυγόνου σε μύδια.
- Ακανόνιστα χρώματα σε είδη ψαριών

Όλες οι τοξικές ουσίες στο νερό δεν είναι ανθρωπογενείς. Πολλοί μικροοργανισμοί όπως άλγη, διάτομα κ.α. είναι ικανά να παράγουν θανατηφόρες τοξίνες που μπορούν να συγκεντρωθούν στην τροφική αλυσίδα. Υπάρχει έτσι τώρα μια ανησυχία από την έκρηξη ανάπτυξης των αλγών σε θαλάσσιες περιοχές δημιουργώντας έναν μεγάλο κίνδυνο για την θαλάσσια ζωή και τους ανθρώπους μαζί. Και τα είδη του γλυκού νερού επίσης επηρεάζονται.

Οι μεταβλητές κλιματικές συνθήκες, είτε οφείλονται στον άνθρωπο είτε όχι μπορούν να έχουν μια σημαντική επίδραση στα θαλάσσια και στα υδατικά περιβάλλοντα.

Η οξύνιση των ωκεανών έχει γίνει σημαντική σκέψη και όχι μόνο λόγω των όξινων κατακρημνίσεων. Περισσότεροι από 35 ΜΤ διοξειδίου του άνθρακα απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα κάθε χρόνο. Ένα νέο υψηλής ανάλυσης υπολογιστικό μοντέλο προτείνει ότι αυτό και επιπλέον η ανάβλυση του νερού από τα βαθιά στρώματα της γής, μπορεί σημαντικά να αυξήσει το pH του θαλασσινού νερού έχοντας μια αρνητική επίδραση στο περιβάλλον των οστρακόδερμων και άλλων θαλασσίων ειδών.

Έχει αναφερθεί η σπουδαιότητα του ενεργού ιζήματος σαν δεξαμενή (νεροχύτης) για τις τοξικές ουσίες και ένα μέρος ανταλλαγής με οργανικό άνθρακα και νερό. Στη θάλασσα, ένα λεπτό στρώμα στην επιφάνεια περίπου 50μm πάχους συγκεντρώνει ορισμένες τοξικές ουσίες. Αυτό το στρώμα μπορεί να έχει συγκεντρώσεις μετάλλων 10-1000 φορές από αυτή του υπόγειου νερού.

Οργανισμοί που σπαταλούν μερικές ώρες ημερησίως στην επιφάνεια, συχνά αποκρινόμενοι στο ηλιακό φως βρίσκονται σε κίνδυνο βαρέων και δυσμενών επιδράσεων περιλαμβάνοντας παραμορφώσεις ανάπτυξης, καρκίνο και θάνατο συχνά να παρουσιάζεται αργά στην ανάπτυξή τους.

Το φυτοπλαγκτόν και το ζωοπλαγκτόν περιλαμβανόμενου και του κρίλ, στάδια προνυμφών πολλών οργανισμών και πολλά άλλα καρκινοειδή είναι σε κίνδυνο. Αυτό έχει συνέπειες για όλη την τροφική αλυσίδα αφού αυτοί οι ζωικοί οργανισμοί είναι η βάση της διατροφής τους και της ανάπτυξής τους.

Τα πλαστικά είναι ο όλεθρος των θαλασσίων και των υδάτινων περιβαλλόντων. Η ύπαρξή τους έχει αντίκτυπο στο θαλάσσιο οικοσύστημα. Περίπου 10% των μεγάλων ψαριών που συλλέγονται έχουν πλαστικά κομμάτια στους πεπτικούς θύλακες.

Μικρές ίνες πολτού ξύλου πιστεύεται ότι προέρχονται από τις χιλιάδες τόνους χαρτιού τουαλέτας που απορρίπτονται σε θαλάσσια οικοσυστήματα καθημερινά. Όλα αυτά είναι σχεδόν αόρατα στο

γυμνό μάτι ή ακόμα και σε δορυφορικές φωτογραφίες αλλά προκαλούν τεράστια προβλήματα με την ύπαρξή τους σε όλα τα περιβάλλοντα.

Σημειακές πηγές ρύπανσης

Σημειακές πηγές ρύπανσης επίσης υπάρχουν στη θάλασσα. Στην πραγματικότητα υπάρχουν χιλιάδες από αυτές, ναυάγια από τους πολέμους που διαρρέουν τοξικά υλικά στους ωκεανούς του κόσμου. Π.χ. το Γερμανικό υποβρύχιο U-864 κουβαλούσε φορτίο μεταλλικού υδραργύρου που τώρα διαρρέει στην θάλασσα και προκαλεί προβλήματα στην χώρα που είναι κοντά δηλαδή τη Νορβηγία.

Επίσης μετά το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου πολλά συντρίμια οδηγήθηκαν στη θάλασσα περιλαμβάνοντας μπαταρίες, μετασχηματιστές, δεξαμενές καυσίμων και άλλες πιθανές πηγές μόλυνσης. Υψηλά επίπεδα μετάλλων και PCBs έχουν βρεθεί σε διάφορες σχετικές περιοχές.

Οι πετρελαιοκηλίδες αποτελούν μια μεγάλη αιτία σημειακών πηγών ρύπανσης. Στατιστικές δείχνουν ότι μεταξύ 1970 και 2010 πάνω από 1000 τέτοιες περιπτώσεις διαρροών από τάνκερς συνέβησαν με μειούμενο αριθμό κάθε χρόνο λόγω των αυστηρών μέτρων ασφάλειας σε μεγάλο μέρος των πλοίων αυτών.

Βιολογικοί κίνδυνοι στο πόσιμο νερό

Η χολέρα που προκαλείται από ένα βακτήριο το *Vibrio cholerae* και ο τύφοειδής πυρετός που προκαλείται από άλλο βακτήριο το *Salmonella typhi* είναι τα δύο από τα πολλά σε υδατικό περιβάλλον εντερικές λοιμώξεις που διαδίδονται όταν το πόσιμο νερό γίνεται ρυπασμένο από ανθρώπινα περιττώματα συχνά από ανεπεξέργαστα απόβλητα.

Στον αναπτυγμένο κόσμο αυτές κυρίως έχουν γίνει ιστορικές ασθένειες, αλλά μπορούν να εμφανιστούν σε κάθε στιγμή όταν οι εγκαταστάσεις της επεξεργασίας του νερού δεν λειτουργούν σωστά ή το φορτίο είναι μεγαλύτερο και η μόλυνση λόγω των αποβλήτων μπορεί να συμβεί.

Αυτό είναι ένα σοβαρό πρόβλημα κατά τη διάρκεια εκτενών πλημμυρών ή γενικά θεομηνιών. Ακόμα και στις σύγχρονες πόλεις, οι κοινές γραμμές εγκαταστάσεων υγιεινής και αυτές της αποχέτευσης των όμβριων υδάτων μπορούν να συντελέσουν στις πλημμυρισμένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων και πρωτογενές ποσότητα αποβλήτων μπορεί να μεταφερθεί στις θέσεις που υπάρχει το πόσιμο νερό.

Τα θαλασσινά είδη που μολύνονται με ανθρώπινα απόβλητα μπορούν επίσης να διαδώσουν αυτές τις ασθένειες. Αυτό πιστεύεται από έρευνες ότι είναι υπεύθυνο για ξέσπασμα χολέρας στο Περού το 1991. Υπήρξαν 55,000 περίπου επιβεβαιωμένες περιπτώσεις λοιμώξεων και 258 θάνατοι. Επίσης άλλο περιστατικό ήταν αυτό του 2010, ένας σεισμός 7 βαθμών Ρίχτερ που συνέβη στην Αϊτή και μέσα σε λίγους μήνες περίπου 6,000 πέθαναν από την ασθένεια και 216,000 υπέστησαν διάφορων μορφών λοιμώξεις και ασθένησαν.

Άλλη ομάδα βακτηρίων είναι το *Escherichia coli*, που μπορούν να προκαλέσουν εντερίτιδες, η διαφορετικότητα των οποίων εξαρτάται από το ειδικότερο βακτήριο που περιέχεται. Η μόλυνση του πόσιμου νερού μπορεί να προέλθει από απόβλητα, απορροές από σωρούς κοπριάς (πολλές κατηγορίες αυτής της ομάδας των βακτηρίων προσβάλλουν και ζώα και ανθρώπους) και ακόμα από περιττώματα πουλιών.

Συχνά σημεία που υπάρχουν κοντινές απορροές αγροτικών αποβλήτων και παραλίες (κυρίως στο εξωτερικό) που συγκεντρώνονται πλήθος γλάρων απομονώνονται λόγω της εμφάνισης σοβαρών διαταραχών από αυτά τα βακτηρίδια.

Επίσης περίοδοι υψηλών κυματισμών μπορούν να φέρουν στην επιφάνεια ιζήματα από το κάτω μέρος μιας θαλάσσιας περιοχής και προσωρινά να αυξήσουν τα βακτήρια που υπάρχουν στο νερό.

Το βακτήριο *Aeromonas hydrophila* είναι ένα λιγότερο γνωστό αλλά δυνητικά σοβαρή βακτηριδιακή πρόσμειξη των διαθεσίμων ποσοτήτων νερού και μια αιτία εντερίτιδας.

Η λοίμωξη μπορεί να διαδοθεί από περιττώματα πουλιών και η έκρηξη σε μερικές περιοχές των αριθμών των γλάρων έχει γίνει μια σημαντική πηγή της μόλυνσης του νερού. Αυτά τα πουλιά είναι υψηλώς προσαρμόσιμα σε διάφορα περιβάλλοντα και μπορούν να επιβιώσουν τυπικά σε κάθε πηγή πρωτεΐνης περιλαμβάνοντας και την πηγή των σκουπιδιών και κάθε μορφής απορριμμάτων.

Εντερικά, πρωτόζωα παράσιτα μπορούν επίσης να διαδοθούν από το νερό. Ένα από αυτά, το *Giardia lamblia* είναι η αιτία του εσφαλμένα ονομαζόμενου “πυρετού του κάστορα-beaver fever”. Μπορεί να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα σε πολλά είδη αγρίων ζώων αλλά και σε οικόσιτα ζώα.

Υπήρξαν τέτοιες περιπτώσεις σε διάφορα σημεία του πλανήτη (Καναδά το 2007 και Σίνδευ Αυστραλίας το 2008) και χρειάστηκε σύμφωνα με αναφορές να βράζουν το νερό για αρκετό καιρό μετά την αναφορά για μόλυνση.

Πολλά από αυτά τα παράσιτα επιβιώνουν και μετά από τη συνήθη χλωρίωση του νερού και τις διαδικασίες φιλτραρίσματος και απαιτούν την εγκατάσταση ειδικών φίλτρων.

Μπορούν να θανατωθούν από υπεριώδες φως και μονάδες UV που τώρα πια είναι σε πολλές περιοχές του πλανήτη μια επιπλέον διαδικασία στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας και καθαρισμού του πόσιμου νερού.

Πρότυποι έλεγχοι για την ποιότητα του νερού απαιτούν ότι ο αριθμός των βακτηρίων δεν πρέπει να ξεπερνά τα 100 κύτταρα/mL του νερού και δεν θα πρέπει να υπάρχει καθόλου E.coli. Αυτός ο οργανισμός χρησιμοποιείται σαν δείκτης για την μόλυνση από πηγή κοπράνων.

Τα νιτρικά επίσης έχουν γίνει μια αιτία δηλητηρίασης και θανάτων σε νήπια που τρέφονται με τροφές και γίνεται χρήση νερού από μολυσμένο νερό. Η πηγή συνήθως είναι τα χημικά φυτοφάρμακα.

Είναι εμφανές ότι ειδικοί κίνδυνοι προέρχονται από τη χρήση νερού από πηγάδια ειδικά τα ρηγά που μπορεί να συλλεγεί το επιφανειακό νερό.

Τα θαλασσινά μπορούν επίσης να είναι μια πηγή λοιμώξεων με Salmonella, E.coli και ακόμα και των ιών της ηπατίτιδας.

Η μόλυνση είναι σχεδόν πάντα το αποτέλεσμα της απελευθέρωσης ανεπεξέργαστων αποβλήτων στη θάλασσα.

Κεφάλαιο 3^ο: Τοξικότητα των μετάλλων

Εισαγωγή

Οι διαδικασίες κατασκευής διαφόρων προϊόντων τα προηγούμενα χρόνια απαιτούσε τη χρήση ασταθών συστατικών (όπως υδραργύρου) για διάφορες χρήσεις και κατασκευαστικές διαδικασίες και πολλοί χρήστες αυτών των προϊόντων υπέφεραν από διαταραχές συμπεριφοράς σχετιζόμενες με την τοξικότητα του υδραργύρου.

Η τοξικότητα των μετάλλων σαν επαγγελματική ασθένεια μπορεί να είναι και 4000 ετών παλιά. Ο μόλυβδος παράγονταν σαν παραπροϊόν της εξόρυξης ασημιού απο παλιά έως και το 2000 π.χ. Ο Ιπποκράτης περιέγραψε κοιλιακό κωλικό σε έναν άνδρα που εργαζόταν σε χυτήριο μετάλλου το 370 π.χ. και το αρσενικό και ο υδράργυρος ήταν γνωστά στους αρχαίους λαούς ακόμα αν και η τοξικότητα τους δεν ήταν τόσο γνωστή.

Το 1810 μια αξιοσημείωτη περίπτωση μαζικής δηλητηρίασης με υδράργυρο παρατηρήθηκε. Ένα πολεμικό πλοίο διέσωσε 130 τόνους υδραργύρου απο ένα Ισπανικό πλοίο που ναυάγησε καθώς επέστρεφε απο τη Νότια Αφρική, όπου ο υδράργυρος είχε εξορυχθεί. Ο υδράργυρος περιεχόταν σε δερμάτινα σακιά που έγιναν γεμάτα υγρασία και η κατασκευή τους διαλύθηκε επιτρέποντας την διαρροή και την εξάτμιση. Μέσα σε 3 εβδομάδες 200 άνδρες επηρεάστηκαν με σημάδια απο δηλητηρίαση υδραργύρου περιλαμβάνοντας άφθονη παραγωγή σιέλου, αδυναμία, τρέμουλο, μερική παράλυση, στοματικά έλκη και διάρροια. Σχεδόν όλα τα ζώα που υπήρχαν στο πλοίο πέθαναν, περιλαμβάνοντας ποντίκια, γάτες, σκυλιά και πουλιά. Πέντε άτομα του πληρώματος πέθαναν και όταν το πλοίο οδηγήθηκε σε ένα σημείο για καθαρισμό, όσοι δούλεψαν εκεί ασθένησαν.

Η συνήθης τακτική του 19ου αιώνα για νόθευσης τροφών και ποτών (κρασιού, μπίρας κ.α.) για αύξηση του κέρδους έκανε επιστήμονες της εποχής να δημοσιεύσουν άρθρα στο αντικείμενο αυτό. Μόλυβδος, χαλκός και υδράργυρος συχνά ανιχνεύονταν. Οι μέθοδοι δεν είχαν ακόμα επιτρέψει την ανίχνευση του αρσενικού που βρέθηκε να είναι σε μεγάλη κλίμακα χρησιμοποιούμενο σε νόθευση αργότερα αυτόν τον αιώνα. Το 1875 το Βρετανικό κοινοβούλιο ψήφισε τον πρώτο νόμο σχετικό με αυτές τις διερευνήσεις για εφαρμογή σε νόμους Τροφών και Φαρμάκων.

Στο παρελθόν ήταν σύνηθες η αναφορά σε τοξικότητα μετάλλων, σαν αυτά τα μέταλλα που πρώτα αναδεικνύονται σαν βιομηχανικές καταστροφές.

Τα βαρέα μέταλλα σχετικά αυθαίρετα προσδιορίζονται σαν αυτά που έχουν ειδικά βάρη δύο ψηφίων και περιλαμβάνουν πλατίνα (21.45), πλουτώνιο (19.84), βολφράμιο (19.3), χρυσό (18.88), υδράργυρο (13.55), μόλυβδο (11.35) και μολυβδένιο (10.22). Αυτά είναι σε αντίθεση στο σίδηρο (7.87), μαγγάνιο (7.21), χρώμιο (7.18), ψευδάργυρο (7.13), σελήνιο (4.78) και αλουμίνιο (2.70). Ενδιάμεσα είναι ο χαλκός (8.96) και το κάδμιο (8.65).

Γενικά, μπορεί να θεωρηθεί ότι μέταλλα με ειδικά βάρη μικρότερο από 8 είναι περισσότερο χρήσιμα θρεπτικά στοιχεία (χαλκός είναι ένα από αυτά και εξαίρεση όπως το αλουμίνιο που δεν είναι ένα θρεπτικό στοιχείο) ενώ αυτά που έχουν ειδικά βάρη μεγαλύτερα από 8 είναι τα πιο τοξικά.

Πρέπει να τονιστεί ότι η δόση του καθενός είναι σημαντικό στοιχείο. Το αλουμίνιο με ειδικό βάρος 2.70 έχει τοξικές ιδιότητες. Το αρσενικό υπάρχει σε δύο στερεές μορφές: κίτρινο αρσενικό (1.97) και μεταλλικό ή γκρί αρσενικό (5.73), όπου και τα δύο είναι υψηλώς τοξικά.

Μόλυβδος

Η λατινική λέξη για το μόλυβδο είναι plumbum, που είναι ο χημικός προσδιορισμός Pb. Ο μόλυβδος ήταν εμφανώς καλά γνωστός στους αρχαίους λαούς. Στην πραγματικότητα, σπατάλησαν πολύ χρόνο να τον μετατρέψουν σε χρυσό (αλχημεία). Η τοξικότητα του μολύβδου ήταν επίσης γνωστή σε αυτούς. Ο Διοσκουρίδης περιγράφει σε κείμενά του την τοξικότητα του μολύβδου σαν ντελίριο.

Παρά την γνωστή από νωρίς των τοξικών επιδράσεων του μολύβδου, και του χαμηλού σημείου τήξης του μετάλλου σε σύζευξη με την πυκνότητά του, το έκαναν χρήσιμο και δημοφιλές.

Από το 1940 ήταν δυνατό να αγοράσεις παιχνίδια από μόλυβδο και υπήρχαν είδη για στρατιωτικούς και βάρη για χρήση σε ψάρεμα.

Μια περιγραφή του 1885 για την χρόνια δηλητηρίαση από μόλυβδο είναι εξίσου καλή όπως αυτές που βρίσκονται σε πιο σύγχρονα κείμενα: τα βασικά σημάδια της χρόνιας δηλητηρίασης είναι αυτά από γενική κακή υγεία όπως: *η πέψη διαταράσσεται, η όρεξη μειώνεται, το δέρμα αποκτά μια περίεργη κίτρινη απόχρωση. Τα ούλα δείχνουν μια μαύρη γραμμή όπου με μικροσκοπική εξέταση και χημικά tests δείχνουν ότι ομοίως αποτελείται από σουλφίδια μολύβδου και συχνά τα δόντια γίνονται μαύρα. Ο σφυγμός είναι αργός και όλες οι εκκρίσεις μειώνονται. Οι*

έγκυες γυναίκες έχουν τάση προς αποβολή. Υπάρχουν επίσης και ειδικά συμπτώματα, ένα από τα πιο επιφανή είναι ο κωλικός του μολύβδου. Ο κωλικός είναι παροξυσμικός και βασανιστικός.

Οι σύγχρονες πηγές του μολύβδου είναι ποικίλες. Στον 18ο αιώνα η Δυτική Βιομηχανία ανακάλυψε ότι οι Κινέζοι ήξεραν για αιώνες, η στίλβωση με μολύβδο παράγει υλικά με ομαλότερη εξωτερική επιφάνεια. Από αυτή την πηγή και από χρήση του μολύβδου σε δοχεία, είδη κουζίνας και σωλήνες νερού μπορεί να καταναλώνουμε 150μg/ ημέρα. Σε μερικές περιοχές μπορεί και να φτάνει σε ποσότητα τα 1-2mg.

Οι επαγγελματικές εκθέσεις ήταν συχνές στο παρελθόν από εξόρυξη μολύβδου, τήξη και την παραγωγή προϊόντων που χρησιμοποιούν μολύβδο όπως βασισμένα στο μολύβδο χρώματα, παιχνίδια, καύσιμα κ.α. Τέτοιες εκθέσεις ακόμα υπάρχουν σε αναπτυσσόμενες χώρες.

Τα παιδιά είναι πιο ευάλωτα καθώς όλη η βρωμιά και η σκόνη περιέχει μολύβδο, ειδικά σε πόλεις όπου ο μολύβδος από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων (τετρα-αιθυλικός μολύβδος) κατακάθεται στο έδαφος. Αυτό θα μειωθεί μετά από την σύμβαση για καύσιμα ελεύθερα από μολύβδο όπως στη σημερινή εποχή η αμόλυβδη βενζίνη.

Τα παιδιά μπορεί να έρχονται σε επαφή και να καταναλώνουν ποσότητες μολύβδου από παλιά χρώματα βασισμένα στο μολύβδο σε παλιότερα κτήρια και μπορεί να υπάρχουν σε φθηνά ξύλινα παιχνίδια από χώρες που δεν υπάρχει έλεγχος για τέτοιες ουσίες.

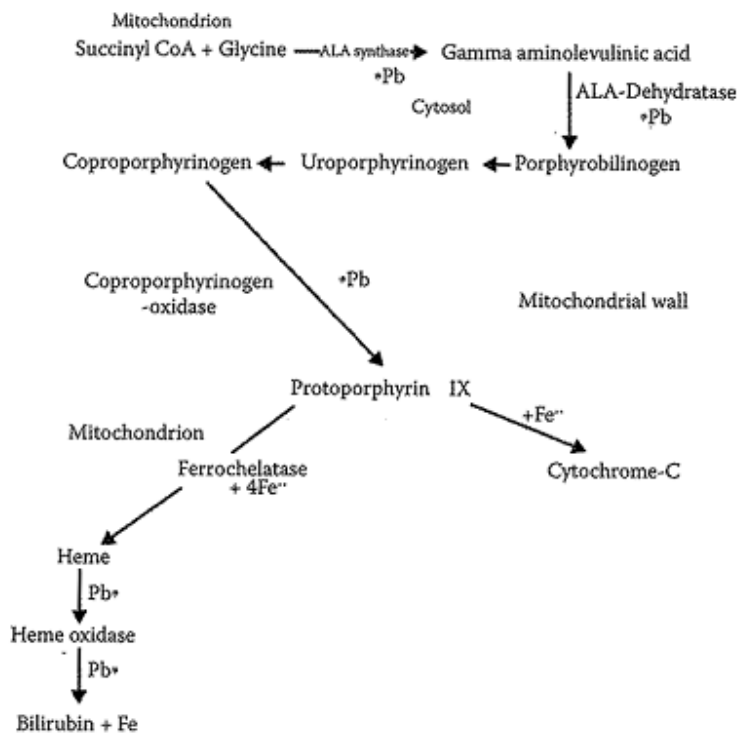
Στα παιδιά, η CNS (Central Nervous System= κεντρικού νευρικού συστήματος) τοξικότητα είναι η κυρίαρχη. Αυτή ξεκινά με ζαλάδα και ευερεθιστότητα, προχωρά σε ντελίριο, εμετικές διαταραχές και σπασμούς. Ο ρυθμός θνητότητας είναι περίπου 25% εάν αντιμετωπιστεί και περίπου 65% εάν δεν αντιμετωπιστεί. Στα νήπια, η έκθεση παράγει προοδευτικό διανοητικό και ψυχικό αποπροσανατολισμό μετά από 18 μήνες, με απώλεια κινητικών δεξιοτήτων, καθυστερημένη ανάπτυξη λόγου και υπερκινητικότητα σε κάποιες περιπτώσεις.

Στις ΗΠΑ το Πρόγραμμα Πρόληψης Δηλητηρίασης από χρώματα μολύβδου εισήχθη από το 1970. Από αυτή την εποχή, το μέσο επίπεδο μολύβδου στο αίμα των παιδιών μειώθηκε από 1μmol/L (20.7μg/dL) σε λιγότερο από 0.25μmol/L (5.2μg/dL). Μόνο δύο θάνατοι σε παιδιά από οξύ εγκεφαλοπάθεια από μολύβδο έχουν καταγραφεί τα τελευταία 30 χρόνια.

Τα παιδιά δεν είναι τα μόνα θύματα της δηλητηρίασης από μολύβδο από τα μολυβδόχα χρώματα. Αμμοβολή από παλιά, βαμμένα με χρώματα που περιέχουν μολύβδο κτιρίων, μπορεί σε βάθος χρόνου να προκαλέσουν χρόνια δηλητηρίαση από μολύβδο σε εργάτες που εισπνέουν τη σκόνη. Ειδικές συσκευές αναπνοής και προστατευτικά ρούχα απαιτούνται για τις αμμοβολές.

Η θέρμανση υλικών σε σχετικά υψηλή θερμοκρασία μπορεί να απελευθερώσει αναθυμιάσεις μολύβδου που μπορούν να εισπνευσθούν. Εργαλεία κοπής μπορούν να παράγουν υψηλή θερμότητα για να γίνει αυτό το γεγονός.

Σε όλους τους εκτιθέμενους, υποχρόνια τοξικότητα μπορεί να περιέχει παρεμβολή με σύνθεση μιτοχονδριακής αίμης σε πολλά επίπεδα με αποτέλεσμα υποχρωμική αναιμία. Η διαδρομή για αυτή την ασθένεια φαίνεται στην εικόνα 1.



Εικόνα 1: Απλοποιημένο σχήμα σημείων παρεμβολής μολύβδου στη σύνθεση αίμης

Τοξικοκινητική του μολύβδου

Ο στοιχειακός μόλυβδος δεν απορροφάται από το δέρμα ή μέσω των κυψελίδων των πνευμόνων. Εισπνευόμενα σωματίδια μολύβδου επιστρέφουν στο φάρυγγα από τις βρογχικές εισόδους και οδηγούνται σε κατάποση. Ο τετρα-αιθυλικός μόλυβδος όμως μπορεί να απορροφηθεί από κατά μήκος του δέρματος και τις κυψελίδες και σύντομα διαπερνά το κεντρικό νευρικό σύστημα. Η περισσότερη από αυτή την ουσία καταστρέφεται στις εκπομπές της

εξάτμισης αλλά λήψη μολυβδούχου βενζίνης μπορεί να οδηγήσει σε πολλαπλή ζημιά του κεντρικού νευρικού συστήματος ενός ανθρώπου.

Η γαστροεισοφαγική απορρόφηση του μολύβδου πιθανόν συμβαίνει μέσω καναλιών ασβεστίου σαν δισθενές κατιόν (Pb^{2+}). Αρχικά παρουσιάζεται στα ερυθρά αιμοσφαίρια του αίματος, μετά στα ηπατοκύτταρα και μετά στα επιθηλιακά κύτταρα των νεφρικών αγωγών.

Σταδιακά επανακατανέμεται στα μαλλιά, στα δόντια και στα κόκαλα όπου το 95% από αυτό αποθηκεύεται ακίνδυνα. Ο χρόνος ημίσειας ζωής στο αίμα είναι περίπου 30 ημέρες ενώ στα κόκαλα είναι 25 χρόνια.

Ελάχιστο καταφέρνει να προσεγγίσει τον εγκέφαλο ενός ενήλικα αλλά πολύ περισσότερο εισέρχεται στον εγκέφαλο ενός νηπίου.

Οι νεφρικές απεκκρίσεις είναι η κύρια οδός της εξάλειψης του από τις μακροχρόνιες επιδράσεις του στον ανθρώπινο οργανισμό.

Κυτταρική τοξικότητα του μολύβδου

Ο μολύβδος επηρεάζει την οξειδωτική φωσφορυλίωση και την σύνθεση της ATP (Adenosine trisphosphate = τριφωσφορική αδενοσίνη) που είναι ένα σημαντικό ένζυμο που παρέχει ενέργεια στα κύτταρα, στο επίπεδο του μιτοχονδρίου. Επίσης αυξάνει την ευθραστότητα των ερυθρών αιμοσφαιρίων και αναστέλλει την δημιουργία ασβεστίου και καλίου μέσω της ATP.

Τα κύτταρα των νεφρικών αγωγών γίνονται νεκρωτικά, και η μακροχρόνια έκθεση μπορεί να οδηγήσει σε ενδιάμεση νεφρίτιδα. Μικρά σωματίδια που περιέχουν μολύβδο δεσμεύονται σε μια πρωτεΐνη και μπορεί να σχηματιστούν σε νεφρικά κύτταρα. Αυτό μπορεί αν θεωρηθεί σαν προστατευτικός μηχανισμός.

Η καρκινογένεση εμφανίστηκε σε έρευνες σε ζώα και χρωμοσωμικές ανωμαλίες παρατηρήθηκαν αλλά απόδειξη από ογκογένεση σε ανθρώπους είναι σπάνια.

Τα περισσότερα από τις τοξικές επιδράσεις του μολύβδου και άλλων βαρέων μετάλλων μπορεί να εξηγηθεί από την συγγένεια με ομάδες θειολών και αυτή είναι η βάση της θεραπείας αποσιδήρωσης σε ανθρώπους για την ελάττωση κινδύνου παρουσίασης καρκινικών και άλλων κινδύνων.

Εμβρυική τοξικότητα

Ένα χαρακτηριστικό όλων των μετάλλων είναι η ικανότητά τους να διαπερνούν το φράγμα του πλακούντα, έτσι η εμβρυική τοξικότητα μπορεί να συμβεί σαν αποτέλεσμα της μητρικής έκθεσης.

Ο μόλυβδος θεωρείται σαν ένα ανθρ'ωπινο καρκινογόνο και οι έγκυες γυναίκες γενικά μετακινούνται από εργασίες και μέρη όπου η έκθεση τους μπορεί να συμβεί.

Θεραπεία

Η επιλογή είναι οι αποσιδηρωτές του μολύβδου. Αυτοί δεσμεύουν το μόλυβδο (και άλλα δισθενή κατιόντα) έτσι ώστε να μπορούν να απεκκριθούν.

Οι ουσίες CaNa_2EDTA (ασβεστίου/καλίου τετρα-οξικό άλας διαμίνης αθυλενίου) και διμερκαπρόλη (British antilewisite, BAL) δίνονται ενδομυϊκά ακολουθούμενα από πενικιλλαμίνη από το στόμα για αρκετές εβδομάδες.

Η ουσία BAL αναπτύχθηκε κατά το 2^ο Παγκόσμιο Πόλεμο σαν θεραπεία για τα δηλητηριώδη χημικά αέρια όπως μια μορφής αερίου που περιέχει αρσενικό.

Ένας καινούργιος αποσιδηρωτής είναι το DMSA. Οι χημικές δομές αυτών των αποσιδηρωτών φαίνονται στην εικόνα 2.

Pb βάρος. Η κουπριμίνη δόθηκε ενδομυϊκά σε ποσότητα 25-35mg/Kg του βάρους του σώματος ανά ημέρα σε χωριστές δόσεις.

Σε μη βιομηχανικές περιπτώσεις δηλητηρίασης από μόλυβδο, είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί η πηγή του μολύβδου και να μετακινηθεί η πιθανότητα ανθρώπων να έρθουν σε επαφή. Αυτό είναι το πιο σημαντικό μέτρο όπου εμπλέκονται παιδιά. Κατόπιν πρέπει να αναζητηθεί ειδική βοήθεια από κρατικές και ιδιωτικές σχετικές υπηρεσίες.

Υδράργυρος

Ο υδράργυρος (Hg) υπάρχει σε τρεις μορφές: στοιχειακός υδράργυρος, ανόργανες ενώσεις και οργανικές ενώσεις. Ο στοιχειακός υδράργυρος προκαλεί τοξικότητα όταν ατμός υδραργύρου εισπνέεται, όπως αναφέρεται και στο παράδειγμα στην αρχή του κεφαλαίου αυτού.

Η κύρια πηγή στοιχειακού υδραργύρου στο περιβάλλον είναι η φυσική απαέρωση της κρούστας της γής. Εκτιμήσεις του επιπέδου του υδραργύρου που φτάνει στην ατμόσφαιρα κυμαίνεται από 25,000 έως 150,000 tons/yr και η ατμόσφαιρα αναπαριστά έναν κύριο μηχανισμό παγκόσμιας μεταφοράς μεταλλικού υδραργύρου.

Αντιστρόφως, ανθρωπογενείς πηγές υπολογίζονται σε περίπου 10,000 tons/yr αλλά επειδή τα βιομηχανικά λύματα τείνουν να είναι συγκεντρωμένα, αυτές είναι συνήθως οι πηγές που σχετίζονται με την τοξικότητα.

Ο μεταλλικός υδράργυρος και ο ατμός του μπορεί να είναι μια βιομηχανική καταστροφή και επικινδυνότητα.

Ο υδράργυρος χρησιμοποιείται στην κατασκευή του χλωρίου και του υδροξειδίου του νατρίου από την κυτταρική διαδικασία του υδραργύρου, σε συντηρητικά χρωμάτων και στη βιομηχανία ηλεκτρονικών.

Είναι ένα παραπροϊόν των διαδικασιών τήξης (τα περισσότερα μεταλλικά μεταλλεύματα περιέχουν υδράργυρο) και απελευθερώνεται κατά τη διαδικασία καύσης ορυκτών καυσίμων.

Τοξικότητα του στοιχειακού υδραργύρου

Σε μορφή ατμού, ο στοιχειακός υδράργυρος απορροφάται πολύ καλά κατά μήκος και των κυψελίδων των πνευμόνων και του φράγματος αίματος-εγκεφάλου.

Οξεία δηλητηρίαση συχνά συμβαίνει μέσα σε πολλές ώρες. Αδυναμία, ρίγη, μεταλλική γεύση, μεγάλη δημιουργία σιέλου, ναυτία, εμετικές διαταραχές, διάρροια, μειωμένη αναπνοή, βήχας και σφίξιμο στο στήθος μπορεί να προκύψουν.

Εάν η έκθεση είναι πιο παρατεταμένη, ενδιάμεση πνευμονία μπορεί να αναπτυχθεί. Η θεραπεία ανάκτησης συχνά ολοκληρώνεται εκτός και αν υπολειματική έλλειψη πνευμονικής λειτουργίας επιμένει.

Η χρόνια έκθεση σε ατμούς υδραργύρου οδηγεί σε ενοχλήσεις του κεντρικού νευρικού συστήματος περιλαμβάνοντας τρέμουλο και μια σειρά αλλαγών συμπεριφοράς που μπορεί να περιλαμβάνουν κατάθλιψη, ευερεθιστότητα, ντροπαλότητα, αστάθεια, σύγχυση και χάσιμο μνήμης.

Ο ατμός του υδραργύρου από νιτρικό άλας του υδραργύρου που χρησιμοποιούνταν στην διαδικασία τήξης λογιζόταν σαν αίτιο ενός από τα σύνδρομα τρέλας. Επίσης, διαταραχές στο θυροειδή αδένα μπορούν να παρουσιαστούν και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα διαταραχές βάρους και συμπεριφοράς.

Ανόργανα Αλατα του Υδραργύρου

Ανόργανα άλατα του υδραργύρου σαν το υδραργυρικό χλωρίδιο μπορούν να προκαλέσουν σοβαρή οξεία τοξικότητα. Οι πρωτείνες των βλενωδών αδένων καθιζάνουν , δίνοντας ένα σταχτί-γκρί χρώμα στο στόμα και στο φάρυγγα.

Επίμονος ανώμαλος πόνος και έμετος είναι συχνά συμπτώματα. Απώλεια αίματος και υγρών από την γαστροεισοφαγική κοιλότητα οδηγεί βαθμιαία σε αποφολίδωση της βλεννογόνου και οδηγεί σε υπολοβολιμία και κατάσταση σοκ.

Νέκρωση ηπατικών αγωγών συμβαίνει μετά από οξεία έκθεση και η βλάβη είναι πιο συχνή κατόπιν χρόνιας έκθεσης.

Ένα φαινόμενο που ονομάζεται “ρόζ ασθένεια-pink disease” ή ακροδυνία συχνά ακολουθεί την χρόνια έκθεση σε ιόντα υδραργύρου. Είναι μια έξαψη του δέρματος που έχει μια αλλεργική βάση λόγω του υδραργύρου.

Οργανικές ουσίες υδραργύρου

Ο μεθυλικός υδράργυρος είναι η πιο κοινή αιτία της δηλητηρίασης από οργανικό ασταθή υδράργυρο και ο πιο σημαντικός περιβαλλοντικός. Είναι απορροφούμενος πολύ καλά από τον

γαστρεντερικό σωλήνα (90%) και αποτίθεται στον εγκέφαλο. Λόγω της μεγάλης του συγγένειας για ομάδες SH, ο μεθυλικός υδράργυρος συνδέεται με την κυστεΐνη και αυτό μπορεί κατόπιν αντικαταστήσει την μεθειονίνη και να ενσωματωθεί στις πρωτεΐνες.

Αυτό μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία ανωμάτων μικροαγωγών που απαιτούνται για την κυτταρική διαίρεση και την νευρωνική μετανάστευση.

Πολλά ένζυμα όπως η ATP μεμβράνη είναι SH εξαρτώμενα και ο υδράργυρος έτσι μπορεί να παρεμποδίσει στη λειτουργία τους. Η τοξικότητα των νεφρών είναι μια συχνή εκδήλωση δηλητηρίασης.

Η λήψη του υδραργύρου από τους νεφρούς είναι ταχεία και αποθηκεύεται στα νεφρά. Μιτοχονδριακή δυσλειτουργία εμφανίζεται να εμπλέκεται στην βλάβη των κυττάρων στους εγγείς αγωγούς.

Τα κύρια σημάδια και συμπτώματα είναι νευρολογικά και αποτελούνται από οπτικές διαταραχές, αδυναμία, αποπροσανατολισμό, απώλεια συνείδησης, απώλεια ακοής, συνδυασμένο πόνο, ψυχικό αποπροσανατολισμό, τρέμουλο και σε πολλές περιπτώσεις, παράλυση και θάνατο.

Τα νήπια που εκτίθενται στη μήτρα μπορεί να παραμορφωθούν και να δημιουργηθούν μόνιμες διανοητικές βλάβες.

Ο υδράργυρος είναι το προϊόν απόρριψης πολλών βιομηχανικών διαδικασιών. Ο υδράργυρος εμπλουτίζεται με μεθυλική ομάδα σε ιζήματα από βακτήρια και κυανοβακτηρίδια. Πολλές εστίες δηλητηρίασης από μεθυλικό υδράργυρο έχουν συμβεί.

Η ευρύτερα γνωστή άρχισε στην Minimata της Ιαπωνίας το 1953 κοντά σε μια εγκατάσταση που παρασκεύαζε ακεταλδεύδη και είχε εκροή χλωριδίου του μεθυλικού υδραργύρου (MeHg^+Cl^-) στον κόλπο Μινιμάτα. Άνθρωποι που κατανάλωσαν μαλάκια και μεγάλα ψάρια από τον κόλπο αυτό ανέπτυξαν τα συμπτώματα που έγιναν γνωστά σαν ασθένεια Μινιμάτα.

900 περιπτώσεις αναπτύχθηκαν και υπήρξαν 90 θάνατοι. Λόγω της μεγάλης εμβρυϊκής τοξικότητας του υδραργύρου πολλά παραμορφωμένα νήπια γεννήθηκαν.

Άλλη περίπτωση τοξικότητας υδραργύρου είναι η κατανάλωση κόκκων σιτηρών που έχουν επεξεργαστεί με χλωρίδιο του μεθυλικού υδραργύρου σαν μυκητοκτόνο.

Πολλές ομαδικές δηλητηριάσεις συνέβησαν παγκόσμια στο παρελθόν και σε μια τέτοια περίπτωση υπήρξαν 6500 περιπτώσεις δηλητηρίασης και 500 θάνατοι στο Ιράκ το 1972.

Μηχανισμός της τοξικότητας του υδραργύρου

Η τοξικότητα του υδραργύρου μπορεί να εξηγηθεί πλήρως από την ικανότητά του να κάνει δεσμό με το υδρογόνο των ομάδων SH και να συνθέτει μερκαπτίδια (π.χ. X-Hg-SR και HgSR₂ όπου X= μια ηλεκτρικά φορτισμένη ρίζα και R = μια πρωτεΐνη). Τα οργανικά υδραργυρικά όπως ο μεθυλυδράργυρος δημιουργούν μερκαπτίδια, R-Hg-SR'.

Ο όρος «μέρκαπτο» σημαίνει «δέσμευση υδραργύρου» και αναφέρεται σε ομάδες που περιέχουν θείο.

Μιας και οι ομάδες SH είναι σημαντικά συστατικά πολλών ενζύμων, ο υδράργυρος ενεργεί σαν ένα δηλητήριο ενζύμου και παρεμβαίνει με τη λειτουργία του κυττάρου σε πολλά επίπεδα.

Ο υδράργυρος μπορεί να συνδυαστεί με άλλα φυσιολογικά σημαντικά συνδετικά στοιχεία όπως φωσφόρυλο, καρβοξύλιο, αμίδια και ομάδες αμιδίων.

Ο ατμός μεταλλικού υδραργύρου μπορεί να οξειδωθεί από το ένζυμο καταλάση στα ερυθρά αιμοσφαίρια σε λιγότερο τοξική δισθενή μορφή. Το αλκοόλ ανταγωνιστικά αναστέλλει αυτή τη διαδικασία.

Ο υδράργυρος ήταν ένα σημαντικό φαρμακευτικό προϊόν για αιώνες και οι φαρμακολογικές του ιδιότητες επίσης εξαρτώνταν από την συγγένεια του με τις ομάδες SH. Χρησιμοποιούνταν σαν αντιμικροβιακό προϊόν (Ehrlich's 606 ή Salvarasan) για τη σύφιλη, σαν καθαρτικό, σε κρέμες δέρματος και σαν διουρητικό.

Τα υδραργυρικά διουρητικά χρησιμοποιούνταν σε κάποιες χώρες και μέχρι λίγα χρόνια. Αντικαταστάθηκαν σταδιακά από ασφαλέστερες ουσίες. Το αμινουδραργυρικό χλωρίδιο ακόμα εμφανίζεται σε κρέμες αφαίρεσης φακίδων από το σώμα και καθημερινή εφαρμογή για χρόνια μπορεί να οδηγήσει σε αυξήσεις των 24h απεκκρίσεων του υδραργύρου από τα ούρα από 10μg σε 1mg και την ανάπτυξη συμπτωμάτων όπως υπερβολική έκκριση σιέλου και αυπνία.

Θεραπεία της δηλητηρίασης από υδράργυρο

Η δηλητηρίαση από υδράργυρο συνεχίζει να είναι ένα σημαντικό βιομηχανικό πρόβλημα. Μια έκθεση του 2012 από το Ιράν συγκρίνει 46 εργάτες που εκτέθηκαν σε χαμηλά επίπεδα ατμών Hg σε μια βιομηχανική εγκατάσταση χλωρίου-αλκαλίων με 65 υγιείς χωρίς έκθεση εργαζόμενους.

Τα ατμοσφαιρικά επίπεδα του Hg ήταν $3.98 \pm 6.28 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Τα επίπεδα του Hg στο ουροποιητικό σύστημα ήταν σε τριπλάσια ποσότητα υψηλότερα στους εκτιθέμενους εργάτες.

Τα συμπτώματα που αναφέρθηκαν περιλαμβάνουν κόπωση, ανορεξία, χάσιμο μνήμης, νευρικό ερεθισμό, θολή όραση και οδοντικά προβλήματα.

Η θεραπεία αποσιδήρωσης συνιστάται για δηλητηρίαση από στοιχειακό και ανόργανο υδράργυρο. Διμερκαπρόλη και πενικιλαμίνη είναι οι ουσίες αποσιδήρωσης που περιέχουν ομάδες SH. Η διμερκαπρόλη δίνεται ενδομυϊκά και η μενικιλαμίνη από το στόμα.

Αιμοδιάλυση επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και πρόκληση έμετου μπορεί να ενεργοποιηθεί εάν υπήρξε πρόσφατη κατάποση υδραργύρου. Αυτές οι θεραπείες έχουν λίγη χρήση στη δηλητηρίαση από μεθυλδραργύρου όμως.

Η διμερκαπρόλη πραγματικά αυξάνει τα επίπεδα του μεθυλδραργύρου στον εγκέφαλο και η πενικιλαμίνη και η αιμοδιάλυση δεν ανακουφίζουν τα συμπτώματα.

Κάποια επιτυχία έχει επιτευχθεί με δεσμευτικές ρητίνες που λαμβάνονται από το στόμα.

Μιας και υπάρχει μια σημαντική εντεροηπατική ανακυκλοφορία του μεθυλδραργύρου, δέσμευση του σε μια ρητίνη πολυθειόλης προλαμβάνει την επανααπορρόφηση επειδή απεκκρίνεται στα περιττώματα.

Κάδμιο

Το κάδμιο (Cd) είναι παρών φυσικά στο περιβάλλον σε πολύ χαμηλά επίπεδα, όπου είναι διαλυτοποιημένο κατά τη διάρκεια της επίδρασης των καιρικών συνθηκών στο βράχο (τα επίπεδα είναι περίπου $0.03 \mu\text{g}/\text{g}$ εδάφους, $0.07 \mu\text{g}/\text{mL}$ πόσιμου νερού και $1 \text{ng}/\text{m}^3$ αέρα).

Το διαλυμένο κάδμιο μπορεί να σχηματίσει μεγάλο αριθμό διαλυτών και μη οργανικών και ανοργάνων συστατικών.

Το κάδμιο είναι χημικά παρόμοιο με τον ψευδάργυρο και είναι παρών σε μεταλλεύματα ψευδαργύρου σε αναλογία περίπου 1/250. Το περισσότερο κάδμιο παράγεται σαν παραπροϊόν σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις ηλεκτροδιάλυσης ψευδαργύρου. Χρησιμοποιείται σε μεταλλικές επιμεταλλώσεις, στη βιομηχανία μπαταριών νικελίου-καδμίου, στη κατασκευή χρωστικών ουσιών, σε σταθεροποιητές πλαστικών υλικών και μικρές ποσότητες χρησιμοποιούνται σε χημικά φωτογραφιών, σε καταλύτες και σε μυκητοκτόνα σε γήπεδα γκόλφ.

Περιβαλλοντικά σημαντικές εκπομπές έρχονται κυρίως από διαδικασίες τήξης για χαλκό, μόλυβδο και ψευδάργυρο, από εξατμίσεις οχημάτων και από τη κατασκευή χρωστικών ουσιών και κραμάτων (κυρίως μπαταρίες νικελίου-καδμίου).

Το κάδμιο εύκολα λαμβάνεται από εγκαταστάσεις και αποθηκεύεται στα φύλλα και στα σιτηρά. Είναι παρών σε απόβλητα από λυματολάσπη και λιπάσματα (προτείνεται μέγιστο 20 ppm).

Η μόλυνση του νερού με κάδμιο μπορεί να οδηγήσει σε υψηλά επίπεδα σε ψάρια και ειδικά σε μαλάκια.

Οι κύριες πηγές στην ανθρώπινη διατροφή είναι στα κρέατα από διάφορα όργανα (το κάδμιο αποθηκεύεται στο συκώτι και τα νεφρά), στα δημητριακά, στα οστρακοειδή και στα μαλακόστρακα.

Τοξικοκινητική του καδμίου

Μια συνήθης λήψη καδμίου στην Ε.Ε. είναι από 50-100μg/ημέρα από εισπνεόμενες πηγές και πηγές κατάποσης.

Εισπνεόμενος, μη ρυπασμένος αέρας μπορεί να συνεισφέρει μέχρι και 0.15μg/ημέρα, όπου ο αναπνεόμενος αέρας κοντά σε μια κατασκευή τήξης μπορεί να αυξήσει το επίπεδο σε 10μg/ημέρα.

Τα τσιγάρα περιέχουν κάδμιο και το κάπνισμα αυξάνει την έκθεση ακόμα περισσότερο. Περίπου το 50% του εισπνεόμενου καδμίου απορροφάται. Μόνο περίπου 6% του καδμίου κατάποσης απορροφάται αλλά συνεισφέρει περισσότερο από το ημερήσιο φορτίο.

Ο Διεθνής Οργανισμός Υγείας FAO/WHO προτείνει μια μέγιστη εβδομαδιαία λήψη έως και 500μg.

Το απορροφούμενο κάδμιο συνδέεται με την λευκοματίνη του πλάσματος και καθαρίζεται ταχύτατα από το πλάσμα του αίματος. Αυτό βρέθηκε στα ερυθρά αιμοσφαίρια μόνο μετά από υψηλή έκθεση. Ταχύτατα κατανέμεται στο συκώτι, στο πάγκρεας, στον προστάτη και στα νεφρά με χαμηλή επανακατανομή στο νεφρό μέχρι την ώρα που θα περιέχει το περισσότερο από το κάδμιο.

Τα επίπεδα στα νεφρά αυξάνουν μέχρι την ηλικία των 50 και εξαρτώνται από τη συσσωρευτική διαδικασία. Ο χρόνος ημίσειας ζωής στους ανθρώπους είναι περίπου 20 χρόνια.

Το κάδμιο παγιδεύεται στο νεφρό και στο συκώτι από μια κυστεΐνη (π.χ. πλούσια σε RΗ) πρωτεΐνη που ονομάζεται μεταλλοθειονεΐνη με υψηλή συγγένεια με το κάδμιο και τον ψευδάργυρο.

Το κάδμιο κανονικά δεσμεύεται στην μεταλλοθειονεΐνη, η σύνθεση της οποίας προκαλείται από την παρουσία του καδμίου.

Υψηλές δόσεις, όμως, υπερβαίνουν τα όρια ικανότητας της πρωτεΐνης και το κάδμιο είναι ελεύθερο να ενωθεί με άλλα βασικά συστατικά του κυττάρου όπως την μεμβράνη στήριξης των νεφρικών σπειραμάτων.

Τοξικότητα Καδμίου

Το νεφρό είναι το κύριο όργανο της τοξικότητας. Περίπου 200μg/g υγρού βάρους του νεφρού εμφανίζεται να είναι η κρίσιμη συγκέντρωση στο φλοιό του νεφρού για ζημιά να συμβεί στη μορφή της μη σωστής λειτουργίας των αγωγών του οργάνου.

Μια φορά να συμβεί ανάπτυξη νεφρικής ασθένειας, το κάδμιο εξαφανίζεται από το νεφρό. Διατροφικές ελλείψεις ψευδαργύρου, σιδήρου και ασβεστίου μπορεί να προειδεάζουν για την τοξικότητα καδμίου από αύξηση απορρόφησης από τον γαστρεντερικού σωλήνα.

Η έλλειψη ασβεστίου αυξάνει την σύνθεση των πρωτεϊνών δέσμευσης ασβεστίου και την απορρόφηση του ασβεστίου. Το κάδμιο προκαλεί κυτταρική βλάβη πιθανόν με τη δέσμευση ομάδων SH απαραίτητων κυτταρικών πρωτεϊνών. Η παραγωγή των προιόντων του αντιδρώντος οξυγόνου μπορεί να προκαλέσει οξειδωτική τάση. Η σύμπλεξη του καδμίου με μεταλλοθειονεΐνη μπορεί να αυξήσει την τοξικότητα των νεφρών επειδή η σύζευξη έχει άμεση επίδραση στο νεφρό από ότι το ελεύθερο μέταλλο.

Όμως προστατεύει από την βλάβη στα γεννητικά όργανα, η οποία μπορεί να συμβεί μετά από μονή έκθεση που μπορεί να επιφέρει νέκρωση, εκφυλισμό και απώλεια των σπερματοζωαρίων. Αυτό εμφανίζεται να σχετίζεται με την επίδραση του καδμίου στην παροχή των αγγείων των γεννητικών οργάνων.

Οι εργαζόμενοι στα διυλιστήρια μετάλλων μπορεί να εκτίθενται σε υψηλά επίπεδα καπνών καδμίου και να αναπτύσσουν δυσκολίες αναπνοής. Η χρόνια έκθεση μπορεί να οδηγήσει σε ασθένεια των πνευμόνων και εμφύσημα.

Μια μεγάλη έκθεση συνέβη στην Ιαπωνία κατά τη δεκαετία του 1940. Εκροή λυμάτων από μια βιομηχανία επεξεργασίας μολύβδου εκπλύθηκε σε φυτείες ρυζιού για αρκετά χρόνια και το ρύζι

συσσώρευσε υψηλά επίπεδα καδμίου. Επειδή οι άνθρωποι ήταν ανεπαρκείς σε ασβέστιο λόγω της πτωχής διατροφής, ανέπτυξαν οξεία τοξικότητα καδμίου με μεγάλο μυϊκό πόνο, αναιμία και αστοχία λειτουργίας του νεφρού. Αυτή η περίπτωση ονομάστηκε “Itai-Itai (ώχ-ώχ)” ασθένεια.

Το έμβρυο εμφανίζεται να προστατεύεται από την τοξικότητα του καδμίου από σύνθεση στον πλακούντα της μεταλλοθειονεΐνης, αλλά βαριές εκθέσεις υπερπηδούν αυτή την άμυνα.

Μελέτες σε ζώα έχουν δείξει ότι το κάδμιο είναι καρκινογόνο και υπάρχει μια πρόταση ότι μπορεί να αυξάνει την πιθανότητα του καρκίνου του προστάτη σε ηλικιωμένους άνδρες.

Και άλλα μέταλλα, ειδικά το αρσενικό, το χρώμιο και ο μόλυβδος εμπλέκονται επίσης σε καρκινογενέσεις.

Μια πρόσφατη μελέτη παρέχει αποδείξεις ότι η διατροφή με πρόσμιξη καδμίου από διάφορες πηγές είναι ένας παράγοντας κινδύνου για καρκίνο του μαστού σε γυναίκες στην περίοδο της εμμηνόπαυσης.

Το κάδμιο είναι δυστυχώς ένα συνήθες συστατικό συντήρησης για τροφές ειδικά για καρπούς δημητριακών.

Θεραπεία

Η αποσιδήρωση δεν είναι αποτελεσματική. Η θεραπεία σε αυτή την περίπτωση αποτελείται από την μετακίνηση του ασθενή από την πηγή της έκθεσης και να ληφθούν μετρήσεις υποστήριξης και να οδηγηθεί σε ειδικό κέντρο υποστήριξης ζωτικών λειτουργιών.

Αρσενικό

Η ρύπανση με αρσενικό (As) υδατορευμάτων και υπογείων υδάτων είναι μια κύρια σκέψη υγείας σε πολλά μέρη του πλανήτη και σε μερικές χώρες είναι το πιο σημαντικό χημικό ρυπαντικό στα υπόγεια ύδατα και στο νερό πόσης. Εως και 200 εκατομμύρια άνθρωποι σε 70 χώρες είναι εκτεθειμένοι στο αρσενικό από ρυπασμένο πόσιμο νερό.

Είναι σε κίνδυνο από εξουθενωτικές ασθένειες και θανατηφόρους καρκίνους. Στην Βεγγάζη της Ινδίας στην περιοχή του δέλτα του εκεί ποταμού, εκτιμάται ότι περίπου 35 εκατομμύρια άνθρωποι έχουν πιεί νερό μολυσμένο από αρσενικό για δεκαετίες και 15% έχουν δερματικές κακώσεις που σχετίζονται με τη λήψη αρσενικού.

Το αρσενικό σε συγκέντρωση 50μg/L στο πόσιμο νερό μπορεί να προκαλέσει προβλήματα υγείας μετά την πόση του για 10-15 χρόνια. Πολλοί ποταμοί στην Ασία αλλά και σε χώρες υπο ανάπτυξη έχουν μεγάλες συγκεντρώσεις αρσενικού στα υπόγεια ύδατα αλλά και σε περιοχές πόσιμου νερού. Αυτό οφείλεται στη χρήση βιομηχανικών μεθόδων που δεν καλύπτουν τις διεθνείς συνθήκες και δεν κάνουν χρήση εγκαταστάσεων ελέγχου και συγκράτησης και έτσι όλες οι εκροές οδηγούνται στον υδροφόρο ορίζοντα με άμεσο αποτέλεσμα τη διασπορά ασθενειών και τη μεγάλη θνησιμότητα.

Το αρσενικό είναι ένα παλιό προϊόν στη προετοιμασία φαρμακευτικών σκευασμάτων. Ήταν πεποίθηση ότι είναι τονωτικό επειδή προκαλεί εξάψεις στο πρόσωπο (ροδαλά μάγουλα) και οίδημα. Ακόμα χρησιμοποιείται στη θεραπεία της τρυπανοσωμίας. Ο Ehrlich μελέτησε τα οργανικά προϊόντα αρσενικού και ανέπτυξε την πρώτη αποτελεσματική θεραπεία για τη σύφιλη (Ehrlich 606).

Η χημεία του αρσενικού είναι πολύ σύνθετη αφού μπορεί να υπάρχει σε μορφή μετάλλου και σαν συστατικό τρισθενές και πεντασθενές. Οι τρισθενείς μορφές περιλαμβάνουν τριοξειδίο του αρσενικού, τριχλωρίδιο του αρσενικού και νιτρικό αρσενίτη.

Οι πεντασθενείς μορφές περιλαμβάνουν πεντοξειδίο του αρσενικού, αρσενικό οξύ, μολυβδόχο αρσενικό και ασβεστόχο αρσενίτη. Οι οργανικές ουσίες του αρσενικού μπορεί να είναι τρισθενείς και πεντασθενείς.

Το αρσενικό στο περιβάλλον προέρχεται από την επίδραση των καιρικών συνθηκών στο βράχο και από εκπομπές από τήξη του χρυσού, ασημιού, χαλκού, ψευδαργύρου και μολύβδου από μεταλλευτικά κοιτάσματα, από καύση ορυκτών καυσίμων και τη χρήση του αρσενικού στην γεωργία σαν ζιζανιοκτόνο και φυτοφάρμακο.

Τα αέρια σωματίδια μπορούν να ταξιδεύσουν μεγάλες αποστάσεις και να διαπεράσουν βαθιά και να αποθηκευτούν στους πνεύμονες.

Το αρσενικό παραλαμβάνεται από τα φυτά και ο βαθμός πρόσληψης μεταβάλλεται από τον τύπο του εδάφους. Τα λεπτά εδάφη υψηλά σε πηλό και οργανικά υλικά αναστέλλουν τη λήψη.

Το αρσενικό επίσης εισέρχεται το σύστημα νερού μέσω της εξάτμισης και των διαφόρων μορφών κατακρημνισμάτων. Τα πηγάδια που προέρχονται από τη διάτρηση βράχων περιέχουν αρσενικό το οποίο θα οδηγήσει σε νερό με υψηλή περιεκτικότητα σε αρσενικό.

Η χρόνια δηλητηρίαση μπορεί να οδηγήσει σε θάνατο και αυτό είναι ένα πολύ σημαντικό πρόβλημα σε πολλές χώρες του κόσμου που δεν υπάρχουν υποδομές και έλεγχοι ποσοτήτων

αρσενικού στα διάφορα προϊόντα αλλά και στο πόσιμο νερό. Ο καπνός του τσιγάρου περιέχει αρσενικό μαζί με άλλα βλαβερά, καρκινογόνα και μακροπρόθεσμα θανατηφόρα συστατικά.

Η μέση ημερήσια λήψη αρσενικού στη Βόρεια Αμερική είναι περίπου 25μg.

Τοξικοκινητική των αρσενικών

Το αρσενικό μπορεί να απορροφηθεί από τον γαστρεντερικό σωλήνα, τα πνευμόνια και κατά μήκος του δέρματος και τις βλεννώδεις μεμβράνες. Διαπερνά δια-κυτταρικά με έναν μηχανισμό πρόσληψης που χρησιμοποιείται στην μεταφορά της φωσφατάσης.

Όπως και ο υδράργυρος, το αρσενικό δεσμεύεται σε SH ομάδες και ομάδες δισουλφιδίων και δηλητηριάζει ποικιλία κυτταρικών ενζύμων και την αναπνοή.

Χρωμοσωμικό σπάσιμο μπορεί να παρατηρηθεί πειραματικά. Γενικά, η τάξη της τοξικότητας είναι: οργανικά αρσενικούχα > ανόργανα αρσενικούχα > μεταλλικό αρσενικό.

Ο τρισθενής αρσενίτης έχει υψηλή συγγένεια με τις ομάδες SH και παρεμβαίνει με την αφυδρογόνωση του πυροσταφυλικού ενζύμου. Τα επίπεδα του πυροσταφυλικού στο πλάσμα θα αυξηθούν.

Μερική βιο-μετατροπή μεταξύ των τρισθενών και των πεντασθενών μορφών μπορεί να συμβεί. Ο χρόνος ημίσειας ζωής του αρσενικού είναι περίπου 10 ώρες και απέκκριση είναι κύρια από τα νεφρά. Το αρσενικό είναι ένα αποτελεσματικός αποσυζευτής της οξειδωτικής φωσφορύλασης.

Πολλά βακτήρια οξειδωτές-αρσενικού υπάρχουν στο περιβάλλον και σχηματίζουν τριοξειδίο του αρσενικού. Το τριοξειδίο του αρσενικού έχει ξαναισαχθεί πρόσφατα σαν χημειοθεραπευτικός παράγοντας.

Τοξικότητα των αρσενικών

Όπως σημειώθηκε προηγουμένως, οι πιο δηλητηριώδεις μορφές είναι το τριοξειδίο του αρσενικού (As_2O_3) και ο νιτρικός αρσενίτης ($NaAsO_2$). Το αρσενικό τείνει να συσσωρεύεται στο σκώτι, στα νεφρά, στην καρδιά και στους πνεύμονες.

Επίσης, αποτίθεται στα κόκαλα, στα δόντια, στα μαλλιά και στα νύχια και αυτές γίνονται σημαντικά θέματα για ανάλυση διαγνωστική και δικανική-πραγματογνωμοσύνη.

Ο μέσος όρος ανθρώπινης πρόσληψης είναι περίπου 300μg/ημέρα αλλά αυτό μπορεί να είναι πολύ υψηλότερο εάν το ψάρι είναι μεγάλο μέρος της διατροφής, καθώς αυτά συσσωρεύουν την ουσία μέσω της βιομεγέθυνσης.

Το 2012 η υπηρεσία FDA των ΗΠΑ αρκετές χώρες ακολουθούν τις μελέτες και τις συστάσεις για λήψη ορίων και μέτρων, έδωσε στη δημοσιότητα μια έκθεση για την μόλυνση των φρουτοχυμών με αρσενικό. Η εισαγωγή διαφορετικών πηγών χυμού αχλαδιού και συμπυκνωμάτων μπλόκαραν επειδή η περιεκτικότητα σε αρσενικό ήταν μεγαλύτερη από 23ppb, το επίπεδο λήψης μέτρων. Επίσης, βρέθηκαν μολυσμένος χυμό μήλου και συμπυκνωματά του.

Η οξεία δηλητηρίαση από αρσενικό προκαλεί μεγάλο κοιλιακό πόνο και είναι σπάνια. Η χρόνια δηλητηρίαση προκαλεί αδυναμία μυών και πόνο, χρωματισμό δέρματος, οιδήματα, γαστροοισοφαγικές παλινδρομήσεις, καταστροφή του ήπατος και του νεφρού, περιφερειακή νεφρίτιδα και τελικά παράλυση. Τα νύχια των δακτύλων αναπτύσσουν λευκές γραμμές που λέγονται γραμμές Mees που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της πραγματοποιηθείσας έκθεσης.

Η αρσίνη είναι μια αέρια μορφή του αρσενικού που προέρχεται από την ηλεκτρολυτική διαδικασία και μπορεί να είναι εξαιρετικά τοξική, παράγοντας οξεία και συχνά θανατηφόρο αιμοδιάλυση. Έχει μια οσμή σαν σκόρδο.

Όταν ο Ναπολέων Βοναπάρτης πέθανε στην εξορία στο νησί της Αγίας Ελένης το 1821, οι υποψίες αμέσως έπεσαν στους βασιλικούς που φοβούνταν την επιστροφή του στη Γαλλία. Αυτή η θεωρία ενδυναμώθηκε όταν τέστ το 1961 αποκάλυψαν υψηλά επίπεδα αρσενικού σε ένα δείγμα από τα μαλλιά του.

Διάδοχες μελέτες, όμως, έδειξαν ότι πρακτικώς καθένας τον 19^ο αιώνα είχε ανεβασμένες ποσότητες αρσενικού στα μαλλιά του. Το Αρσενικό χρησιμοποιούνταν σε βαφές, κοσμετική σαν φαρμακευτικό προϊόν και σε πολλές κατασκευαστικές διαδικασίες της εποχής. Ακόμα και το χαρτί στον τοίχο στο κελί του Βοναπάρτη είχε ποσότητα αρσενικού.

Στα θερμά κλίματα η ενέργεια των μικροοργανισμών μπορεί να προκαλέσει απαέρωση και εξαφάνιση της αρσίνης.

Θεραπεία

Η αποσιδήρωση χρησιμοποιείται για την δηλητηρίαση από αρσενικό. Μαζί διμερκαπρόλη και πενικιλαμίνη μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Περιβαλλοντικές επιδράσεις του Αρσενικού

Το αρσενικό είναι τοξικό σε μια μεγάλη γκάμα φυτών και ζώων περιλαμβάνοντας και τα θαλάσσια είδη. Από τα φυτά τα φασόλια, τα μπιζέλια και το ρύζι είναι ειδικά ευαίσθητα.

Τα Αλγη είναι ευαίσθητα, όπως και κάποια πρωτόζωα όπως η *Daphnia magna*. Ψάρια με πτερύγια είναι αρκετά ευαίσθητα.

Χρώμιο

Το χρώμιο (Cr) χρησιμοποιείται στην παραγωγή ανοξείδωτου χάλυβα, επιμετάλλωση χρωμίου, στη δημιουργία χρωστικών ουσιών και στη χημική βιομηχανία.

Το χρώμιο έχει δύο καταστάσεις οξείδωσης: Cr^{3+} και Cr^{6+} . Το 2^ο είναι πιο τοξικό, προκαλώντας πολλαπλό ερεθισμό της αναπνευστικής λειτουργίας όταν εισπνέεται και πιθανόν καρκίνο του πνεύμονα μετά από μεγάλη χρονική έκθεση. Επίσης βλάβη στο ήπαρ συμβαίνει.

Η τρισθενής μορφή δεσμεύει πρόθυμα σε συνδέτες που προσφέρουν ηλεκτρόνια όπως μακρομόρια σαν το RNA αλλά δεν περνούν εύκολα τις κυτταρικές μεμβράνες και μειώνεται στην τρισθενή μορφή διακυτταρικά.

Η τοξικότητα είναι ανάλογη και σχετίζεται με την παρουσία της εξασθενούς μορφής στο περιβάλλον. Το οξυ-ανιόν λαμβάνεται από το κύτταρο, πιθανώς από ένα σύστημα μεταφοράς θεικού άλατος.

Τα όρια στον αέρα είναι χαμηλά έως και $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ του Cr^{6+} και μπορεί να παράγει ερεθισμό του αναπνευστικού συστήματος.

Το χρώμιο κατανέμεται στη βιόσφαιρα όπως και το αρσενικό και μπορεί να έχουν παρόμοια αποτελέσματα.

Άλλα μέταλλα

Σχεδόν κάθε μέταλλο, εάν ληφθεί σε υπερβολικές ποσότητες ή από μια ασυνήθιστη πηγή μπορεί να παρουσιάσει τοξικότητα. Έτσι, η εισρόφηση κάθε σκόνης μετάλλου μπορεί να δημιουργήσει πνευμονική ίνωση.

Αλουμίνιο

Το νεφρό δεν καθαρίζει το αλουμίνιο πολύ αποτελεσματικά και σε νεφρική ανεπάρκεια αυτό μπορεί να συσσωρευτεί σε τοξικά επίπεδα. Μικρά επίπεδα αλουμινίου είναι παρόντα σε

τροφή και νερό, και εάν το ελεύθερο από αλουμίνιο νερό δεν χρησιμοποιείται δε μηχανές διάλυσης, οι ασθενείς μπορεί να συσσωρεύουν υψηλά επίπεδα στο αίμα με την πάροδο του χρόνου. Αυτό μπορεί να προκαλέσει αναιμία. Αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί με αποσιδηρωτή που μετακινεί το αλουμίνιο από το αίμα.

Πριν το πρόβλημα με το αλουμίνιο και η διάλυση προσδιοριστούν, μερικοί ασθενείς αναπτύσσουν υψηλά επίπεδα στο αίμα και σημάδια και συμπτώματα άνοιας παρόμοια με της ασθένειας του Alzheimer.

Μαγγάνιο

Δημόσια ανησυχία έχει αναπτυχθεί για την δυνητική πηγή εισπνεόμενου μαγγανίου από διάφορα προσθετικά στα καύσιμα (MMT). Το μεθυλ-κυκλο-πενταδιενύλιο τρικαρβονύλιο του μαγγανίου είναι ένας ωθητής οκτανίων που χρησιμοποιείται από την πετρελαιοβιομηχανία. Οι κατασκευαστές αυτοκινήτων αντιτίθενται σε αυτό επειδή νικά τις συσκευές αντιρύπανσης. Οι περιβαλλοντιστές αντιτίθενται σε αυτό γιατί πιστεύουν ότι αποτελεί μια απειλή για την ανθρώπινη υγεία. Η πετρελαιοβιομηχανία ισχυρίζεται ότι θα είναι τόσο κοστοβόρο που δεν θα χρησιμοποιείται.

Μια ομάδα του WHO έκανε μια μελέτη εργαζομένων που είχαν εκτεθεί σε καπνούς μαγγανίου και σκόνη κατά την κατασκευή μεταλλικών κραμάτων. Οι εργαζόμενοι αντιμετώπισαν προβλήματα με τον προσανατολισμό των μηχανών και την εφαρμογή.

Ο μαγγανισμός είναι μια κατάσταση στην οποία σημάδια και συμπτώματα σαν το Πάρκινσον εμφανίζονται, τρέμουλο, απώλεια μνήμης, ευερεθιστότητα, απνία, δυσκολίες στην ομιλία και σε αρκετές περιπτώσεις παραφροσύνη. Οι εργάτες πιστεύεται ότι υπέφεραν από μικρο-μαγγανισμό.

Προσπάθειες για απαγόρευση χρήσης του MMT σταμάτησαν λόγω της απουσίας οριστικών αποδείξεων ότι αποτελεί κίνδυνο και νομικές απαγορεύσεις από τους υποστηρικτές του.

Η αβεβαιότητα υπάρχει σχετιζόμενη με τον κίνδυνο υγείας που συνδέεται με τη χρήση αυτού του προσθετικού στα καύσιμα.

Μια ερευνητική εργασία του 2012 δείχνει νέα φαρμακοκινητικά δεδομένα για το MMT και έτσι θα επιτραπεί η πρόβλεψη των επιπέδων του μαγγανίου στους ιστούς για διαφορετικές εισόδους, επίπεδα έκθεσης και διάρκεια έκθεσης. Αυτό θα επιτρέψει μια πιο ακριβή εκτίμηση κινδύνου.

Ουράνιο

Το ουράνιο είναι νεφροτοξικό. Συνδέεται με την λευκοματίνη και το δικαρβονικό ανιόν που φιλτράρεται από το νεφρό όταν διασπάται. Το ελεύθερο κατιόν ουρανιλίου δεσμεύεται στις πρωτεΐνες στους εγγύς αγωγούς και τους καταστρέφει.

Τα τοξικά μέταλλα επίσης αντικαθιστούν τα φυσιολογικά, όπως όταν μόλυβδος και στρόντιο 90 αποτίθενται στα κόκαλα και στα δόντια όπως το ασβέστιο.

Αντιμόνιο

Το αντιμόνιο είναι ένας βιομηχανικός ρύπος με κατανομή και τοξικότητα σχεδόν παρόμοια με αυτή του αρσενικού.

Θρεπτικά στοιχεία

Ακόμα και ουσιώδη μέταλλα όπως ο σίδηρος μπορεί να είναι τοξικά, ειδικά σε νεαρά παιδιά που μπορεί να λαμβάνουν παρασκευάσματα βιταμινών που περιέχουν σίδηρο, κάνοντας λάθος και θεωρώντας τα σαν γλυκό ή ζαχαρωτό. Εμετος συμβαίνει και μέσα σε αυτόν μπορεί να περιέχεται και αίμα.

Ακίδωση και σόκ αναπτύσσεται. Βλάβη στα νεφρά και στο ήπαρ μπορεί να συμβεί.

Σε ενήλικες, η υπερβολική επιβάρυνση με σίδηρο μερικές φορές συμβαίνει και αιμοσιδερίνη αποτίθεται στους ιστούς περιλαμβάνοντας τους μύς. Η δυσφαιροξύμη είναι μια ειδική ουσία αποσιδήρωσης με χαμηλή συγγένεια με το ασβέστιο και έτσι χρησιμοποιείται για μετακίνηση συστημικού σιδήρου και στους δύο τύπους της δηλητηρίασης.

Μεταλλοθειονείνες

Μεταλλοθειονείνες (MTs) είναι χαμηλού μοριακού βάρους πρωτεΐνες πλούσιες σε ομάδες SH και μπορούν να βρεθούν στα περισσότερα κύτταρα οστρακόδερμων. Υπάρχουν 4 κλάσεις των MTs βασισμένες στις διαδοχές των ομάδων των οξέων και των αμινών. MT-I και MT-II είναι οι πιο ευρέως διαδεδομένες ενώ οι MT-III και MT-IV είναι περιορισμένες σε νευρώνες και επιθηλιακά κύτταρα.

Οι MTs έχουν μεγάλη συγγένεια για τα περισσότερα μέταλλα περιλαμβάνοντας Ag^+ , Cu^+ , Cd^{2+} , Hg^{2+} και Zn^{2+} .

Τα MTs βρίσκονται πρωταρχικά στο κυτόπλασμα και οι λειτουργία τους είναι να υπηρετούν σαν αποθήκες και ρυθμιστές του χαλκού και του ψευδαργύρου.

Το γονίδιο MT-I επάγεται από το κάδμιο, το χαλκό, τον υδράργυρο και τον ψευδάργυρο. Αυτή η επαγωγή τα κάνει σημαντικές άμυνες εναντίον των μετάλλων και της δηλητηρίασης από μέταλλα και πειράματα σε πειραματόζωα έδειξαν ότι η απουσία των γονιδίων MT-I και MT-II τα κάνει πιο ευάλωτα στην τοξικότητα του καδμίου.

Υπάρχει μια καλή βάση δεδομένων για παράγοντες τοξικότητας και καταγραφή ασθενειών στη διεύθυνση www.atsdr.sdc.gov/tfacts22.html.

Καρκινογένεση των μετάλλων

Το αρσενικό έχει επί μακρόν αναγνωριστεί ότι σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο καρκίνου του δέρματος και του αναπνευστικού συστήματος. Σε αρκετές βιομηχανίες κατά το παρελθόν, εργαζόμενοι που εργαζόνταν με χρήση του αρσενικού σε διάφορες εφαρμογές βρέθηκε ότι είχαν μια πολύ αυξημένη επίπτωση και πιθανότητα σε καρκίνο του δέρματος.

Επίπεδα αρσενικού στον αέρα μεγαλύτερα από 54.6μg/m³ σχετίζονται με αύξηση πιθανότητας στην επίπτωση καρκίνου των πνευμόνων.

Υψηλή περιεκτικότητα σε νερό του αρσενικού έχει επίσης σχετιστεί με μια αύξηση του κινδύνου καρκίνου.

Μελέτες από διαφορετικές ερευνητικές ομάδες ανά τον κόσμο έχουν επίσης δείξει την σχέση του καδμίου με την αύξηση της παρουσίας καρκινογενέσεων σε ανθρώπους. Η πιθανότητα για καρκίνο των πνευμόνων είναι διπλάσια και για καρκίνο του προστάτη είναι τουλάχιστο 50% μεγαλύτερη.

Εισρόφηση μέσω αναπνοής σκόνης με παρουσία χρωμίου σχετίζεται με αυξημένη πιθανότητα καρκίνου των πνευμόνων.

Το νικέλιο είναι επίσης ένα καρκινογενετικό του αναπνευστικού συστήματος αλλά στερείται άλλων χρονικών μακροχρόνιων επιπτώσεων.

Υπάρχουν σοβαρές αποδείξεις ότι ο μόλυβδος είναι καρκινογόνος ή ότι ένας καρκινογόνος παράγοντας οφείλει την αντοχή του στην επίδραση στους ιστούς σε αυτή την ουσία.

Πρέπει να τονιστεί ότι εκθέσεις περιπτώσεων (case studies) και επιδημιολογικές μελέτες είναι δύσκολο να ξεκαθαρίσουν κάποια αποτελέσματα επειδή οι εκθέσεις συνήθως περιλαμβάνουν

περισσότερα από ένα μέταλλα και έτσι οι μεταξύ τους σχέσεις σε ποσοστά επιδράσεων δεν είναι εύκολο να αποσαφηνιστούν.

Αυτό είναι ένα γεγονός στην βιομηχανία χάλυβα όπου αυξημένες συχνότητες καρκίνων παρατηρούνται σε μεγάλο αριθμό εργαζομένων αν και τηρούν τα απαραίτητα μέτρα προστασίας μιας και η σκόνη που υπάρχει και οι ατμοί από τις διάφορες βιομηχανικές διαδικασίες επηρεάζουν δραματικά την φυσιολογία των εκεί εργαζομένων.

Πολλά κατιονικά μέταλλα μπορούν να δημιουργήσουν σύμπλοκες ενώσεις με ομάδες θειόλης των συστατικών των κυττάρων και τα σύμπλοκα αυτά μπορούν να μιμηθούν και να υποκαταστήσουν κυτταρικές διαδικασίες, κυρίως συστημάτων μεταφοράς ουσιών σε διάφορα όργανα και σημεία του ανθρώπινου σώματος.

Ετσι π.χ. το σύμπλοκο μεθυλουδράργυρος-κυστεΐνης μιμείται την μεθειονίνη και το σύμπλοκο οδηγείται στον εγκέφαλο από ένα σύστημα μεταφοράς για ουδέτερα οξέα αμινών.

Ανόργανα και οργανικά σύμπλοκα υδραργύρου με γλουταδιόνη μεταφέρονται από τα κύτταρα του ήπατος στη χολή. Το αρσενικό και ο χαλκός κάνουν το ίδιο πράγμα.

Ο μόλυβδος μπορεί να αντικαταστήσει το Ca^{2+} σε έναν αριθμό μεταφορών και υποδοχέων διαδικασιών μεσολάβησης για διάφορες ουσίες στον ανθρώπινο οργανισμό.

Η περίπτωση του υδραργύρου σαν καρκινογόνο είναι σχεδόν ξεκάθαρη. Μελέτες σε πειραματόζωα επιβεβαίωσαν την καρκινογένεση. Το χλωρίδιο του μεθυλ-υδραργύρου και το χλωρίδιο του υδραργύρου προκαλούν καρκίνο των νεφρών.

Επιδημιολογική απόδειξη από οδοντιάτρους και νοσηλευτικό προσωπικό, εργαζόμενους σε βιομηχανίες χλωρίου-αλκαλικών και εργαζόμενους σε βιομηχανίες πυρηνικών όπλων είναι διφορούμενες αλλά δείχνουν έναν αυξημένο κίνδυνο για καρκίνο σε πνεύμονες, νεφρά και στο κεντρικό νευρικό σύστημα.

Κεφάλαιο 4^ο: Κίνδυνοι Ακτινοβολίας

Εισαγωγή

Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα περιέχει όλες τις μορφές ενέργειας από ακτινοβολία. Ο ακόλουθος πίνακας 1 παρουσιάζει τα διαφορετικά συστατικά και τα μήκη κύματος τους σε φθίνουσα σειρά.

Ακτινοβολία ιονισμού, αυτή η ποσότητα του φάσματος μπορεί να προκαλέσει βαριά κυτταρική βλάβη περιλαμβάνοντας όλα τα μήκη κύματος των 1000 Å ή λιγότερο.

Η ακτινοβολία ιονισμού, αποσπώντας ηλεκτρόνια από τα μόρια καθώς περνά μέσω των ιστών, παράγει διάφορα ιονισμένα σωματίδια-είδη από νερό έως και μακρομόρια όπως το DNA. Αυτά τα ιονισμένα σωματίδια είναι ασταθή και αντιδρώντα και μπορούν να παράγουν δραματικές διαταραχές-διασπάσεις στη λειτουργία του κυττάρου περιλαμβάνοντας μεταλλάξεις.

Υπάρχει ακόμα αντιπαράθεση σχετικά με το βαθμό κινδύνου από την ακτινοβολία. Η Ραδιοφοβία, μια χωρίς λογική φοβία για τους κινδύνους της ακτινοβολίας, έχει οδηγήσει σε σημαντική αντιπαράθεση σχετικά με την έκταση των περιβαλλοντικών κινδύνων από την ιονίζουσα ακτινοβολία.

Παρακάτω παρατίθενται μερικές αντιτιθέμενες γνώμες σχετικά με αυτό το θέμα:

- Dr. K.Z. Morgan, ένας πρωτοπόρος στη φυσική υγείας: είναι αναμφισβήτητο ότι οι κίνδυνοι από ακτινοβολία είναι μεγαλύτεροι από αυτούς που ανακοινώνονται.
- C. Rasmussen, πυρηνικός μηχανικός στο MIT: υπάρχει αρκετή απόδειξη ότι χαμηλές δόσεις ακτινοβολίας όχι μόνο δεν προκαλούν βλάβη αλλά μπορούν στην πραγματικότητα να κάνουν καλό. Εξάλλου το ανθρώπινο είδος εμπλέκεται σε έναν κόσμο φυσικής χαμηλού επιπέδου ακτινοβολίας (περίπου το 82% της συνολικής έκθεσης στην ακτινοβολία προέρχεται από φυσικές πηγές).
- R. Guimond, EPA: Δεν μπορούμε να αποφύγουμε να ζούμε σε μια θάλασσα από ακτινοβολία.

Σε μερικές κουλτούρες, εσκεμμένη έκθεση σε φυσικών πηγών ακτινοβολία πραγματοποιείται με την πεποίθηση ότι έχει θεραπευτικές δυνάμεις. Στην Ιαπωνία, η έκθεση σε ραδόνιο υπάρχει σε “σπά ραδονίου” όπου φυσικές θερμές πηγές υπάρχουν.

Πίνακας 1: Συστατικά του Ηλεκτρομαγνητικού φάσματος

Τύπος ακτινοβολίας	Μήκος Κύματος
Ραδιοκύματα	30Km-3cm
Μικροκύματα	3cm-10mm
Θερμική (θερμότητα)	0.078-0.001mm
Υπέρυθρη (περιλαμβάνει και ποσότητα θερμικής)	0.5mm-1000 Å
Ορατή	7800-4000 Å
Υπεριώδης	4000-1850 Å
Ακρο-υπεριώδης	1850-150 Å
Μαλακές ακτίνες X	1000-5 Å
Ακτίνες X	5-0.06 Å
Ακτίνες γ	1.4-0.01 Å
Κοσμικές ακτίνες (πρωτόνια 85%, σωματίδια Α 12%, ηλεκτρόνια, ακτίνες γ, κ.α)	Σε 1/10.000 Å

Πηγές και τύποι ακτινοβολίας

Πηγές

Φυσικές πηγές ακτινοβολίας

Αυτές περιέχουν κοσμικές ακτίνες από το διάστημα, ηλιακές ακτίνες που εντείνονται κατά τη διάρκεια ηλιακών καταιγίδων (ηλιακά σημεία-sun spots), ακτινοβολία που προέρχεται από τα πετρώματα και το υπόγειο νερό και ακτινοβολία που προέρχεται από τα σώματά μας κυρίως από φθορά του ραδιενεργού καλίου στους μύες.

Σχετική ανησυχία προκαλεί η έκθεση στο αέριο ραδόνιο, ένα ραδιενεργό παράγωγο φθοράς του ραδίου, ένα σύννηθες ραδιενεργό στοιχείο στο έδαφος και στους βράχους.

Ανθρώπινες πηγές ακτινοβολίας

Αυτές περιέχουν ιατρικές ακτίνες X και ραδιοϊσότοπα, αισθητήρες ιόντων σε ανιχνευτές πυρκαγιάς, ουράνιο που χρησιμοποιείται για λάμψη στις οδοντοστοιχείες, εξωτερικές επενδύσεις

σε φανάρια κάμπινγκ, ραδιενεργά απόβλητα, πυρηνικά ατυχήματα (π.χ. του Τσερνόμπιλ) και απρόσεκτοι χειρισμοί στη μεταφορά και χρήση ραδιενεργών υλικών.

Παραδείγματα κινδύνων: Το καίσιο 137 αποτέθηκε σε χώρο απορριμμάτων στη Βραζιλία και άμεσα σκότωσε 4 ανθρώπους και μόλυνε 250 άτομα.

Μέχρι και σχετικά πρόσφατα, το ράδιο χρησιμοποιούνταν σε φωτεινούς δείκτες και ενδείξεις χειροποίητων ρολογιών.

Αίτια της ακτινοβολίας

Στοιχεία που υπάρχουν σε μια ασταθή κατάσταση συνεχώς φθίνουν σε πιο σταθερές καταστάσεις, αυτό υποστηρίζει η φύση λόγω ενέργειας.

Στη διαδικασία αυτή, προσφέρουν ενέργεια τους με διαφορετικούς τρόπους. Η ακτινοβολία ιονισμού προκύπτει όταν ένα ασταθές νουκλεόνιο προσφέρει ενέργεια. Ένα ασταθές νουκλεόνιο ονομάζεται ραδιονουκλεόνιο. Σε αντίθεση, η ακτινοβολία X είναι μια μορφή κοσμικής ακτινοβολίας και επίσης συμβαίνει όταν ένας κατάλληλος στόχος όπως το βολφράμιο βομβαρδίζεται με ηλεκτρόνια. Δεν προκύπτει από πυρηνική φθορά.

Τύποι ραδιενεργού ενέργειας που προκύπτει από πυρηνική φθορά

1. Ένας πυρήνας μπορεί να εκτοξεύσει δύο πρωτόνια και δύο νετρόνια να χάσουν μάζα και να μεταβληθούν σε άλλα στοιχεία. Τα εκτοξευμένα συστατικά αποτελούν ένα σωματίδιο A. Ένα σωματίδιο A κινείται αργά και δεν μπορεί να διαπεράσει το δέρμα, αλλά μπορεί να προκαλέσει επικίνδυνο ιονισμό εάν καταποθεί. Ένα σωματίδιο A είναι πραγματικά όμοιο με τον πυρήνα του ηλίου.
2. Το νετρόνιο του πυρήνα μπορεί να χάσει ένα ηλεκτρόνιο και να γίνει ποζιτρόνιο. Το χαμένο αρνητικά φορτισμένο σωματίδιο ονομάζεται σωματίδιο B.
3. Ακόμα και μετά την εκπομπή σωματιδίων A και B, ένας πυρήνας μπορεί να παραμείνει σε μια διαταραγμένη κατάσταση. Μπορεί να απαλλαγεί μόνος του από την περίσσεια ενέργειας προσφέροντας ακτίνες Γ. Αυτές είναι μικρές, με έντονη

έκρηξη ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας χωρίς ηλεκτρικό φορτίο. Μπορούν να διαπεράσουν μόλυβδο και σκυρόδεμα και μπορούν να προκαλέσουν ευρύτατη ζημιά στους ιστούς με τον ιονισμό.

4. Τα νετρόνια εκτινάσσονται από τον πυρήνα κατά τη διάρκεια της αλυσίδας των πυρηνικών αντιδράσεων. Αυτά συγκρούονται και συνδυάζονται με τους πυρήνες άλλων ατόμων και επάγουν ραδιοδραστηριότητα από τους προαναφερθέντες τύπους. Αυτή είναι η κύρια πηγή ραδιοδραστηριότητας ακολουθώντας μια πυρηνική έκρηξη.

Μέτρηση της ακτινοβολίας

Υπάρχουν 2 διαφορετικοί τύποι μετρήσεων της ιονίζουσας ακτινοβολίας. Ο ένας συνδέεται με το επίπεδο της ενέργειας που πραγματικά εκπέμπεται από την πηγή και ο άλλος συνδέεται με το ποσό της βλάβης στους ιστούς που μπορεί να παραχθεί από μια συγκεκριμένη μορφή της ακτινοβολίας.

Το πεδίο είναι δυστυχώς συγχευμένο από την ανάμιξη διαφορετικών συστημάτων μετρήσεων σε διάφορες χώρες και θα πρέπει όλοι να συμβληθούν με μετρήσεις και συμπεράσματα με χρήση μόνο του SI συστήματος μονάδων. Οι ισοδύναμες τιμές φαίνονται στον Πίνακα 2. Δεν είναι εύκολη η διαδικασία της αλλαγής.

Μετρήσεις ενέργειας

1. Καθώς ο πυρήνας ενός ατόμου φθίνει, δίνει μια ενεργειακή ώθηση (την ιονίζουσα ακτινοβολία) που ονομάζεται "αποσύνθεση". Ο αριθμός των αποσυνθέσεων ανά μονάδα χρόνου μεταβάλλεται με τη φύση της πηγής.

Ποικίλα μετρητικά όργανα (μετρητές σπινθηρισμού κ.α) μετρούν τις αποσυνθέσεις ανά λεπτό (dpm). Η βασική μονάδα μέτρησης της ενέργειας από ακτινοβολία είναι το Curie (Ci) ή 37 Gbq και είναι ο αριθμός των αποσυνθέσεων (3.7×10^{10}) που συμβαίνουν σε 1s σε ένα 1g ραδίου-226.

Τα ραδιοϊσότοπα χρησιμοποιούνται στην επιστήμη και συχνά παρέχονται σε ποσότητες milli Ci (mCi) . Η νέα μονάδα μέτρησης είναι το Becquerel (Bq). Ένα Bq παριστά μια αποσύνθεση ανά δευτερόλεπτο.

2. Η πρώτη μονάδα της ακτινοβολίας ήταν το roentgen (r). Είχε έναν πολύπλοκο προσδιορισμό που βασιζόταν στην ποσότητα των ακτίνων X ή ακτίνων γ που απαιτούνταν να προκαλέσουν ένα βασικό βαθμό ιονισμού στον αέρα.

Πίνακας 2.: Μονάδες μέτρησης ακτινοβολίας: Παλιές σε σχέση με νέες (SI)

Παλιό σύστημα	Νέο σύστημα (SI)
1 curie (Ci)	37 gigabecquerels (Gq)
1 rem (rem)	10 millisieverts (mSv)
100 rem	1 Sievert (Sv)
1 rad (rad)	10 milligrays (mGy)
100 rad	1 Gray (Gy)
1 roentgen (R)	258 millicoulombs/kg (mC/kg)

Μετρήσεις βλάβης

1. Η ενωρίτερη μέτρηση της βλάβης από ακτινοβολία είναι το rem, που λογίζεται για άνθρωπο ισοδύναμου roentgen. Είναι αυτή η ποσότητα ιονίζουσας ακτινοβολίας κάθε τύπου που παράγει στους ανθρώπους το ίδιο βιολογικό αποτέλεσμα σαν 1r. Η νέα διεθνής μονάδα είναι το sievert (Sv).
2. Το rad είναι το ποσό της ακτινοβολίας που απορροφάται από 1g ιστού. Η νέα διεθνής μονάδα είναι το gray (Gy).

Μια πρόχειρη κλίμακα τοξικότητας είναι ως ακολούθως: 10,000 rem (100 Sv) είναι ταχύτατα θανατηφόρος λόγω της βλάβης στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Η ολική έκθεση σε 300 rem (3Sv) είναι περίπου η LD₅₀ (Lethal Dose 50 = Θανατηφόρος Δόση 50= δηλαδή θανατηφόρος δόση ουσίας που θα επιφέρει θνησιμότητα 50% μετά από συγκεκριμένη χρονική περίοδο και συγκέντρωση ουσίας) . Μεταξύ αυτών των τιμών, η βλάβη από ακτινοβολία συμβαίνει.

Έχει γίνει η παραδοχή ότι ο κίνδυνος που σχετίζεται με την ακτινοβολία είναι γραμμικός παντού έως το μηδέν. Όταν προκύπτει η αξιολόγηση του δυναμικού καρκινογένεσης όμως η ακρίβεια είναι εξαιρετικά δύσκολη.

Κάτω από 10 rem (0.1 Sv), τα αποτελέσματα είναι ακαθόριστα λόγω πολλαπλών συνυπαρχόντων παραγόντων όπως κάπνισμα, ρύπανση και διατροφή. Πάνω από 300 παράγοντες έχειδειχθεί ότι είναι καρκινογόνοι σε πειραματόζωα αλλά και σε μελέτες ανθρώπινης επιδημιολογίας.

Έχειδειχθεί από ερευνητικές εργασίες ότι κάτοικοι διαφορετικών περιοχών έχουν χαμηλότερους ρυθμούς θνησιμότητας από άλλους παρά τις υψηλότερες εκθέσεις σε ακτινοβολία λόγω των αυξημένων επιπέδων κοσμικής ακτινοβολίας σε υψηλότερα υψόμετρα.

Μεγάλες Πυρηνικές καταστροφές και η σημασία τους

Hiroshima

Οι ομάδες των ανθρώπων από τους οποίους τα πιο αξιόπιστα δεδομένα έχουν συλλεχθεί και αφορούν τους κινδύνους ακτινοβολίας είναι οι επιζώντες της ατομικής βόμβας που έπεσε στη Hiroshima στις 08.15 της 6 Αυγούστου το 1945.

Το 1947 ο Οργανισμός Έρευνας Επιδράσεων Ακτινοβολίας δημιουργήθηκε. Εκτεταμένες μελέτες έδειξαν ότι οι βαριά εκτεθειμένοι άνθρωποι που ονομάζονται “hibakusha” είχαν 29% μεγαλύτερη πιθανότητα θανάτου από καρκίνο από τους κανονικούς ανθρώπους.

Υπερβολικοί αριθμοί περιπτώσεων λευκαϊμίας άρχισαν να εμφανίζονται στα μέσα του 1940 και μεγιστοποιήθηκαν στις αρχές του 1950 αλλά το 1970 είχαν πάει σε επίπεδα κοντά σε αυτά των Ιαπώνων που δεν είχαν εκτεθεί.

Τώρα οι επιζώντες “hibakusha” έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες επιβίωσης από τον συνολικό πληθυσμό ίσως λόγω της κοντινής ιατρικής παρακολούθησης.

Μια από τις πιο τρομακτικές βλάβες της ακτινοβολίας είναι αυτή της εκ γενετής παραμόρφωσης των νηπίων λόγω των γενετικών μεταβολών που προκαλούνται από την ακτινοβολία στη μητέρα.

Ενώ αυτά τα ελαττώματα έχουνδειχθεί πειραματικά, η έρευνα στη Χιροσίμα συγκρίνει 8000 παιδιά hibakusha με 8000 παιδιά χωρίς έκθεση Ιαπώνων και βρέθηκε επίπτωση χρωμοσωμικής βλάβης σε 5/1000 των πρώτων και 6/1000 των τελευταίων.

Προστατευτικοί μηχανισμοί μπορεί να ενεργοποιούνται στους ανθρώπους (π.χ. τυχαία πρώιμη αποβολή εμβρύου).

Εμβρυα που εκτέθησαν στη μήτρα είναι μια διαφορετική υπόθεση επίδρασης της ακτινοβολίας. Δεκάδες από άρρωστα νήπια γεννήθηκαν σε περιοχές γύρω από τη Χιροσίμα και το Ναγκασάκι τους μήνες που ακολούθησαν τις εκρήξεις. Οι αποβολές ήταν επίσης πολλές σε αριθμό.

Τα έμβρυα εμφανίζεται να είναι πιο ευάλωτα μεταξύ των 8 και 15 εβδομάδων της ανάπτυξής τους.

Βέβαια πολλές μελέτες τονίζουν ότι τα επίπεδα της εκπομπής ήταν πολύ χαμηλότερα από αυτά που είχαν υπολογιστεί και γιαυτό το λόγο τα εδραιωμένα όρια ασφαλείας πρέπει να επανεξεταστούν και διορθωθούν προς τα κάτω.

Αυτό είναι μια θεώρηση για άτομα που εκτίθενται στην ακτινοβολία στην εργασία τους, αλλά είναι ασαφές πότε υπάρχει το ασφαλές όριο έκθεσης και πότε όχι.

Ειρωνικά, αποδείξεις τώρα εμφανίζονται ότι επιστήμονες και τεχνικοί που εργάζονταν στο πρότζεκτ της ατομικής βόμβας κατά τη διάρκεια του πολέμου δείχνουν αύξουσες περιπτώσεις συμβάντων καρκίνων, που όταν ρυθμιστούν τα όρια έκθεσης μπορεί να είναι μεγαλύτερα από αυτά των hibakusha. Το νέο ασφαλές όριο έκθεσης είναι 20mSv/χρόνο κατά μέσο όρο σε διάρκεια 5 ετών με όχι περισσότερο από 50 σε 1 χρόνο. Το παλιό όριο ήταν 50mSv.

Νέες μελέτες που έχουν λάβει υπόψη σχεδόν όλα τα χρόνια που πέρασαν από το συμβάν έδειξαν ότι οι θάνατοι από λευκαίμια είναι το πρώτο σχετικό με την ακτινοβολία μεγάλης διάρκειας αποτέλεσμα και υπάρχει ένας γραμμικός επηρεασμός έκθεσης-απόκρισης. Αύξηση των θανάτων με το πέρας των χρόνων έχει παρατηρηθεί μέσω της Μελέτης Διάρκειας Ζωής (LSS = Life Span Study) και αυτό οφείλεται στις μακροχρόνιες επιδράσεις της ακτινοβολίας στους ανθρώπινους ιστούς και όργανα σε σχέση με άλλους ρυπαντές.

Ο μεγάλος κίνδυνος καρκίνου εξαρτάται πολύ από την ηλικία κατά την έκθεση και την ηλικία επίτευξης. Κίνδυνος με την έκθεση στην ηλικία των 10 είναι περίπου διπλάσια από αυτή που σχετίζεται με την έκθεση στην ηλικία των 40. Αντιστρόφως, ο κίνδυνος συνεχίζεται να αυξάνεται με την επιτευχθείσα ηλικία.

Σημαντικές αυξήσεις σε σχετικές με την έκθεση ασθένειες όπως καρδιαγγειακές ασθένειες, γαστρεντερικές ασθένειες και αναπνευστικές ασθένειες έχουν παρατηρηθεί και συνεχώς αξιολογούνται για λήψη προστατευτικών μέτρων και ιατρικών επεμβάσεων.

Από μελέτες έχει δειχθεί ότι το προσδόκιμο ζωής μειώθηκε σε περίπου 2.6 χρόνια για αυτούς με δόσεις μεγαλύτερες από 1 Gy. Περίπου 60% από αυτή τη μείωση αποδίδεται σε κατεξοχήν καρκινικές ασθένειες, 10% από λευκαίμια και 30% από άλλες ασθένειες. Ποικίλες άλλες

επιδράσεις στην υγεία έχουν καταγραφεί και έτσι είναι εύκολα κατανοητό ότι οι επιδράσεις έχουν σίγουρα καταστροφικά αποτελέσματα σε ζωντανούς ιστούς και όργανα με το να καταστρέφουν τη λειτουργία τους και να μειώνουν το προσδόκιμο όριο ζωής.

Απελευθέρωση Hanford

Μεγάλες ποσότητες του ^{131}I σκόπιμα απελευθερώθηκαν (για σκοπούς που ακόμα και σήμερα είναι μυστικό) από μια στρατιωτική πυρηνική μονάδα στο Hanford στην Ουάσιγκτον κατά το 1950. Κάποιοι κάτοικοι μπορεί να έλαβαν τόσο πολύ έως και 2300 rem. Από σχετικές μελέτες η μεγαλύτερη πηγή της έκθεσης μπορεί να είναι η κατανάλωση μολυσμένου κρέατος και λαχανικών.

Μελέτες εκατομμυρίων δολαρίων από διαφορετικούς οργανισμούς έχουν πραγματοποιηθεί για να βρεθούν απαντήσεις για το βαθμό του κινδύνου και της λήψης υπεύθυνων μέτρων για την αποφυγή οποιονδήποτε επιπτώσεων. Προφανώς, το δυναμικό για πολιτική-κοινωνική δράση είναι απαραίτητο και πρέπει να υπάρχουν πιέσεις προς κάθε κατεύθυνση για λήψη υπεύθυνων μέτρων και ορίων ασφαλείας με έμφαση στη μέγιστη ασφάλεια για όλους τους εμπλεκόμενους με την έκθεση σε ακτινοβολία.

Ατύχημα Τσερνόμπιλ

Το πιο πρόσφατο και υψηλά ανακοινωμένο πυρηνικό ατύχημα ήταν το Τσερνόμπιλ τον Απρίλιο του 1986 (μια χειρότερη αλλά υψηλά κρυμμένη καταστροφή συνέβη στη Ρωσία και το 1958). Περίπου το 20% του ραδιενεργού ιωδίου διέφυγε μαζί με το 10%-20% του ραδιενεργού καυσίου και άλλα ισότοπα.

135,00 άνθρωποι ζούσαν σε ακτίνα 30Km από την εγκατάσταση ισχύος. Υπήρξαν 30 θάνατοι και 237 περιπτώσεις πολλαπλών τραυματισμών από ακτινοβολία. 2000 παιδιά γεννήθηκαν από γυναίκες που ζούσαν στη ζώνη του ατυχήματος τη στιγμή της καταστροφής.

Πρώιμες μελέτες έδειξαν, 10 χρόνια μετά το συμβάν, δεν βρήκαν ιδιαίτερες γενετικές ή σωματικές ανωμαλίες στον ανθρώπινο πληθυσμό. Και μια εξέταση περίπου 700,00 ανθρώπων σε ευρύτερη περιοχή δεν έδειξε κάποια ιδιαίτερα φυσικά προβλήματα.

Οι Ρώσοι επιστήμονες εκτιμούν μια αύξηση στον καρκίνο της τάξης του 0.04% για τα επόμενα 20 χρόνια. Στην Δυτική Ευρώπη η έκθεση στην ραδιενεργή σκόνη εκτιμάται για πάνω από 50 χρόνια και περίπου 1000 επιπλέον θάνατοι από καρκίνο ενδέχεται να συμβούν.

Σύμφωνα με τα τρέχοντα στοιχεία, 30,000,000 θάνατοι από καρκίνο θα συμβούν σε αυτή τη χρονική περίοδο και έτσι η αύξηση θα είναι 0.003%.

Ξέχωρα από αυτούς τους ανθρώπους που έρχονται σε άμεση επαφή και έκθεση με τα αποτελέσματα της έκρηξης, ο μεγαλύτερος κίνδυνος της έκθεσης φαίνεται να προέρχεται από την καταναλωθείσα μολυσμένη τροφή. Χιλιάδες τάρανδοι θανατώθηκαν στη Βόρεια Σκανδιναβία επειδή είχαν καταναλώσει μολυσμένη τροφή κατά τη διάρκεια της βοσκής.

Ο Dr. Marvin Goldwin, υπεύθυνος για την κοινή Ιατρική Ομάδα ΗΠΑ-ΕΣΣΔ έκανε τα ακόλουθα σημεία στην 10ετή αναφορά που ετοιμάστηκε για το ατύχημα:

- Καθένας στο Βόρειο Ημισφαίριο έλαβε μια μικρή δόση ακτινοβολίας. Ο βαθμός έκθεσης αυτών των ανθρώπων σε μεγαλύτερο κίνδυνο δεν μπορεί επακριβώς να προσδιοριστεί.
- Ραδιενεργό ιώδιο θέτει ένα πρώιμο κίνδυνο στους αδένες του θυροειδή των ανθρώπων που εκτέθηκαν.
- Από το 1991 δεν υπάρχει ανιχνεύσιμη αύξηση της επίπτωσης του καρκίνου αλλά η λευκαϊμία δεν έχει ακόμα φανεί και όγκοι μπορεί να εμφανιστούν στα επόμενα 10 χρόνια ή και περισσότερο.

Το Τσερνόμπιλ παρέχει ένα ακόμα παράδειγμα πόση ψυχολογική ζημιά μπορεί να υπερβεί την φυσική βλάβη στα πρώτα χρόνια που ακολούθησαν την περιβαλλοντική καταστροφή. Χιλιάδες άνθρωποι έλαβαν έκθεση σε ακτινοβολία που ξεπέρασε τη μέγιστη προτεινόμενη δια βίου επιτρεπόμενη. Αφού τα όρια της ακτινοβολίας στις τοπικές κοινωνίες μειώθηκαν σε χαμηλά επίπεδα όμοια με εκείνα στις περιβάλλουσες περιοχές, δεν υπήρξε κάποια επιστημονική ή ιατρική πρόνοια να τους επανεγκαταστήσουν σε άλλη περιοχή.

Το στρές και ο φόβος όμως δημιούργησαν μια ακατανόητη επιθυμία για μετακίνηση εκτός της περιοχής τους και το πραγματοποίησαν με κόστος σωματικό και ψυχολογικό που είχε επιδράσεις στην υγεία τους μακροπρόθεσμα.

Το 2011, μια έκθεση 25ετίας έδειξε ότι οι κίνδυνοι καρκίνου και άλλων θεμάτων υγείας δεν ήταν πολύ μεγάλοι αλλά σημασία δόθηκε στην ακρίβεια της έγκαιρης διάγνωσης.

Μελέτες στους εργάτες που καθάρισαν το χώρο του εργοστασίου έδειξαν αποδείξεις αυξημένων περιστατικών λευκαϊμίας και άλλων αιματολογικών καρκίνων και καταράκτη όπως και καρδιαγγειακές παθήσεις που ακολούθησαν χαμηλές δόσεις και χαμηλούς ρυθμούς δόσεων ακτινοβολίας. Ο καρκίνος του θυροειδή άμεσα συνδέεται με την έκθεση στην ακτινοβολία μετά

τις εκρήξεις των βομβών στη Χιροσίμα και στο Ναγκασάκι και ήταν ιδιαίτερα αυξημένος σε πληθυσμούς παιδιών στα πρώτα χρόνια μετά την έκθεση στις πιο εκτεθειμένες περιοχές ιδιαίτερα στην Ουκρανία και Λευκορωσία.

Ο καρκίνος του θυροειδή βρέθηκε ιδιαίτερα αυξημένος από το 1986 έως το 1991 στις πιο μολυσμένες περιοχές της Ουκρανίας και της Ρωσίας και στη Λευκορωσία από το 1991 έως το 2002.

Η ουσία Ιώδιο-131 (I-131) ήταν το κύριο συστατικό της εκροής και άμεσα λήφθηκε από τον αδένα του θυροειδή. Δεν υπήρξαν ξεκάθαρες αποδείξεις για τον καρκίνο του θυροειδή να σχετίζεται με την έκθεση στην μήτρα εγκύων γυναικών.

Η λευχαιμία ήταν η πρώτη κακοήθεια που συνδέθηκε με την έκθεση στην ακτινοβολία σε μελέτες των εκτιθέμενων Ιαπώνων. Ανιχνεύθηκε 2-5 χρόνια μετά την έκθεση. Η μελέτη του ECLIS (European Childhood Leukemia-Lymphoma Study) δεν βρήκε αυτές τις κακοήθειες τα πρώτα 5 χρόνια μετά την έκθεση .

Μια σχέση μεταξύ της δόσης ακτινοβολίας και της πιθανότητας λευχαιμίας βρέθηκε στην Ουκρανία αλλά δεν στατιστικά ορθή σε πολλές περιπτώσεις.

Λευχαιμία σε παιδιά που εκτίθενται στην μήτρα βρέθηκε να αυξάνεται σε κάποιες περιπτώσεις αλλά η περιοχή αυτή χρειάζεται επιπλέον έρευνα.

Συμπερασματικά, είναι καλά εδραιωμένη η πεποίθηση ότι ο καρκίνος του θυροειδή αδένα αυξήθηκε σημαντικά στα παιδιά και στους εφήβους με τα νεότερα παιδιά να έχουν μεγαλύτερο κίνδυνο.

Οι εργάτες καθαρισμού, το πιο βαρύ εκτιθέμενο γκρούπ ανθρώπων, έχει αυξημένο κίνδυνο λευχαιμίας και άλλων αιματολογικών κακοηθειών και καταράκτη και καρδιαγγειακών ασθενειών. Αποδείξεις για αυξημένες κακοήθειες στον εκτιθέμενο γενικό πληθυσμό δεν προέκυψαν και χρειάζονται εκτεταμένες έρευνες σε αυτήν την κατεύθυνση για τη βελτίωση των προβλέψεων και των ληφθέντων μέτρων.

Αυτά τα ατυχήματα δημιουργούν στον κόσμο αισθήματα φόβου και έτσι υπάρχει αντίδραση σε σχέση με την ύπαρξη πυρηνικών εγκαταστάσεων λόγω της φοβίας για ατυχήματα. Αυτό είναι ατυχές τη στιγμή που η αέρια ρύπανση και οι επιπτώσεις της παγκόσμιας θέρμανσης των εγκαταστάσεων με ορυκτά καύσιμα γίνονται μεγάλο πρόβλημα.

Ετσι, η ύπαρξη τέτοιων εγκαταστάσεων είναι εν μέρει ασφαλής εφόσον τα μέτρα προστασίας είναι αυστηρά και τηρούνται απαρέγκλιτα.

Φουκουσίμα, Ιαπωνία

Το Μάρτιο του 2011 ένας σεισμός και το επακόλουθο τσουνάμι συνέτριψε την πυρηνική ενεργειακή μονάδα στη Φουκουσίμα στην Ιαπωνία. Οι αντιδραστήρες 1, 2 και 3 υπέφεραν πλήρη τήξη. Δύο εργάτες έχασαν τη ζωή τους από το τσουνάμι αλλά κανένας δεν πέθανε από τη έκθεση στην ακτινοβολία αν και τελικά 6 εργαζόμενοι ξεπέρασαν το όριο έκθεσης εν ζωή. Μια περιοχή 20 χλμ., γύρω από την πυρηνική μονάδα εκκενώθηκε.

Η συνολική ακτινοβολία που υπολογίστηκε από την Ιαπωνική κυβέρνηση είναι το 1/10 της απελευθέρωσης του Τσερνόμπιλ. Όμως τα επίπεδα του Καισίου-137 βρέθηκαν πολύ αυξημένα για να υπάρχει ανησυχία σε απόσταση 50χλμ από την εγκατάσταση.

Αν και δεν υπάρχουν ακόμα μελέτες σε βάθος χρόνου για τις επιδράσεις του ατυχήματος της Φουκουσίμα, υπάρχουν ανησυχίες για τη μεταφορά καρκινογόνων ακτινοβόλων ουσιών μέσω της τροφικής αλυσίδας σε ανθρώπους που καταναλώνουν θαλάσσια είδη και κάνουν εισαγωγές από την Ιαπωνία μιας και εκπλύσεις νερού ψύξης της εγκατάστασης οδηγήθηκαν στην θάλασσα χωρίς πλήρη έλεγχο και έτσι παραπροϊόντα υπάρχουν στα διάφορα θαλάσσια περιβάλλοντα πέριξ της εγκατάστασης και στα θαλάσσια είδη που διαβιούν και διατρέφονται στην περιοχή.

Αέριο Ραδόνιο: Φυσική Ακτινοβολία

Όπως σημειώθηκε πιο πριν το 82% της ιονίζουσας ακτινοβολίας που συνήθως εκτιθόμαστε προέρχεται από φυσικές πηγές. Έχει εκτιμηθεί ότι υπάρχει αρκετό φυσικό ραδιενεργό υλικό στο ανθρώπινο σώμα έτσι ώστε εάν ήταν ένα πειραματόζωο θα ήταν σαν να απορρίπτεται σαν επικίνδυνο απόβλητο.

Κατά μέσο όρο στην Ε.Ε. η ετήσια φυσική έκθεση είναι περίπου 1mSv (0.1 rem ή 100 mrem). Στις περιοχές της Βόρειας Αμερικής είναι λίγο υψηλότερο επειδή τα βουνά που υπάρχουν είναι πλούσια σε αποθήκες ουρανίου.

Το αέριο ραδόνιο είναι μακράν η μεγαλύτερη απειλή υγείας από φυσική ακτινοβολία. Είναι το φθίνον προϊόν του ουρανίου και διέρχεται μέσα από ρωγμές στο υπέδαφος του εδάφους και μπορεί να διαρρεύσει μέσα στα σπίτια από ρωγμές σε υπόγεια σημεία τοιχωμάτων, και από εγκαταστάσεις αποχετεύσεων κ.α.

Η παρουσία των αεροστεγών σπιτιών αύξησε τον κίνδυνο παγίδευσης αερίου ραδονίου στο σπίτι.

Σε μια βρετανική μελέτη, έχει υπολογιστεί ότι 1,000,000 άνθρωποι εκτίθενται στο ραδόνιο σε επίπεδα 5-15mSv ετησίως. Σε αντίθεση, μόνο 5000 εργαζόμενοι σε πυρηνικές βιομηχανικές μονάδες εκτέθηκαν σε επίπεδα τόσο υψηλά ή υψηλότερα. Αυτό είναι το ανάλογο των 50-150 ακτίνων X θώρακος ετησίως.

Τα σπίτια με ραδόνιο κατανέμονται πολύ τυχαία με τα υψηλώς μολυσμένα σπίτια που είναι βρίσκονται ακριβώς δίπλα από αυτά που δεν έχουν ραδόνιο.

Γενικά, θεωρείται το ραδόνιο σαν η μεγαλύτερη περιβαλλοντική απειλή υγείας από ακτινοβολία στον αναπτυγμένο κόσμο. Μελέτες της EPA (Environmental Protection Agency) μέτρησαν ότι τα επίπεδα ραδονίου σε υπόγεια τμήματα κατασκευών είναι μεγαλύτερα.

Υπολογισμοί του κινδύνου έχουν εκτιμήσει τον κίνδυνο θανάτου από καρκίνο οφειλόμενο στο ραδόνιο σε 0.4% για εκτιθέμενα άτομα που είναι περίπου το ίδιο ποσοστό θανάτου σε πυρκαγιά ή από πτώση.

Εάν το ραδόνιο ήταν ανθρώπινο φτιαγμένο καρκινογόνο θα μπορούσε χωρίς καμία ερώτηση να απαγορευθεί, και πιο σίγουρα θα μπορούσε να είναι ο στόχος των ακτιβιστών ενάντια στην πυρηνική ενέργεια λόγω των κινδύνων της.

Παρ' όλα αυτά υπάρχει ακόμα αντιπαράθεση σχετικά με το βαθμό κινδύνου ή ίσως περισσότερο σωστά το βαθμό έκθεσης.

Μια έρευνα υπολόγισε ότι το 13%-25% διεθνώς όλων των περιπτώσεων μυελοειδούς λευχαιμίας μπορεί να αποδοθεί σε έκθεση ραδονίου σε όλες τις ηλικιακές ομάδες.

Μετά το κάπνισμα τσιγάρων, το ραδόνιο είναι πιθανόν η πιο συχνή αιτία δημιουργίας καρκίνου των πνευμόνων. Το ραδόνιο-222 (^{222}Rn) και ^{220}Rn είναι τα μόνα αέρια προϊόντα φθοράς του ουρανίου. Ο χρόνος ημίσειας ζωής είναι 3.8 ημέρες και φθίνουν σε σωματίδια (όχι αέρια) περιλαμβάνοντας ραδιενεργό πολώνιο, όπου στην πραγματικότητα είναι η εκπεμπόμενες άλφα τοξίνες που προκαλούν βλάβη στα κύτταρα. Τα σωματίδια Α, σε αντίθεση με τις ακτίνες γ μπορούν μόνο να προκαλέσουν βλάβη στο κύτταρο για ακτίνα περίπου 70μ, δηλαδή τον κίνδυνο του καρκίνου των πνευμόνων. Η αυξημένη επίπτωση στη λευχαιμία είναι δύσκολο να εξηγηθεί σε αυτή τη βάση ανάλυσης.

Μια μελέτη του 2011 έδειξε τα επίπεδα του ^{210}Po και ^{210}Pb σε διάφορα εδάφη και βιολογικά είδη. Εμφανίστηκε ότι ο αέρας στο επίπεδο της γής είχε 0.03-0.3 και 0.2-1.5 Bq/m³ αντίστοιχα. Βρύα και λειχήνες και άλλα φυτικά είδη και η τύρφη έχουν μια υψηλή απόδοση στη λήψη αυτών

των ραδιοισοτόπων από τις ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις έχοντας επίπεδα των 0.5-5 kBq/m². Μπορούν να συγκεντρώσουν έως και 250 Bq/Kg.

Τα φυτοφάγα ζώα που καταναλώνουν αυτή τη βλάστηση μπορεί να έχουν επίπεδα στο κρέας του 1-15Bq/Kg. Άνθρωποι με υψηλή κατανάλωση κρεάτων ζώων με αυξημένα επίπεδα μπορεί να έχουν μια ετήσια δόση των 260μSv Po και 132μSv Pb. Τα θαλάσσια είδη μπορεί να έχουν επίσης σχετικά υψηλά ποσοστά αυτών των ισοτόπων.

Ευαισθησία ιστών στην ακτινοβολία

Γενικά, οι ιστοί με υψηλό ρυθμό μεταβολών είναι πιο επιρρεπείς στις επιδράσεις της ιονίζουσας ακτινοβολίας. Έτσι, ο θυροειδής, ο πνεύμονας, το στήθος, το στομάχι, το κόλον και ο μυελός των οστών έχουν υψηλή ευαισθησία, ο εγκέφαλος, ο ιστός της λέμφου, ο οισοφάγος, το ήπαρ, το πάγκρεας, το μικρό έντερο και οι ωοθήκες είναι μέτρια ευαισθησία και το δέρμα, η σπλήνα, τα νεφρά, η χοληδόχος κύστη και το πυκνό οστό χαμηλή ευαισθησία.

Αυτή η σειρά ευαισθησίας σχεδόν παραλληλίζει την συχνότητα του κύριου καρκίνου σε αυτούς τους ιστούς.

Εάν η μοριακή αναστάτωση είναι επαρκής, το κύτταρο θα πεθάνει. Μιας και τα θυλάκια των μαλλιών και η βλενογόνος του γαστρεντερικού συστήματος έχουν συνεχείς εναλλαγές, η ασθένεια από ακτινοβολία περιλαμβάνει απώλεια μαλλιών και βαριά διάρροια.

Επειδή και τα κύτταρα του μυελού των οστών έχουν πολλές εναλλαγές, η επιδιόρθωση του DNA μπορεί να μην είναι ολοκληρωμένη πριν αντικατάσταση συμβεί και τα αδελφά κύτταρα μπορεί να είναι κακοήγη. Αυτός είναι ο λόγος που η λευχαιμία είναι ο συνηθέστερος καρκίνος που σχετίζεται με τον τραυματισμό από ακτινοβολία.

Η ετήσια ποσότητα που έχει τεθεί από τον Οργανισμό Ατομικής Ενέργειας είναι 2 rem (20mSv). Η έκθεση σε ακτινοβολία από μια μέση ακτίνα X στο στήθος είναι 15mrem (150mSv). Αυτό έχει υπολογιστεί και θεωρητικά προκαλεί έναν επιπλέον καρκίνο ανά 100,000,000 ανθρώπους, Με άλλα λόγια, εάν όλος ο πληθυσμός της Ε.Ε κάνει μια ακτινογραφία X στο στήθος, θα είχαμε 2-3 περιπτώσεις θανάτου από καρκίνο επιπλέον σαν αποτέλεσμα.

Μελέτες έδειξαν ότι εργαζόμενοι σε πυρηνικές μονάδες αποκτούσαν παιδιά με ιατρικά προβλήματα συχνότερα από άλλους εργαζόμενους σε άλλες βιομηχανικές μονάδες. Αφού αυτά τα παιδιά δεν εκτέθησαν απευθείας σε ραδιενεργό υλικό, το συμπέρασμα είναι ότι εάν τα

δεδομένα είναι σωστά ότι η έκθεση των γονιών τους (κυρίως άνδρες) προκαλούσε γενετική βλάβη.

Λόγω σχετικών αναφορών ασφαλείας και επιδράσεων στο γενικό πληθυσμό υπάρχει παγκόσμια πίεση από τους πολίτες για ακύρωση δημιουργίας νέων πυρηνικών εγκαταστάσεων λόγω της επικινδυνότητας τους περιβαλλοντικά και στην ανθρώπινη υγεία.

Ο παρακάτω πίνακας 3 παρουσιάζει τις μέσες ετήσιες εκθέσεις ακτινοβολίας με στοιχεία από ανεπτυγμένες Δυτικές χώρες.

Πίνακας 3.: Ετήσια Μέση έκθεση σε ακτινοβολία

Πηγή ακτινοβολίας	mrem (mSv)
Φυσικές πηγές	<100 (<1000)
Ιατρικές και οδοντικές ακτίνες X	78 (0.78)
Ραδιοϊσότοπα	14 (0.14)
Έλεγχος όπλων	4-5 (0.04-0.05)
Πυρηνική βιομηχανία	<1 (<0.01)
Υλικά κατασκευών (ραδόνιο από τούβλα και τοιχοποιία	3-4 (0.03-0.04)
Μια ακτινογραφία θώρακος X	10-15 (0.1-0.15)
Συνολική μέση ετήσια έκθεση	<200 (<2)

Μικροκύματα

Τα μικροκύματα είναι τα μικρότερα κύματα στη πλευρά των ραδιενεργών του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (1mm-30cm). Υπάρχουν σε πολύ υψηλές συχνότητες (1000-300,000 megacycles/s) και χρησιμοποιούνται σε ραντάρ, για μετάδοση φωνητικών σημάτων σε μεγάλες αποστάσεις και για σήματα τηλεόρασης και φυσικά για φούρνους μικροκυμάτων.

Λόγω της μεγάλης διηλεκτρικής σταθεράς, το νερό διαχέει την ενέργεια σαν θερμότητα όταν εκτίθεται στα μικροκύματα. Σε αρκετά υψηλές ενέργειες, η θερμική βλάβη μπορεί να συμβεί σε ζωντανούς ιστούς.

Χρήση κινητού τηλεφώνου και καρκίνοι εγκεφάλου

Πρόσφατες ανησυχίες έχουν εκφραστεί πάνω από τα πιθανά καρκινογενετικά αποτελέσματα των μικροκυμάτων που δίνονται από τα κινητά τηλέφωνα. Το επίπεδο ενέργειας είναι τόσο χαμηλό (<5W), όμως, καθόλου θερμικές επιδράσεις δεν έχουν ανιχνευθεί. Λίγη πληροφόρηση είναι διαθέσιμη που αφορά μη θερμικές επιδράσεις των μικροκυμάτων αλλά αποδείξεις για καρκινογενέσεις είναι ανεπίσημες και διερευνητικές. Αυτό δεν σημαίνει ότι δεν υπάρχει ανησυχία σχετικά με τη χρήση των κινητών τηλεφώνων.

Τα κινητά τηλέφωνα εκπέμπουν (300 MHz – 300 GHz) ραδιοσυχνότητες (RF). Οι ιστοί εκτίθενται σε RF έχουν έναν ειδικό ρυθμό απορρόφησης που μετράται σε watts ανά Kg ιστού.

Λαμβάνοντας υπόψη την κρανιακή έκθεση, αυτή επηρεάζεται από το πάχος του οστού (λεπτότερο στα παιδιά) και την απόσταση του τηλεφώνου που κρατείται από το αυτί.

Ο νόμος του αντιστρόφου τετραγώνου υπαγορεύει ότι το επίπεδο κάθε ραδιενεργού πηγής μειώνεται όσο το τετράγωνο της αύξησης της απόστασης από την πηγή. Έτσι, αν η απόσταση από την πηγή είναι διπλάσια, τα επίπεδα ενέργειας μειώνονται σε $\frac{1}{4}$ της προηγούμενης τιμής. Ακόμα και κάτω από τις συνθήκες μέγιστης έκθεσης, περιλαμβάνοντας συχνή χρήση του κινητού τηλεφώνου, μπορεί να πάρει 10 χρόνια ή και περισσότερα για αποτελέσματα να παρουσιαστούν.

Στις αρχές του 1990, μια γυναίκα στη Φλόριδα ισχυρίστηκε ότι ο καρκίνος στον εγκέφαλο ήταν το αποτέλεσμα μια εκτεταμένης χρήσης κινητού τηλεφώνου και ο συζυγός της μήνυσε την εταιρία κινητής τηλεφωνίας. Η εκτεταμένη κάλυψη από τα MME και οι τεράστιες πωλήσεις κινητών τηλεφώνων οδήγησαν την επιστημονική κοινότητα να κάνει έρευνες με σκοπό να λύσει την αντιδικία. Τα αποτελέσματα ακόμα και σήμερα είναι αντιφατικά και ίσως χρειαστεί και άλλος χρόνος για να δειχθεί η επίδραση της κινητής τηλεφωνίας στην ανθρώπινη υγεία και ειδικά στην αύξηση των κακοήθων όγκων ειδικά στον εγκέφαλο.

Οι μελέτες έχουν επικεντρωθεί σε παιδιά και εφήβους λόγω του γεγονότος της ευαλωτότητας του κομματιού αυτού του γενικού πληθυσμού.

Επιδημιολογικές μελέτες συγκρίνουν αλλαγές στην πιθανότητα του όγκου στον εγκέφαλο ειδικά το γλοίωμα με την εκθετική αύξηση της χρήσης κινητών τηλεφώνων στα πρόσφατα χρόνια. Υπάρχουν και προσπάθειες σύγκρισης της παρουσίας καρκινικών όγκων σε εκτιθέμενους ανθρώπους και σε ανθρώπους χωρίς έκθεση.

Ευρωπαϊκές μελέτες έδειξαν ότι μεταξύ των ετών 1995 και 2012 αυξήθηκε η παρουσία κακοήθων όγκων από 13.4% σε 18.2% δηλαδή υπήρξε μια αύξηση του 36%. Αυτή η αύξηση

τρέφει την ανησυχία για τη χρήση του κινητού τηλεφώνου. Βέβαια πολλές μελέτες τονίζουν ότι θα πρέπει να τεθούν κάποιοι κανονισμοί τυποποίησης για τις συγκρίσεις και να γίνουν μελέτες σε ανθρώπους με 10 χρόνια λανθάνουσα χρονική περίοδο και υψηλό αριθμό σωρευτικών ωρών ομιλίας.

Προτείνεται από πολλές ερευνητικές ομάδες τυποποιημένος σχεδιασμός έρευνας και ακόμα μερικές προτάσεις για βελτίωση των ερευνητικών αποτελεσμάτων:

- Τα επίπεδα της ενέργειας των κινητών τηλεφώνων χρειάζεται να πινακοποιηθούν και να ταιριαστούν μεταξύ των διαφορετικών μελετών.
- Οι πληθυσμοί μελέτης χρειάζεται να χωριστούν σε μικρότερες ομάδες σε μια τυποποιημένη διάταξη λόγω φύλου, ηλικίας, εθνικότητας, επιπέδου υγείας κ.α.
- Το πεδίο των παθολογιών που χρειάζεται να προσδιοριστούν, π.χ. καρκίνοι εγκεφάλου, καρκίνοι παρωτίτιδος, στοματικοί καρκίνοι.
- Τα ερωτηματολόγια χρειάζεται να τυποποιηθούν και τυποποιημένες «τυφλές» διαδικασίες χρειάζεται να χρησιμοποιηθούν.
- Αρχεία κανονικής χρήσης κινητού τηλεφώνου πρέπει να χρησιμοποιηθούν όπου είναι δυνατόν, αντίθετα με τη χρήση επανάκληση θέματος.
- Οι λανθάνοντες περίοδοι πρέπει να προσδιοριστούν ομοιόμορφα.
- Η στατιστική προσέγγιση πρέπει να προσδιοριστεί πολύ καλά από πριν την περάτωση της έρευνας.

Η μελέτη CEFALO (ανάλυση 22 διαφορετικών περιπτώσεων) έδειξε ότι υπάρχει ένας μικρός κίνδυνος από τη χρήση του κινητού τηλεφώνου αλλά μόνο για τους μεγάλου χρόνου και συχνούς χρήστες.

Συμπερασματικά, υπάρχει μια δήλωση που κάποιος μπορεί να κάνει με απόλυτη εμπιστοσύνη. Είναι το πλέον πιθανό να πεθάνει κάποιος οδηγώντας χρησιμοποιώντας το κινητό τηλέφωνο από το να πεθάνει από καρκίνο στον εγκέφαλο που προκαλείται από τη χρήση του.

Υπεριώδης ακτινοβολία

Η υπεριώδης ακτινοβολία χρησιμοποιεί το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα μεταξύ 400 και 4 nm: UVa από 400-320nm, και UVb από 320-280nm, UVc κάτω από 280nm.

Μια αύξηση του 1%-2% της UVb ακτινοβολίας σχετίζεται με την αύξηση του 2%-4% του καρκίνου του δέρματος, Η UVb είναι στο πεδίο της ιονίζουσας ακτινοβολίας και επομένως μπορεί να καταστρέψει το DNA, οδηγώντας σε μεταλλάξεις και καρκίνο. Η επίδραση στα μελανοκύτταρα εμφανίζεται πιο πολύπλοκη διαδικασία και χρειάζεται κάποιες προϋποθέσεις.

Το μελάνωμα εμφανίζεται πρώτα σε περιοχές που δεν εκτίθενται απευθείας στον ήλιο. Τροπικές και υποτροπικές περιοχές έχουν πολύ περισσότερο υψηλά περιστατικά καρκίνου του δέρματος από ότι οι εύκρατες ζώνες. Παγκόσμια στατιστικά ισχυρίζονται ότι οι επιπτώσεις του καρκίνου του δέρματος αυξήθηκαν έως και 400% τα τελευταία χρόνια, λόγω του γεγονότος της καταστροφής μεγάλου μέρους της ζώνης του όζοντος και έτσι οι ακτινοβολίες περνούν χωρίς φίλτράρισμα προς τη γή και τους κατοίκους της.

Υπάρχει διάχυτη ανησυχία με τη χρήση θέσεων-κρεβατιών μαυρίσματος από νέους ανθρώπους. Υπάρχει τώρα σημαντική απόδειξη ότι η εκπομπή σε ακτινοβολία στα κρεβάτια μαυρίσματος αυξάνει τον κίνδυνο και των δύο μορφών καρκίνου του δέρματος δηλαδή το βασικό καρκίνωμα του κυττάρου (BCC = Basic Cell Carcinoma) και το μελάνωμα. Λόγω αυτού του γεγονότος η χρήση τους είναι αρκετά επικίνδυνη και δεν προτείνεται.

Η σχετική βιομηχανία των κρεβατιών μαυρίσματος ισχυρίζεται ότι αυξάνει τα επίπεδα της βιταμίνης D αλλά αυτή η δήλωση έχει απορριφθεί από την επιστημονική κοινότητα σαν ανεπαρκής λόγος χρήσης τους λόγω των συνεπειών.

Ιατρικές χρήσεις της ακτινοβολίας UV

Οι ιατρικές χρήσεις της UV ακτινοβολίας είναι οι παρακάτω:

1. Φωτοφόρηση: το αίμα μετακινείται από τον ασθενή και εκτίθεται σε φως UV, και μετά επιστρέφει στον ασθενή. Η τεχνική είναι χρήσιμη για θεραπεία της μυκηττίασης, μια επιπλοκή του καρκίνου του δέρματος και είναι πολλά υποσχόμενη για μερικές μορφές λευχαιμίας.
2. Η UVa χρησιμοποιείται σε συνάρτηση με φωτοευαίσθητα φάρμακα που ονομάζονται psoralen και βοηθούν στην θεραπεία της δερματικής ψωρίασης. Η τεχνική αυτή ονομάζεται Puvva (psoralen-UVa).

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία πολύ χαμηλής συχνότητας (ELF)

Τα κύματα ELF είναι μη ιονίζοντα κύματα ακτινοβολίας με εξαιρετικά μεγάλα μήκη κύματος (αρκετά εκατοντάδες km) και πολύ χαμηλές συχνότητες (<300Hz).

Η έκθεση σε τεχνητά πεδία ELF συμβαίνουν κοντά σε υψηλής τάσης γραμμές ηλεκτρισμού και πολύ μικρότερα επίπεδα προέρχονται από οικιακές συσκευές.

Οι ηλεκτρικές κουβέρτες ειδικά είναι δυνητικές πηγές της έκθεσης σε ELF λόγω της κοντινής εγγύτητας και της επαφής που αυτές παρέχουν στον άνθρωπο.

Άλλοι τύποι χαμηλής συχνότητας κυμάτων περιλαμβάνουν τα μικροκύματα, εκπομπές από την τηλεόραση και τα πεδία των ραδιοσυχνοτήτων.

Γραμμές υψηλής τάσης δημιουργούν μαζί ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία και αν μόνωση τα καλύπτει, δίνουν μεγάλες διεισδυτικές δυνάμεις και μπορούν να διαπεράσουν το ανθρώπινο σώμα.

Η μονάδα μέτρησης των μαγνητικών πεδίων είναι το gauss, που έχει μια πολύ πολύπλοκη επεξήγηση. Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία (ELFs) μετρώνται επίσης σε Volts/meter (V/m).

Το πεδίο αμέσως κάτω της γραμμής μετάδοσης των 400,000V είναι 10,000 V/m και μειώνεται σε 500-1000V/m σε μια απόσταση των 100m. Ο νόμος των αντιστρόφων τετραγώνων εφαρμόζεται σε αυτήν την περίπτωση.

Πολλές ερευνητικές μελέτες έχουν δείξει επιβλαβείς επιδράσεις από τα χαμηλά επίπεδα της ακτινοβολίας ELF περιλαμβάνοντας παραμορφώσεις των εμβρύων πειραματόζωων, μεταβολές συμπεριφοράς και φυσιολογικές αλλαγές. Επίσης έχουν βρεθεί και αυξημένη ευαισθησία στη θερμότητα ακολουθώντας έκθεση σε ELF.

Πολλές μελέτες έχουν δείξει αυξημένα περιστατικά καρκίνου, ειδικά λευχαιμία, επαναλαμβανόμενο πονοκέφαλο και κατάθλιψη, εκ γενετής παραμορφώσεις και άλλα προβλήματα υγείας σε ανθρώπους που διαβιούν κοντά σε γραμμές υψηλής τάσης ή είναι σε υψηλή έκθεση στα διάφορα περιβάλλοντα εργασίας. Βέβαια υπάρχουν και οι αμφισβητήσεις σχετικά με αυτά τα ευρήματα αλλά μάλλον υπάρχουν προβλήματα που εντείνονται λόγω της ύπαρξης των κυμάτων αυτών.

Ειδικά το αν η έκθεση ELF σε ομάδες υψηλού κινδύνου του πληθυσμού, όπως τα παιδιά και ο βαθμός επικινδυνότητας και παρουσίας λευχαιμίας είναι κάτι που ερευνάται εκτεταμένα και τα αποτελέσματα δεν είναι ξεκάθαρα, αυτό που όλα δείχνουν είναι ότι έως ένα βαθμό υπάρχει

επιβάρυνση και ίσως επιτάχυνση κάποιων φυσιολογικών σωματικών διαδικασιών που στα παιδιά είναι ταχύτητα αναπτυσσόμενες.

Ακτινοβολία τροφίμων

Η χρήση ιονίζουσας ακτινοβολίας για τη διατήρηση τροφίμων θανατώνοντας μικροοργανισμούς προτάθηκε στις αρχές του 19^{ου} αιώνα σε μια Βρετανική πατέντα που σημείωσαν ότι η αποστείρωση μπορεί να συμβεί με την παντελή απουσία ξένων χημικών.

Όταν ήρθε η “ατομική εποχή”, μετά τον πόλεμο, οι πηγές της ιονίζουσας ακτινοβολίας ήταν άφθονες για να κάνουν αυτή τη διαδικασία πρακτική και οικονομική. Στην ενδιάμεση εποχή του μεσοπολέμου, υπήρχε μεγάλος ενθουσιασμός για την ανάπτυξη πυρηνικής τεχνολογίας για ειρηνικούς σκοπούς και υπήρχε πολύ καλή αποδοχή της έννοιας της ακτινοβολήσης τροφών όπως το γάλα και τα λαχανικά.

Μέχρι το 1965 οι ΗΠΑ, ο Καναδάς και η ΕΣΣΔ είχαν εγκρίνει την πώληση συγκεκριμένων προϊόντων που επεξεργάζονταν με χαμηλές δόσεις ακτινοβολίας, αλλά οι κατασκευαστές δεν πήραν το πλεονέκτημα αυτής της κατάστασης.

Μέχρι αυτή την ώρα η ανησυχία της υγείας λόγω των επιπέδων του Στροντίου 90 σε γάλα είναι γνωστή, η κίνηση αντιπυρηνικών έχει αυξηθεί και η ραδιοφοβία έχει αναπτυχθεί.

Η αποδοχή ακτινοβολούμενων τροφών ήρθε με μεγάλη πτώση και έτσι σταμάτησε η ανάπτυξη αυτή λόγω των πιθανών βλαβών στην υγεία. Αυτές οι ανησυχίες διαχωρίζονται σε τρεις περιοχές:

- Οι τροφές θα γίνουν ραδιενεργές και αυτοί που θα τις καταναλώσουν ίσως αναπτύξουν ασθένειες από ακτινοβολία.
- Οι τροφές μπορούν να μεταλλαχθούν με κάποιο τρόπο και να αποδίδονται στους καταναλωτές τοξικές ακόμα και καρκινογόνες.
- Οι μικροοργανισμοί μπορούν να μεταλλαχθούν σε νέες και τρομακτικές παθογενείς μορφές.

Η πρώτη αντίρρηση εύκολα αντικρούεται. Οι τροφές δεν μπορούν να γίνουν ραδιενεργές με χαμηλές δόσεις ιονίζουσας ακτινοβολίας. Εκτεταμένες τοξικολογικές έρευνες, περιλαμβάνοντας δοκιμές καρκινογένεσης αρκετές δεκαετίες που κατευθύνθηκαν από την Επιτροπή Ραδιενεργών Τροφών των Ηνωμένων Εθνών οδήγησαν στην απόφαση ότι: η ακτινοβολήση κάθε τροφής έως

και τη συνολική δόση των 10kGy δεν παρουσιάζει καμία τοξικολογική απειλή. Έτσι, τοξικολογικός έλεγχος των τροφών δεν απαιτείται πλέον σε σχέση με αυτό το γεγονός.

Και έτσι και η δεύτερη αντίρρηση έχει απαντηθεί.

Η Τρίτη αντίρρηση προκύπτει από επιστημονικά δεδομένα ότι καθαρές διαλυμένες ποσότητες γλυκόζης έγιναν μεταλλαξιόγones για την *Salmonella typhimurium* μετά την ακτινοβόληση και τα πολυακόρεστα λίπη σε μια ατμόσφαιρα οξυγόνου δημιουργούν υπεροξειδία λιπιδίων. Καμία αλλαγή δεν παρατηρήθηκε σε υλικά τροφών. Δεν υπάρχει καμία ένδειξη της άμεσης επίδρασης μετάλλαξης σε μικροοργανισμούς από την ιονίζουσα ακτινοβολία κάτω από οποιοσδήποτε συνθήκες.

Όμως, η αντίσταση στην ακτινοβόληση ποικίλει αρκετά από βακτήριο σε βακτήριο με κάποια σπόρια να είναι πολύ ανθεκτικά.

Η ιονίζουσα ακτινοβολία είναι έτσι πιο χρήσιμη να προλαμβάνει την φθορά και να εξολοθρεύει παθολογικούς μικροοργανισμούς. Βέβαια η δημόσια αποδοχή των ακτινοβολούμενων τροφών παραμένει ένα πρόβλημα που ίσως επιλυθεί μελλοντικά εφόσον νέες τεχνικές ελέγχου και νέες τεχνολογίες αναπτύσσονται και η επιστημονική κοινότητα θα δώσει πιο σαφείς απαντήσεις.

Σε πολλές περιπτώσεις έχει αποδειχθεί ότι τροφές έχουν μολυνθεί από βακτηρίδια που απειλούν την ανθρώπινη υγεία και το κοινό πρέπει να είναι ενήμερο για αυτό μιας και έχει πολύ μεγάλο και πραγματικό κίνδυνο η δημόσια υγεία σε σχέση με τις τροφές που έχουν ακτινοβοληθεί.

Υπάρχουν πολλές αναφορές για την ασφάλεια των διαδικασιών ακτινοβόλησης τροφών και προϊόντων. Η ακτινοβολία γ έχει επιβεβαιωθεί σαν ασφαλής για την επεξεργασία κάστανων για την πρόληψη φθορών και την καταστροφή από έντομα κατά την αποθήκευση λαχανικών και φρούτων και αυτή η μέθοδος έχει εγκριθεί από την FDA (Αμερικάνικος Οργανισμός διαχείρισης τροφών και φαρμάκων που τις προτάσεις του ακολουθούν τα περισσότερα κράτη στον κόσμο) για χρήση σε σπανάκι και λάχανο έως και 4 kilograys (kGy).

Ακτινοβόληση παρασίτων εντόμων

Η αρχή για την ακτινοβόληση παρασίτων εντόμων για έλεγχο του πληθυσμού τους υπάρχει για αρκετό καιρό. Στις αρχές του 1950 οι Dr. Raymond Bushland και Dr. Edward Knippling έλαβαν το Παγκόσμιο Βραβείο Τροφών για επίδειξη μεθόδου στειρώσεως αρσενικών αλογόμυγων κάνοντας χρήση ακτινοβολίας γ. Και επειδή κατά το ζευγάρωμα με τις θηλυκές μύγες δεν θα μπορούσαν να αναπαραχθούν αυτό βοήθησε στην μείωση των αριθμών τους. Αυτές

οι μύγες αφήνουν τα αυγά τους στο δέρμα των προβάτων και των αγελάδων δημιουργώντας τους μεγάλο πόνο, δυστυχία και μείωση στο βάρος, στο γάλα και καταστρέφοντας τα δέρματά τους. Με αυτή την τεχνική εξαλείφθηκε το πρόβλημα και έτσι βοήθησε στην εξάλειψη πολλών βλαβερών εντόμων και παρασίτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Broughton, e., The Bhopal disaster and its aftermath. A review, Environ. Health Global Access Sci. Source, 4, 6, 2005.
2. <http://www.ehjournal.net>
3. Chen, Y., Organophosphate-induced brain damage: Mechanisms, neuropsychiatric and neurological consequences and potential therapeutic strategies, Neurotoxicology, 33, 391-400, 2012.
4. Edelstein, M.R., Contaminated Communities: the social and psychological impacts of residential toxic exposure, Westview Press, 1998.
5. www.atsdr.sdc.gov/tfacts22.html.
6. <http://threatsummary.forestthreats.org>
7. <http://www.epa.gov>
8. www.conferenceboard.ca
9. Walker, C.H. et al, Principles of Ecotoxicology, Taylor & Francis Ltd, London, UK, 1996.
10. Service, R.F., Rising acidity brings an ocean of trouble, Science, 337, 146-148, 2012.
11. Rathmore, H.R., Pesticides: evaluation of environmental pollution, Taylor & Francis Group, FL, 2012.
12. Austin, A.A. et al, Reproductive outcomes among former Love canal residents, Environ. Res., 111, 693-701, 2011.
13. Paneth, N., Human reproduction after eating PCB-contaminated fish, Health Environ. Digest, 5,4-6, 1991.
14. Malins, D.C. and Ostrander, G.K., Perspectives in aquatic toxicology, Ann. Rev. Pharmacol. Toxicol., 31, 371-399, 1991.
15. www.who.int
16. Angle, C.R., Childhood lead poisoning and its treatment, Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol., 32, 409-434, 1993.
17. Boffetta P., et al, Carcinogenicity of mercury and mercury compounds, Scand. J. Work Environ. Health, 19, 1-7, 1993.

18. D'souza et al, Diagnosis, evaluation and treatment of lead poisoning in general population, *Indian J. Clin. Biochem.*, 26, 197-202, 2011.
19. Klassen, C.D., Casarett and Doull's Essentials of Toxicology, McGraw Hill, 2010.
20. Santini, J.M., et al, The metabolism of Arsenic, Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL, 2012.
21. Zuber, S.L. et al., Mercury Pollution : A transdisciplinary treatment, Taylor & Francis Group, Boca Ration, FL, 2012.
22. [www.thestar.com/news/world/ article/japan-nuclear-disaster](http://www.thestar.com/news/world/article/japan-nuclear-disaster)
23. http://frankwarner.typepad.com/free_frank_warner
24. Wertheimer N., et al, Magnetic field exposure related to cancer subtypes, *Env. Sciencew*, Vol. 502, pp.43-54, 1987.
25. Stone, r., Polarised debate: EMFs and cancer, *Science*, 258, 1724-1725, 1992b.
26. Morgan, L.L., et al, Mobile phone use and brain tumors in children and adolescents., *J. Natl. Cancer Inst.*, 104, 635-637, 2012.
27. Duple, E.B. et al, Long-term radiation related health effects in a unique human population, *Disasted Med. Public Health*, 2011.
28. Bowie, C., radon and health, *lancet*, 1, 408-413, 1991.
29. www.cancer.gov
30. www.broadinstitute.org
31. www.ndsu.edu
32. Angeler G. D. , 2006, Resurrection ecology and global climate change research in freshwater ecosystems, *Journal of the North American Benthological Society*, vol. 26, Is. 1, p. 12-22
33. Aydinalp C, and Cresser S. M. , 2008, The effects of Global Climate Change on Agriculture, *Am-Euras. J. Agric. & Environ. Sci.* , Vol. 3, Is, 5, p. 672-676
34. Iglesias A. , Garrote L. , Quiroga S. , Moneo M. , 2009, Impacts of Climate Change in Agriculture in Europe. PESETA – Agricultural Study, *JRC Scientific and Technical reports*, p. 1-49
35. International Institute for Sustainable Development and University of Toronto, 1997, Agriculture and climate change, “*A Prairie Perspective*”

36. Medelsohn R. , 2000, Climate Change Impacts on African Agriculture, Yale University, p. 1-25
37. Nelson C G. , Rosegrant W. M. , Koo J. , Robertson R. , Sulser T. , Zhu T. , Ringer C., Msange S. , Palazzo A. , Batka M. , Magalhaes M. , Valmonte – Santos R. , Ewing M. , Lee D. , 2009, Climate change: Impact on Agriculture and cost of Adaptation, IFPRI, p. 1-30
38. Theurillat P. J. And Guisan A. , 2001, Potential impacts of climate change on vegetation in the European ALPS: A review, *Climate Change*, vol. 50, p. 77-109
39. Επίσημη εφημερίδα της ευρωπαϊκής ένωσης, «Ε. Ε. – Γεωργία και αλλαγή του κλίματος, C81 E/33, 15-03-2011
40. Ευρωπαϊκή Επιτροπή: Γενική Διεύθυνση Γεωργίας και Αγροτικής Αναπτυξης, 2008, –, http://ec.europa.eu/agriculture/index_el.htm
41. Μελάς Δ. , Αλεξανδροπούλου Α. , Αμοιρίδης Β. , Κακαρίδου Μ. , Σουλακέλλης Ν., 2000, Ατμοσφαιρική ρύπανση, Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, σελ. 1-53
42. <http://faculty.plattsburgh.edu>
43. <http://web.worldbank.org>
44. <http://ec.europa.eu>
45. <http://hiliomatis.wordpress.com>
46. <http://pubs.acs.org>
47. <http://www.perivallontiki.com.cy>
48. <http://greenliving.nationalgeographic.com>
49. www.greenpeace.org
50. www.equalearth.org
51. www.stuffintheair.com
52. www.aip.org
53. www.naturegrid.org.uk
54. www.ecifm.rdg.ac.uk
55. www.physicalgeography.net
56. www.agronomist.gr
57. www.pollutionissues.com

