



Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Τμήμα Πολιτισμικής Τεχνολογίας και Επικοινωνίας
Εργαστήριο Διαχείρισης της Πολιτισμικής Κληρονομιάς

Πτυχιακή εργασία με θέμα:

Επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην πολιτιστική κληρονομιά

Υποβλήθηκε από:

Παζαροπούλου Ειρήνη

Επιβλέπων καθηγητής:

Γεράσιμος Παυλογεωργάτος
Μόν. Επίκουρος Καθηγητής Παν. Αιγαίου

Μυτιλήνη
Οκτώβριος 2015

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον κ. Παυλογεωργάτο Γεράσιμο, Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Πολιτισμικής Τεχνολογίας και Επικοινωνίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου, για τη στήριξη που μου παρείχε με την επιστημονική του κατάρτιση και για την ανάθεση ενός τόσο ενδιαφέροντος θέματος. Η άψογη συνεργασία και η βοήθεια που μου προσέφερε συνέβαλαν στην υλοποίηση της συγκεκριμένης Πτυχιακής Εργασίας.

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ

ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑ

Παζαροπούλου Ειρήνη

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή	6
1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ	8
1.1 Η Γήινη ατμόσφαιρα	8
1.2 Ατμοσφαιρική Ρύπανση	10
1.3 Πηγές Ρύπων Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης	12
1.3.1 Φυσικές Πηγές	13
1.3.2 Ανθρωπογενείς Πηγές	14
1.4 Ατμοσφαιρικοί Ρύποι	19
1.4.1 Το διοξείδιο του θείου (SO ₂)	19
1.4.2 Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	20
1.4.3 Τα οξείδια του αζώτου (NO _x)	21
1.4.4 Υδρογονάνθρακες	22
1.4.5 Το Όζον (O ₃)	23
1.4.6 Αιωρούμενα Σωματίδια (Α.Σ.)	25
1.4.7 Μόλυβδος (Pb)	27
1.5 Τα όρια των ρύπων και η λογική τους	29
1.6 Νομοθεσία σχετικά με την ποιότητα ατμόσφαιρας	30
1.6.1 Αντιμετώπιση επεισοδίων Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης	31
1.7 Επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου	36
2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑ	44
2.1 Πολιτιστικά αγαθά	44
2.2 Πολιτιστική Κληρονομιά	46

2.3	Μνημεία	47
2.4	Διατήρηση, Συντήρηση, Προστασία, Διάσωση, Ανακατασκευή, Αναπαλαίωση, Αναστήλωση, Αποκατάσταση, Στερέωση	48
3ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ		
ΣΤΗΝ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑ		53
3.1	Επιπτώσεις Ατμ/ρικής Ρύπανσης στο δομημένο περιβάλλον	53
3.2	Επιπτώσεις Ατμ/ρικής Ρύπανσης στην πολιτιστική κληρ/μια	53
3.3	Υλικά της πολιτιστικής κληρονομιάς	54
3.4	Επιπτώσεις της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης στα υλικά της πολιτιστικής κληρονομιάς	55
3.4.1	Μέταλλα	56
3.4.2	Δομικά υλικά (Πετρώματα και Μάρμαρο)	61
3.4.3	Χαρτί	66
3.4.4	Ξύλο	69
3.4.5	Υφάσματα	71
3.4.6	Γυαλί	73
4ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ		
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		78

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότερο γίνεται λόγος για την ατμοσφαιρική ρύπανση. Οι αναπτυγμένες χώρες χαρακτηρίζονται από μεγάλη παραγωγή και κατανάλωση αγαθών, με συνέπεια η ατμοσφαιρική ρύπανση να έχει αυξηθεί τις τελευταίες δεκαετίες σε παγκόσμιο επίπεδο και να αποτελεί πλέον μια δύσκολα ελεγχόμενη απειλή.

Οι συγκεντρώσεις των ρύπων στην ατμόσφαιρα δημιουργούν μεγάλα προβλήματα. Έχουν σημαντικές επιπτώσεις τόσο στην ποιότητα όσο και στη διάρκεια της ανθρώπινης ζωής όσο και στο σύνολο των υπολοίπων έμβιων οργανισμών και των φυσικών οικοσυστημάτων του πλανήτη (Παυλογεωργάτος, 2003).

Η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει σοβαρές επιπτώσεις και στην υλική πολιτιστική κληρονομιά. Συντελεί στην καταστροφή των υλικών της με διάφορους τρόπους όπως με διάβρωση λόγω τριβής, με επικαθίσεις στα υλικά (αιωρούμενα σωματίδια κ.ά), με διάβρωση-οξειδωση από όξινες ουσίες και άλλα οξειδωτικά, μειώνοντας το αισθητικό κάλλος των μνημείων και των πολιτιστικών αγαθών και φτάνοντας μακροπρόθεσμα ως την καταστροφή τους.

Τα υπαίθρια μνημεία απειλούνται εντονότερα από τις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Οι διάφορες ρυπογόνες ουσίες, στην ατμόσφαιρα, μέσω της ξηρής εναπόθεσής τους και σε συνεργασία με την υγρασία του περιβάλλοντος προσβάλλουν τα δομικά υλικά των μνημείων ενώ και η φυσική βροχή με τη συνέργεια των ατμοσφαιρικών ρύπων μετατρέπεται σε όξινη επιδεινώνοντας την κατάσταση. Διάφοροι ατμοσφαιρικοί ρύποι προσβάλλουν ακόμα και τις συλλογές των σημαντικών πολιτιστικών αγαθών που φυλάσσονται στα μουσεία προκαλώντας την αύξηση της ταχύτητας της «φυσικής» φθοράς τους (Παυλογεωργάτος, 2003).

Η παρούσα εργασία, η οποία αποτελείται από 3 κεφάλαια, καταγράφει τις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην πολιτιστική κληρονομιά, προσπαθώντας να αναδείξει και να περιγράψει τις επιδράσεις των ρυπαντών στα υλικά που την αποτελούν.

Το **1^ο Κεφάλαιο** αναφέρεται στην Ατμοσφαιρική Ρύπανση, στις Πηγές και στους Ατμοσφαιρικούς Ρύπους καθώς και στα όριά τους, στη σχετική Νομοθεσία και στις επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου.

Το **2^ο Κεφάλαιο** επικεντρώνεται σε βασικές έννοιες και όρους της πολιτιστικής κληρονομιάς όπως πολιτιστικά αγαθά, μνημεία, διατήρηση, συντήρηση, προστασία, διάσωση, κ.ά.

Το **3^ο Κεφάλαιο** αναδεικνύει τις επιπτώσεις της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης στο δομημένο περιβάλλον, στην πολιτιστική κληρονομιά και στα υλικά που την αποτελούν, όπως μέταλλα, δομικά υλικά, χαρτί, ξύλο, κ.ά.

Το **4^ο Κεφάλαιο** καταγράφει τα σημαντικότερα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εκπόνηση της συγκεκριμένης Πτυχιακής Εργασίας.

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

1.1 Η Γήινη ατμόσφαιρα

Η ατμόσφαιρα της Γης είναι ένα λεπτό αεριώδες περίβλημα το οποίο αποτελείται κυρίως από μοριακό άζωτο και οξυγόνο. Η αρχική σύσταση της ατμόσφαιρας διέφερε πολύ από τη σημερινή και πιθανότατα θα ήταν τοξική για τα περισσότερα σημερινά έμβια όντα. Μέσα από μια πολύπλοκη εξελικτική πορεία διαμορφώθηκε πριν περίπου 0,5 δισεκατομμύρια χρόνια μια ατμόσφαιρα με την σημερινή περίπου σύσταση (Μελάς κ.ά. , 2000). Είναι αόρατη, άοσμη και παρουσιάζει ένα πλήθος ιδιοτήτων που αποτελούν τις συνθήκες του άμεσου περιβάλλοντος επιβίωσης των ζωικών και φυτικών οργανισμών του πλανήτη μας. Αποτελείται από ένα μείγμα αερίων (79% άζωτο, 20% οξυγόνο και 1% άλλα ευγενή αέρια) γνωστό ως ατμοσφαιρικός αέρας, τα οποία συγκρατούνται κοντά στην επιφάνεια της Γης λόγω της δύναμης της βαρύτητας (Λαζαρίδης, 2010).

Στην ατμόσφαιρα της Γης οφείλεται η ύπαρξη ζωής, εφόσον σε αυτήν συντελούνται η απορρόφηση μεγάλου τμήματος της υπεριώδους ακτινοβολίας και η μείωση της διαφοράς των ακραίων θερμοκρασιών που θα υπήρχαν μεταξύ ημέρας και νύχτας χωρίς αυτήν.

Η σύσταση της ατμόσφαιρας δεν είναι σταθερή, αλλά εξαρτάται από την καθ' ύψος μεταβολή της θερμοκρασίας και της πυκνότητας (Βούλγαρη, Ορφανίδου, 2012). Η ατμόσφαιρα της Γης εκτός από μείγμα αερίων αποτελείται, στα κατώτερα κυρίως στρώματα και από:

- Νερό και στις τρεις φάσεις του, αέρια, υγρή και στερεή.
- Στερεά ή υγρά σωματίδια, τα «αερολύματα» ή «ατμοσφαιρικά αιωρήματα» (Λαζαρίδης, 2010).

Η σύσταση της ατμόσφαιρας δεν είναι σταθερή αλλά εξαρτάται από την καθ' ύψος μεταβολή της θερμοκρασίας και της πυκνότητας με αποτέλεσμα η Γη να περιβάλλεται από τα ακόλουθα ατμοσφαιρικά στρώματα (Λαζαρίδης, 2010 & Μελάς κ.ά. , 2000).

Τροπόσφαιρα: Η τροπόσφαιρα είναι το κατώτερο στρώμα της ατμόσφαιρας όπου κατά κανόνα παρατηρείται συνεχής πτώση της θερμοκρασίας με το ύψος. Εκτείνεται από το έδαφος μέχρι το ύψος των 12 ± 4 km ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος και την εποχή του έτους. Στην τροπόσφαιρα βρίσκεται το 80% περίπου της συνολικής μάζας της ατμόσφαιρας και σχεδόν ολόκληρη η ποσότητα των υδρατμών. Αποτελεί το σημαντικότερο τμήμα της γήινης ατμόσφαιρας αφού μέσα σ' αυτήν δημιουργούνται όλες σχεδόν οι ατμοσφαιρικές διαταράξεις και οι αλλαγές του καιρού. Επίσης εδώ λαμβάνει χώρα σε συντριπτικό ποσοστό η εκπομπή των ρύπων.

Στρατόσφαιρα: Η στρατόσφαιρα είναι το ατμοσφαιρικό στρώμα που βρίσκεται πάνω από την τροπόσφαιρα. Εκτείνεται μέχρι το ύψος των 50-55 km περίπου. Η στρατόσφαιρα σε σύγκριση με την τροπόσφαιρα θεωρείται πολύ πιο ευσταθής, επειδή η θερμοκρασία -κατά κανόνα- αυξάνει με το ύψος μέσα στην περιοχή αυτή. Αυτό δε σημαίνει ότι η στρατοσφαιρική περιοχή είναι ήρεμη. Αντίθετα, το χειμώνα και την άνοιξη σε πολλές περιπτώσεις εκδηλώνονται πολύ βίαιες θερμοκρασιακές μεταβολές, κυρίως στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη. Συνήθως το τμήμα της στρατόσφαιρας μέχρι το ύψος των 35 km ονομάζεται «κατώτερη στρατόσφαιρα» ενώ το υπόλοιπο τμήμα της αναφέρεται ως «ανώτερη στρατόσφαιρα». Είναι επίσης η περιοχή όπου βρίσκεται το στρώμα του όζοντος.

Μεσόσφαιρα: Η μεσόσφαιρα είναι το ατμοσφαιρικό στρώμα που ακολουθεί τη στρατόσφαιρα και εκτείνεται μέχρι το ύψος των 80 - 85 km περίπου. Κύριο χαρακτηριστικό της μεσόσφαιρας είναι η απότομη πτώση της θερμοκρασίας με το ύψος, φθάνοντας στην τιμή των -90° C ή και λιγότερο στο ανώτερο τμήμα της. Η ελάττωση αυτή της θερμοκρασίας οφείλεται βασικά στην απουσία του όζοντος.

Θερμόσφαιρα: Η θερμόσφαιρα είναι το ατμοσφαιρικό στρώμα που ακολουθεί τη μεσόσφαιρα και εκτείνεται μέχρι το ύψος των 400 km περίπου. Εκτός από την ισόθερμη βάση της, η θερμοκρασία αυξάνει μονότονα με το ύψος και φθάνει στους 700° C, ή και περισσότερο, εξαρτώμενη από την

ηλιακή δραστηριότητα. Οι μεγάλες τιμές της θερμοκρασίας επιβεβαιώνουν την έλλειψη διεργασιών ψύξης της θερμοκρασίας. Η μόνη σημαντική διεργασία ψύξης πραγματοποιείται με αγωγή της θερμότητας προς τα κάτω. Το όριο στο οποίο παύει η μονότονη αύξηση της θερμοκρασίας της θερμόσφαιρας ονομάζεται θερμόπαυση.

Εξώσφαιρα: Αμέσως μετά τη θερμόπαυση η ατμόσφαιρα γίνεται πλέον ισόθερμη και το ανώτερο αυτό στρώμα της ονομάζεται εξώσφαιρα. Η βάση της εξώσφαιρας κυμαίνεται από 400 - 500 km και αυτό εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ηλιακή δραστηριότητα. Η μέση ελεύθερη διαδρομή των μορίων (η απόσταση που διανύει ελεύθερα ένα μόριο αέρα μέχρι την επόμενη σύγκρουσή του με ένα άλλο μόριο αέρα) στην εξώσφαιρα είναι πολύ μεγάλη (κατά μέσο όρο 1,6 km). Προκύπτει λοιπόν ότι σε αυτά τα μεγάλα ύψη με την αρκετά μεγάλη θερμική αγωγιμότητα, τα ουδέτερα άτομα των αερίων μπορούν να διαφύγουν την έλξη του πεδίου βαρύτητας της Γης.

1.2 Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει οριστεί με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Κατά μια έννοια είναι η προσθήκη κάθε υλικού (μοριακής ή σωματιδιακής φύσης) στην ατμόσφαιρα που μας περιβάλλει, η οποία θα έχει σαν αποτέλεσμα τη δηλητηρίαση της ζωής (βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα) πάνω στον πλανήτη. Το υλικό μπορεί να είναι ένα τοξικό αέριο με κάποια μακροχρόνια αποτελέσματα σε ένα οργανισμό που δεν είναι κατ' ανάγκη άμεσα αντιληπτά. Μπορεί ακόμη να είναι ένα μη ορατό ραδιενεργό, το οποίο έχει καταστρεπτικά αποτελέσματα στην εξέλιξη της ζωής. Ρύποι επίσης θεωρούνται οτιδήποτε υλικά είναι δυνατόν να εισέλθουν στην ατμόσφαιρα, είτε εσκεμμένα είτε διαμέσου κάποιας φυσικής διαδικασίας, και να έχουν έστω και έμμεσα αποτελέσματα, όπως για παράδειγμα, μείωση του οξυγόνου της ατμόσφαιρας ή κάποια άλλη αλλαγή της σύστασης του αέρα (Βούλγαρη, Ορφανίδου, 2012).

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας ως ατμοσφαιρική ρύπανση ορίζεται η παρουσία στην ατμόσφαιρα ουσιών, θορύβου,

ακτινοβολιών ή άλλων μορφών ενέργειας σε τέτοια ποσότητα ή συγκέντρωση και για χρονικό διάστημα ικανό να προκαλέσει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στο γήινο οικοσύστημα (στα έμβια και άβια στοιχεία του) και γενικά να καταστήσει το περιβάλλον ακατάλληλο για τις ανθρώπινες χρήσεις (Σκορδούλης, Σωτηράκου, 2005). Ο παραπάνω ορισμός έχει υιοθετηθεί και στο Νόμο 1650 της 15/16-10-1986. Για την προστασία του περιβάλλοντος (Φ.Ε.Κ. 160/Α'/16-10-1986).

Για να εκφράσουμε τα επίπεδα ρύπανσης χρησιμοποιούμε συνήθως δύο μονάδες συγκέντρωσης, είτε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ είτε μέρη ανά εκατομμύριο όγκου ή απλά μέρη ανά εκατομμύριο (πολλές φορές δανειζόμαστε από την αγγλική βιβλιογραφία την σύντμηση $\text{ppmv} = \text{Parts Per Million by Volume}$ ή απλά ppm). Συγκέντρωση 1 μέρος ανά εκατομμύριο όγκου σημαίνει ότι αντιστοιχεί μία μονάδα όγκου του ρύπου σε κάθε 10^6 μονάδες όγκου αέρα. Παρ' όλο που συγκέντρωση ίση με 1 ppm ακούγεται μικρή, για πολλούς αέριους ρύπους υπερβαίνει κατά πολύ τις συνηθισμένες τιμές που συναντώνται στην ατμόσφαιρα. Γι' αυτό τον λόγο σε πολλές περιπτώσεις οι συγκεντρώσεις ενός ρύπου μετρώνται σε μέρη ανά δισεκατομμύριο όγκου (ή ppb). Οι συγκεντρώσεις των σωματιδιακών ρύπων, αλλά και των αερίων ρύπων μετρώνται σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Όταν επικρατούν υψηλά επίπεδα ρύπανσης έχει επικρατήσει στην καθομιλουμένη να λέγεται ότι έχουμε «Νέφος». Αντίστοιχα στην Αγγλική γλώσσα μιλάμε για SMOG (αιθαλομίχλη). Η λέξη είναι συνθετή και προέρχεται από τις λέξεις SMOke (αιθάλη) και foG (ομίχλη). Η βιομηχανική αιθαλομίχλη προκαλείται σχεδόν αποκλειστικά από την κατανάλωση καυσίμων υλών, ειδικά κάρβουνου, σε στάσιμες πηγές όπως είναι οι σταθμοί παραγωγής ενέργειας και τα χυτήρια. Τα βασικά συστατικά της βιομηχανικής αιθαλομίχλης είναι τα οξείδια του θείου και τα αιωρούμενα σωματίδια. Συνδυάζεται συνήθως με υψηλή σχετική υγρασία και συχνά ονομάζεται και Νέφος Αιθαλομίχλης. Αντίθετα, η ατμοσφαιρική ρύπανση σε πολλές πόλεις προκαλείται από εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα, οξειδίων του αζώτου και υδρογονανθράκων τα οποία με την παρουσία του ηλιακού φωτός

αντιδρούν μεταξύ τους σχηματίζοντας την φωτοχημική αιθαλομίχλη. Αν και υπάρχει συμβολή από στάσιμες πηγές, η φωτοχημική αιθαλομίχλη συνδέεται κυρίως με εκπομπές από τροχοφόρα. Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ένα παγκόσμιο πρόβλημα και για την μείωση των εκπομπών έχουν υπογραφεί διάφορες διεθνείς συνθήκες (π.χ. Γενεύη 1979, Βιέννη 1985, Νέα Υόρκη 1992 κ.τ.λ.). Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να επιτευχθεί κάποια πρόοδος και να βελτιωθούν ορισμένες παράμετροι του προβλήματος. (Μελάς κ.ά. , 2000).



Η ατμοσφαιρική ρύπανση στην Ακρόπολη

(<http://greek-weather.org/viewtopic.php?f=112&t=291&p=298>)

1.3 Πηγές Ρύπων Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Αντίθετα με την κοινή αντίληψη, το μεγαλύτερο ποσοστό των παραγόμενων αέριων ρύπων προέρχεται από καθαρά φυσικές πηγές. Με τον όρο φυσικές πηγές αναφερόμαστε στις πηγές εκπομπών αέριων ρύπων που δεν οφείλονται στην ανθρώπινη δραστηριότητα. Παρ' όλα αυτά οι ανθρωπογενείς εκπομπές είναι κυρίως υπεύθυνες για τα μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα που εμφανίστηκαν. Αυτό οφείλεται βεβαίως στην ανατροπή της φυσικής ισορροπίας αλλά επίσης και στην μεγάλη πυκνότητα των εκπομπών από ανθρωπογενείς εκπομπές οι οποίες συγκεντρώνονται σε μικρές γεωγραφικές περιοχές (κυρίως αστικές περιοχές

και βιομηχανικές ζώνες). Αντίθετα, η καλή διασπορά των φυσικών πηγών ανά την υφήλιο προσφέρει τη δυνατότητα καλύτερης ανάμιξης των ρύπων με τον καθαρό αέρα. Κατά συνέπεια, με κάποιες μικρές εξαιρέσεις, οι εκπομπές αερίων ρύπων από φυσικές πηγές από μόνες τους δεν οδηγούν σε υψηλές συγκεντρώσεις (Μελάς κ.ά. , 2000).

1.3.1 Φυσικές Πηγές

Η χλωρίδα της γης αποτελεί την μεγαλύτερη φυσική πηγή εκπομπής αερίων ρύπων. Τα δέντρα και τα φυτά, παρά την συμβολή τους στην μετατροπή, μέσω της φωτοσύνθεσης, του διοξειδίου του άνθρακος της ατμόσφαιρας σε οξυγόνο, αποτελούν τα ίδια τη μεγαλύτερη πηγή υδρογονανθράκων του πλανήτη.

Οι ωκεανοί αποτελούν τη δεύτερη σημαντικότερη πηγή «φυσικών» ρύπων. Η δράση των βενθικών και φυτοπλαγκτονικών οργανισμών οδηγεί στην παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων θειούχων ενώσεων. Επιπλέον, η μηχανική δράση των κυμάτων προκαλεί τη διάβρωση των πετρωμάτων και την παραγωγή σωματιδίων με μέγεθος ικανό ώστε να είναι δυνατή η αιώρησή τους στην ατμόσφαιρα. Τέλος, ο άνεμος συμπαρασύρει υδροσταγονίδια που περιέχουν άλατα αποτελώντας, έτσι, συνεχή πηγή ατμοσφαιρικών αιωρημάτων (αεροζόλ).

Ατμοσφαιρικά αιωρήματα δημιουργούνται ωστόσο και από την επίδραση του ανέμου στο έδαφος και τα στοιχεία που βρίσκονται στην επιφάνειά του. Σε κάποιες περιπτώσεις, τα αιωρούμενα σωματίδια είναι δυνατό να φτάσουν ή και να ξεπεράσουν τα θεσπισμένα όρια προστασίας. Αποτέλεσμα των υψηλών συγκεντρώσεων αποτελεί η μείωση της ορατότητας της ατμόσφαιρας.

Μια άλλη σημαντική πηγή φυσικών ρύπων αποτελεί και η καύση της βιομάζας. Με τον όρο αυτό αναφερόμαστε στις εκτεταμένες πυρκαγιές που λαμβάνουν χώρα σε δάση και λιβαδικές εκτάσεις και που δεν οφείλονται στις ανθρώπινες δραστηριότητες. Τέτοιες πυρκαγιές συναντάμε συχνά κατά τις θερινές περιόδους του έτους, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που

σημειώνονται, είτε μετά από ισχυρές καταιγίδες, λόγω των κεραυνών. Τέλος, μιλώντας για φυσικές πηγές, δε θα μπορούσαμε να παραλείψουμε τα ηφαιστεια. Η έκρηξη ενός ηφαιστείου παράγει μεγάλες ποσότητες αιωρούμενων σωματιδίων αλλά και αερίων όπως διοξείδιο του θείου, μεθάνιο και υδρόθειο. Τα σύννεφα που σχηματίζονται από τα σωματίδια και τα αέρια εκτοξεύονται σε μεγάλο ύψος και μπορεί να παραμείνουν στην ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονιά διαστήματα. Οι εκπομπές σωματιδίων από την π.χ. έκρηξη του Pinatubo είχε σαν αποτέλεσμα να καταγραφεί ελαφρά μείωση στη θερμοκρασία του πλανήτη (Μελάς κ.ά. , 2000).

1.3.2 Ανθρωπογενείς Πηγές

Τρεις είναι οι κυριότερες κατηγορίες ανθρωπογενών πηγών ρύπανσης: η βιομηχανική δραστηριότητα (συμπεριλαμβανομένου και του τομέα παραγωγής ενέργειας), οι μεταφορές και οι κεντρικές θερμάνσεις. Ως ανθρωπογενής πηγή μπορούμε να θεωρήσουμε και την προσωπική συνεισφορά του καθενός μας (αυτοκίνητα, οικιακές συσκευές, κάψιμο σκουπιδιών κ.ά.) (Μελάς κ.ά. , 2000 & Γεντεκάκης, 1999).

Βιομηχανία

Η βιομηχανία αποτελεί τη μεγαλύτερη πηγή αερίων ρύπων καθώς το μεγαλύτερο μέρος της αποτελείται από σταθμούς παραγωγής ενέργειας. Οι μεγάλες ποσότητες ορυκτών καυσίμων που χρησιμοποιούνται οδηγούν στην παραγωγή εξίσου μεγάλων ποσοτήτων διοξειδίου του θείου και οξειδίων του αζώτου. Επίσης, είναι η κυριότερη πηγή βαρέων μετάλλων σε ποσοστό που πλησιάζει το 100%.

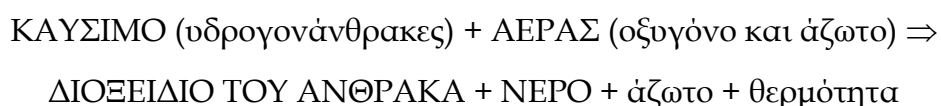
Στην Ελλάδα είναι χαρακτηριστική η υπερσυγκέντρωση των βιομηχανικών δραστηριοτήτων στην περιοχή των μεγάλων αστικών κέντρων της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης. Ωστόσο, ειδικά για την Αθήνα, η συμμετοχή της στο πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην πόλη είναι μικρής κλίμακας. Η χωροθέτησή της σε σχέση με το αστικό συγκρότημα σε

συνδυασμό με τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες δεν επιτρέπουν τη συχνή μεταφορά ρύπων προς το κέντρο της πόλης.

Μεταφορές

Μέσα στην πληθώρα των ρυπογόνων δραστηριοτήτων μιας σύγχρονης πόλης, η χρήση του αυτοκινήτου στις μεταφορές αποτελεί την σημαντικότερη συνεισφορά στην ρύπανση της περιοχής. Παρά την μικρή, σχετικά, συνεισφορά κάθε μεμονωμένου αυτοκινήτου, η ρύπανση από τον μεγάλο αριθμό τους προστίθεται για να αποτελέσει την μεγαλύτερη απειλή για την ποιότητα του αέρα στις μεγαλουπόλεις.

Η ισχύς που είναι απαραίτητη για την κίνηση κάθε αυτοκινήτου προέρχεται από την καύση του καυσίμου σε μια μηχανή εσωτερικής καύσης. Η ρύπανση προέρχεται τόσο από τα προϊόντα της καύσης (τυπικά από την εξάτμιση του αυτοκινήτου) όσο και από την εξάτμιση του καυσίμου. Η βενζίνη και το ντίζελ είναι μίγματα υδρογονανθράκων, ενώσεις που περιέχουν άτομα υδρογόνου και άνθρακα. Κατά την διάρκεια της καύσης σε μια τέλεια μηχανή, το οξυγόνο του αέρα θα μετέτρεπε το υδρογόνο σε νερό και τον άνθρακα σε διοξείδιο του άνθρακα. Το άζωτο του αέρα δεν θα επηρεαζόταν. Σχηματικά αυτό θα μπορούσαμε να το παρουσιάσουμε ως εξής:



Σε πραγματικές συνθήκες όμως τα πράγματα είναι διαφορετικά. Η καύση στη μηχανή του αυτοκινήτου δεν είναι τέλεια με αποτέλεσμα να εκπέμπονται ρύποι από την εξάτμιση του αυτοκινήτου (κυρίως υδρογονάνθρακες και μονοξείδιο του άνθρακα). Επιπρόσθετα, λόγω των υψηλών πιέσεων και θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στην μηχανή το οξυγόνο και το άζωτο του αέρα αντιδρούν σχηματίζοντας οξειδία του αζώτου.

Σε μια τυπική περίπτωση έχουμε:

ΚΑΥΣΙΜΟ (υδρογονάνθρακες) + ΑΕΡΑΣ (οξυγόνο και άζωτο) \Rightarrow
ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ + νερό + ΑΚΑΥΣΤΟΙ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ
+ ΟΞΕΙΔΙΑ ΑΖΩΤΟΥ + ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ + θερμότητα

Πρέπει εδώ να τονιστεί ότι η καύση στις μηχανές Diesel είναι πιο πλήρης απ' ό τι στους βενζινοκινητήρες οπότε και οι εκπομπές υδρογονανθράκων και μονοξειδίου του άνθρακα είναι μικρότερες. Αντίθετα οι κινητήρες Diesel έχουν μεγαλύτερη συνεισφορά στην εκπομπή των σωματιδίων και στις οσμές.

Εκτός των προϊόντων της καύσης, σημαντικές εκπομπές ρύπων προέρχονται και από την εξάτμιση των υδρογονανθράκων. Λαμβάνοντας μάλιστα υπόψη την πρόοδο που έχει γίνει στην μείωση των εκπομπών από την εξάτμιση του αυτοκινήτου, οι απώλειες υδρογονανθράκων λόγω εξάτμισης είναι υπεύθυνες για την πλειονότητα των εκπομπών αυτών των ρύπων στην ατμόσφαιρα, ιδιαίτερα κατά την διάρκεια ζεστών ημερών. Η εξάτμιση του καυσίμου γίνεται με πολλούς τρόπους:

- **Ημερήσια:** Σχετίζεται με την ημερήσια μεταβολή της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και προκαλείται με την συστολή - διαστολή των ατμών του καυσίμου στο ρεζερβουάρ.

- **Κίνησης:** Κατά την διάρκεια της λειτουργίας του, τόσο ο κινητήρας όσο και η εξάτμιση θερμαίνονται με αποτέλεσμα να εξατμίζεται το καύσιμο.

- **Ακινητοποίησης:** Μετά την ακινητοποίηση του αυτοκινήτου και ενώ τα διάφορα μέρη παραμένουν θερμά, υπάρχει εξάτμιση καυσίμου από το ρεζερβουάρ και το καρμπυρατέρ.

- **Ανεφοδιασμού:** Οι ατμοί που υπάρχουν πάντοτε στο ρεζερβουάρ οδηγούνται έξω όταν το αυτοκίνητο ανεφοδιάζεται με βενζίνη.

Οι υδρογονάνθρακες και τα οξείδια του αζώτου που εκπέμπονται από τα αυτοκίνητα, με την παρουσία της ηλιακής ακτινοβολίας, σχηματίζουν το όζον, ίσως το πιο επικίνδυνο συστατικό του φωτοχημικού νέφους των πόλεων. Συμπληρωματικά, το διοξείδιο του άνθρακα, αν και ακίνδυνο για την υγεία

είναι το σημαντικότερο θερμοκηπικό αέριο με μεγάλη συνεισφορά στην παγκόσμια μεταβολή του κλίματος.

Θέρμανση

Η συνεισφορά της θέρμανσης στα προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης έχει καθαρά εποχικό χαρακτήρα και έγκειται στην παραγωγή καπνού, διοξειδίου του θείου και, σε μικρότερο ποσοστό, οξειδίων του αζώτου. Αν και οι ρύποι, που παράγονται σε ετήσια βάση από τις κεντρικές θερμάνσεις, αποτελούν ένα μικρό ποσοστό σε σχέση με την παραγωγή των ίδιων ρύπων από τις άλλες δύο πηγές, το διοξείδιο του θείου αποτελεί, στις αστικές περιοχές ρύπο-δείκτη για τη λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης. Ακόμη σημαντικό στοιχείο είναι οι πολύ χαμηλές καμινάδες που χρησιμοποιούνται οι οποίες αδυνατούν να διασπείρουν τους ρύπους στην ευρύτερη περιοχή με αποτέλεσμα να δημιουργούνται σε πολλές περιπτώσεις αυξημένα τοπικά προβλήματα. Το πρόβλημα πάντως δείχνει μια σταθερή πορεία βελτίωσης λόγω της χρήσης καυσίμων καλύτερης ποιότητας (κυρίως χαμηλότερης περιεκτικότητας σε θείο) αλλά και της επέκτασης της τηλεθέρμανσης (η οποία στην χώρα μας λειτουργεί ακόμα πιλοτικά).

Οι αιχμές, στις τιμές των ρύπων, παρουσιάζονται τις πρώτες πρωινές και τις πρώτες βραδινές ώρες. Αν κατά τις ώρες της μέγιστης παραγωγής επικρατούν δυσμενείς μετεωρολογικές συνθήκες (π.χ. άπνοια και θερμοκρασιακή αναστροφή), τότε προκαλείται συσσώρευση του εκπεμπόμενου διοξειδίου του θείου και οδηγούμαστε στο σχηματισμό καπνομίχλης.

Προσωπική συνεισφορά

Αν και η κοινωνία τείνει προς τις μεγάλες βιομηχανίες και τις κεντρικές υπηρεσίες, υπάρχουν πολλές ατομικές (προσωπικές του κάθε ατόμου) πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης για τις οποίες ο καθένας μας είναι «υπόλογος»: αυτοκίνητα, οικιακές συσκευές (τζάκια, σόμπες, ψησταριές, κ.τ.λ.), το κάψιμο των σκουπιδιών και τόσα άλλα.

Στις ΗΠΑ εκτιμάται ότι η ενέργεια που παράγεται και οι ρύποι που εκλύονται από προσωπικές συνεισφορές υπερβαίνουν αυτούς των βιομηχανιών και των κεντρικών υπηρεσιών μαζί. Σε οποιαδήποτε μεγάλη πόλη του κόσμου το σύνολο των ρύπων που εκλύονται από τον μεγάλο αριθμό των ΙΧ αυτοκινήτων υπερβαίνουν αυτούς που εκλύονται από κάθε άλλη πηγή.

Ο έλεγχος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από ατομικές (προσωπικές) πηγές έγκειται κυρίως στην ευαισθητοποίηση του κάθε πολίτη στο πρόβλημα, και λιγότερο στις νομοθετικές διατάξεις που τιμωρούν την απροσεξία, καθότι ένας εκτεταμένος έλεγχος της εφαρμογής των διατάξεων αυτών είναι ανέφικτος. Μια οργανωμένη κοινωνία μπορεί επίσης να προχωρήσει σε διάφορα προληπτικά μέτρα όπως: αλλαγή στον τρόπο ζωής του πολίτη (για παράδειγμα, χρήση άνετων μαζικών μέσων μεταφοράς), αλλαγή μιας μολυσματικής πηγής με μια λιγότερο μολυσματική (π.χ. αντικατάσταση των μη καταλυτικών αυτοκινήτων με καταλυτικά, των συμβατικών καυσίμων με φυσικό αέριο), προτροπή για χρήση νέων αντιρρυπαντικών τεχνολογιών (π.χ. κελιά καυσίμου, ηλιακοί θερμοσίφωνες κ.τ.λ.).



Η Πύλη του Ανδριανού και το κυκλοφοριακό της Αθήνας.

https://www.youtube.com/watch?v=GNXIMkh_fY

1.4 Ατμοσφαιρικοί Ρύποι

Οι ρύποι της ατμόσφαιρας ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες, **τους πρωτογενείς και τους δευτερογενείς:**

Ως **πρωτογενείς** χαρακτηρίζονται οι προερχόμενοι κυρίως από την καύση των υγρών και στερεών καυσίμων δηλ. προέρχονται από ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης όπως η βιομηχανία, τα αυτοκίνητα, η θέρμανση κ.τ.λ. (μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του θείου, οξείδιο του άνθρακα, μόλυβδος, υδρογονάνθρακες, αιωρούμενα σωματίδια κ.ά).

Ως **δευτερογενείς** χαρακτηρίζονται οι προερχόμενοι από τους πρωτογενείς μετά από φωτοχημικές αντιδράσεις που γίνονται με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας (όζον, διοξείδιο του αζώτου κ.ά.) (Σκορδούλης, Σωτηράκου, 2005 & Βούλγαρη, Ορφανίδου, 2012).

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που κατά κύριο λόγο απασχολούν τις ανά τον κόσμο υπηρεσίες προστασίας του περιβάλλοντος είναι οι παρακάτω: το διοξείδιο του θείου, το μονοξείδιο του άνθρακα, τα οξείδια του αζώτου, οι υδρογονάνθρακες, το όζον, τα αιωρούμενα σωματίδια και ο μόλυβδος. Οι υπόλοιποι, παρ' ότι είναι και αυτοί επιβλαβείς, απασχολούν λιγότερο τις ανάλογες υπηρεσίες είτε γιατί εκπέμπονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις, είτε γιατί παρουσιάζουν καθαρά τυπικό χαρακτήρα (Μελάς κ.ά. , 2000).

1.4.1 Το διοξείδιο του θείου (SO₂)

Το διοξείδιο του θείου είναι αέριο, άχρωμο, άοσμο σε χαμηλές συγκεντρώσεις αλλά με έντονη ερεθιστική οσμή σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις. Σχηματίζεται με αντίδραση του θείου με το οξυγόνο $S+O_2 \rightarrow SO_2$.

Το 80% των ανθρωπογενών εκπομπών διοξειδίου του θείου προέρχεται από την καύση ορυκτών καυσίμων από σταθερές πηγές (βιομηχανία, θέρμανση). Από αυτό, το 85% αποτελεί εκπομπές από σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ενώ μόνο το 2% οφείλεται στις εκπομπές του τομέα των μεταφορών. Σημαντικές πηγές αποτελούν επίσης τα διυλιστήρια πετρελαίου και τα εργοστάσια επεξεργασίας χαλκού.

Εκπομπές διοξειδίου του θείου προέρχονται και από τα ηφαίστεια, τόσο στις ενεργές όσο και στις ανενεργές περιόδους τους. Υπολογίζεται μάλιστα ότι συμβάλλουν περίπου στο 20% της συνολικής περιεκτικότητας σε θείο των παγκόσμιων εκπομπών.

Αποτελεί έναν από τους πιο κοινούς ρύπους και από τους βασικότερους συντελεστές του νέφους. Τα οξείδια του θείου συμμετέχουν στη δημιουργία της όξινης βροχής. Προκαλεί ερεθισμό στο αναπνευστικό σύστημα και στο δέρμα. Προκαλεί επίσης αλλοιώσεις στη βλάστηση και τα μέταλλα. Μειώνει την ορατότητα της ατμόσφαιρας και αυξάνει την οξύτητα των επιφανειακών υδάτων (λιμνών και ποταμών). Επιδρά στα δομικά υλικά και προκαλεί σημαντικές φθορές στην πολιτιστική μας κληρονομιά καθώς το H_2SO_4 προσβάλλει το ανθρακικό ασβέστιο των μαρμάρων και το μετατρέπει σε γύψο (Μελάς κ.ά. , 2000 & Κωνσταντιδέλλη, 2011 & Τσιλιμπάρη, Αδαμόπουλος, 2014).

1.4.2 Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι άχρωμο, άοσμο, άγευστο, ελάχιστα διαλυτό στο νερό, ελαφρύτερο του αέρα και αναφλέξιμο. Παράγεται από την ατελή καύση υλικών που περιέχουν άνθρακα αλλά και από ορισμένες βιολογικές και βιομηχανικές διεργασίες. Κύρια πηγή του όμως είναι τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα (70% των εκπομπών CO).

Το 1968 στις Ηνωμένες Πολιτείες παρήχθησαν 102 εκατομμύρια τόνοι από τους οποίους τα 60 εκατομμύρια τόνοι προέρχονταν από τα οχήματα.

Υψηλές συγκεντρώσεις του μπορούμε να συναντήσουμε σε κλειστά μέρη όπως χώροι στάθμευσης, ελλιπώς αεριζόμενες υπόγειες διαβάσεις ή κατά μήκος των δρόμων σε περιόδους κυκλοφοριακής αιχμής.

Η διαχρονική πορεία του CO αντανakλά τις κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά του σημείου μέτρησης. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις απαντώνται τις πρωινές ώρες και τις μεταμεσημβρινές ώρες.

Άλλες πηγές είναι το καψάλισμα των χωραφιών και η καύση ελαστικών σε ανοικτούς χώρους. Γενικά η κύρια ποσότητα του μονοξειδίου

του άνθρακα προέρχεται από ατελή καύση υδρογονανθράκων που χρησιμοποιούνται ως καύσιμα σε αυτοκίνητα (περίπου 70%) ενώ σε μικρότερο ποσοστό συνεισφέρουν και οι μονάδες θέρμανσης, οι βιομηχανικές κατεργασίες και η καύση στερεών αποβλήτων.

Ανάλογα με τη συγκέντρωσή του στον ατμοσφαιρικό αέρα το CO μπορεί να προκαλέσει καρδιακές και πνευμονικές διαταραχές, διαταραχή της συμπεριφοράς, προσβολή του κεντρικού νευρικού συστήματος και διαταραχές των κινήσεων και της όρασης, πονοκέφαλο, κόπωση, κώμα, αδυναμία αναπνοής, ακόμη και θάνατο. Είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο σε κλειστούς χώρους όπου δύσκολα γίνεται αντιληπτή η παρουσία του (Μελάς κ.ά. , 2000 & Βούλγαρη, Ορφανίδου, 2012 & Τσιλιμπάρη, Αδαμόπουλος, 2014).

1.4.3 Τα οξειδία του αζώτου (NO_x)

Από τα επτά γνωστά οξειδία του αζώτου (NO, NO₂, NO₃, N₂O, N₂O₃, N₂O₄ και N₂O₅) μόνο δύο είναι εκείνα που κατέχουν σπουδαίο ρόλο στα προβλήματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης: το μονοξείδιο και το διοξείδιο του αζώτου. Για το λόγο αυτό έχει επικρατήσει ο όρος «οξειδία του αζώτου (NO_x)», να χρησιμοποιείται για να δηλώσει μόνο τα δύο αυτά οξειδία. Το NO είναι αέριο, άχρωμο και άγευστο ενώ το NO₂ έχει καστανοκόκκινο χρώμα και ιδιάζουσα οσμή.

Τα οξειδία του αζώτου παράγονται από τη χρήση καυσίμων, κυρίως σε αυτοκίνητα (περίπου 50%) αλλά και σε βιομηχανικούς καυστήρες (περίπου 20%) και σε σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (περίπου 30%). Η παραγωγή των NO_x γίνεται είτε από την οξείδωση του ατμοσφαιρικού αζώτου κατά τη διάρκεια της καύσης είτε κατά την οξείδωση των αζωτούχων ενώσεων που περιέχονται στα καύσιμα.

Το μεγαλύτερο μέρος από τις εκπομπές NO_x γίνεται με τη μορφή του NO, το οποίο όμως οξειδώνεται γρήγορα προς NO₂. Το διοξείδιο του αζώτου, υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, αντιδρά με υδρογονάνθρακες και οδηγεί στην παραγωγή όζοντος και τη δημιουργία φωτοχημικού νέφους.

Επίσης, το NO₂ έχει συμβολή στην όξινη βροχή που καταστρέφει δάση, φυτά, νερά, μνημεία, υλικά κ.ά.

Το διοξείδιο του αζώτου, σε μεγάλες συγκεντρώσεις είναι ερεθιστικό για τον άνθρωπο, προσβάλλοντας τους πνεύμονες. Σπουδαίο ρόλο στην τοξικότητα του αερίου παίζουν οι συγκεντρώσεις, η διάρκεια έκθεσης και η ύπαρξη άλλων αέριων ρυπαντών.

Λόγω της μετατροπής του σε οξύ προκαλεί διάβρωση στα μέταλλα και τα υλικά, ενώ είναι τοξικό και για τη βλάστηση. Τέλος, προκαλεί μείωση της ορατότητας της ατμόσφαιρας καθώς μέσα από φωτοχημικές αντιδράσεις δημιουργεί ένα καστανοκίτρινο νέφος πάνω από τις πόλεις (Μελάς κ.ά. , 2000 & Ανδρεάδη, 2009).

1.4.4 Υδρογονάνθρακες

Είναι οργανικές ενώσεις που περιέχουν άνθρακα και υδρογόνο και βρίσκονται κυρίως υπό μορφή ατμών ή σωματιδίων. Η χαρακτηριστικότερη ένωση της κατηγορίας είναι το βενζο(α)πυρένιο. Με τη συνδρομή τους σχηματίζονται δευτερογενώς όζον, φορμαλδεΰδη και διάφορα φωτοχημικά οξειδωτικά.

Όλοι οι υδρογονάνθρακες στην ατμόσφαιρα θεωρούνται πητικές οργανικές ενώσεις και δεν λογίζονται στο σύνολό τους ως ρύποι, παρόλο που κάποια συγκεκριμένα συστατικά τους χαρακτηρίζονται ως τοξικά. Οι περισσότεροι υδρογονάνθρακες δεν είναι τοξικοί σε χαμηλές συγκεντρώσεις ενώ ορισμένες ενώσεις είναι καρκινογενείς ή ύποπτες ως καρκινογόνες (ιδιαίτερα το βενζόλιο). Η σημασία τους προκύπτει από τη συμμετοχή τους στο σχηματισμό όζοντος, φορμαλδεΰδης, ακρολεΐνης και άλλων φωτοχημικών οξειδωτικών επομένως οι υδρογονάνθρακες συμμετέχουν στη φωτοχημική ρύπανση, και στο σχηματισμό φωτοχημικού νέφους. Στην ίδια κατηγορία περιλαμβάνονται και οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες, όπως το βενζόλιο και το βενζοπυρένιο, που παρουσιάζουν καρκινογόνο δράση. Σύμφωνα με εκτιμήσεις οι κινητήρες diesel συμβάλλουν μόνο στο 5% των συνολικών

εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων που προέρχονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Οι εκπομπές ακαύστων υδρογονανθράκων από κινητήρες diesel αποτελούν συνέπεια της ατελούς καύσης του καυσίμου υδρογονάνθρακα. Υφίστανται κυρίως εξαιτίας του εγκλωβισμού του καυσίμου και του λιπαντικού στα διάκενα μεταξύ εμβόλου και τοιχωμάτων του κυλίνδρου, τα οποία εμποδίζουν την ικανοποιητική ανάμιξη με τον αέρα ώστε να υπάρξει πλήρης καύση. Υπό κάποιες συνθήκες ψυχρής εκκίνησης, οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες που σχετίζονται με το καύσιμο εκπέμπονται ως ομίχλη υγρών άκαυστων σωματιδίων καυσίμου («λευκός καπνός»). Οι κυριότερες αιτίες εκπομπών υδρογονανθράκων, για κανονικές συνθήκες λειτουργίας ενός κινητήρα Diesel, είναι το φαινόμενο της υπερανάμειξης κατά τη διάρκεια της καθυστέρησης ανάφλεξης και η υποανάμειξιμότητα.

Στις ανθρωπογενείς πηγές περιλαμβάνονται επίσης η βιομηχανία (παραγωγή κωκ, αλουμινίου, επεξεργασία ξύλου), η θέρμανση στις οικίες με χρήση ξύλου ή κάρβουνου και τα δυλιστήρια πετρελαίου (Μελάς κ.ά. , 2000 & Βούλγαρη, Ορφανίδου, 2012 & Τσιλιμπάρη, Αδαμόπουλος, 2014).

1.4.5 Το Όζον (O₃)

Το όζον είναι αέριο, άχρωμο, με χαρακτηριστική οσμή και οξειδωτική δράση, το κύριο συστατικό του φωτοχημικού νέφους στην επιφάνεια της γης (τροπόσφαιρα). Ωστόσο, στην ανώτερη ατμόσφαιρα (στρατόσφαιρα), το όζον έχει ευεργετικό ρόλο απορροφώντας τη βλαβερή υπεριώδη ακτινοβολία του ήλιου.

Το όζον δεν εκπέμπεται κατευθείαν στην ατμόσφαιρα αλλά παράγεται μετά από μια σειρά αντιδράσεων. Ο συνδυασμός των οξειδίων του αζώτου, των διαφόρων υδρογονανθράκων και του ηλιακού φωτός είναι δυνατό να εκκινήσει μια σειρά πολύπλοκων χημικών αντιδράσεων που σαν προϊόντα έχουν μια σειρά από δευτερογενείς ρύπους ο κυριότερος από τους οποίους είναι το όζον. Το όζον είναι ο κυριότερος ρύπος της φωτοχημικής ρύπανσης

των πόλεων και γι' αυτό χρησιμοποιείται σαν δείκτης της. Η χρονική κατανομή του ρύπου παρουσιάζει μέγιστο κατά τις πρώτες μεταμεσημβρινές ώρες. Το βράδυ, αντίθετα, παρουσιάζονται οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις κυρίως λόγω της απουσίας φωτός και συνεπώς αδυναμίας παραγωγής όζοντος.

Οι εποχικές διακυμάνσεις στα επίπεδα του όζοντος έχουν άμεση σχέση με τις αντιδράσεις σχηματισμού του και ιδιαίτερα με την απαιτούμενη ηλιακή ακτινοβολία. Οι μέγιστες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται, λοιπόν, την θερμή περίοδο του έτους όπου τόσο η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας όσο και η διάρκεια της ημέρας είναι μεγαλύτερες. Λόγω των πολύπλοκων χημικών αντιδράσεων που οδηγούν είτε στον σχηματισμό είτε στην καταστροφή του, οι υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος δεν συνδυάζονται με υψηλές συγκεντρώσεις οξειδίων του αζώτου. Χαρακτηριστικά μπορούμε να αναφέρουμε για την Αθήνα, ότι υψηλές συγκεντρώσεις των οξειδίων του αζώτου παρατηρούνται συνήθως στο κέντρο της πόλης (λόγω μεγάλων εκπομπών από τα αυτοκίνητα) ενώ τα υψηλότερα επίπεδα όζοντος καταγράφονται στα βόρεια προάστια. Πηγές των ρύπων που συντελούν στη δημιουργία του όζοντος είναι τα οχήματα, εργοστάσια, χωματερές, χημικά διαλυτικά και πολλές άλλες μικρές πηγές όπως βενζινάδικα, αγροτικός εξοπλισμός, κ.λπ.

Το όζον σε μεγάλες συγκεντρώσεις προκαλεί σημαντικά προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον όπου ζούμε. Προκαλεί ερεθισμό στην αναπνευστική οδό, διαταραχή της αναπνευστικής λειτουργίας, αίσθημα ξηρότητας στο λαιμό, πόνο στο στήθος, βήχα, άσθμα, φλεγμονή στους πνεύμονες, πιθανή επιδεκτικότητα σε μολύνσεις του αναπνευστικού και ερεθισμό των οφθαλμών. Το όζον είναι επίσης ο ρύπος με τις δυσμενέστερες επιδράσεις στα φυτά, μειώνει την παραγωγή στις αγροτικές καλλιέργειες και προκαλεί ζημιά στη δασική βλάστηση (Μελάς κ.ά. , 2000 & Τσιλιμπάρη, Αδαμόπουλος, 2014).

1.4.6 Αιωρούμενα Σωματίδια (Α.Σ.)

Με τον όρο αιωρούμενα σωματίδια (Particulate matter) ορίζεται το σύνολο των σωματιδίων (στερεά και υγρά) με διαστάσεις 0,0002-500 μm τα οποία βρίσκονται σε διασπορά στην ατμόσφαιρα. Η σκόνη, ο καπνός, η ομίχλη, η αχλύς, η υπάμενη τέφρα θεωρούνται αιωρούμενα σωματίδια. Ο καπνός και η ομίχλη αρκετές φορές αναφέρονται και σαν αεροζόλ. Τα αιωρούμενα σωματίδια μπορούν να αιωρούνται στην ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Τα αιωρούμενα σωματίδια στην ατμόσφαιρα έχουν διαφορετικά μεγέθη και σχήματα. Για το λόγο αυτόν, χαρακτηρίζονται από την «αεροδυναμική τους διάμετρο» που είναι η διάμετρος αντίστοιχης σφαίρας, η οποία έχει τα ίδια αεροδυναμικά χαρακτηριστικά με τα πραγματικά σωματίδια. Η αεροδυναμική τους διάμετρος, που για συντομία αναφέρεται πολλές φορές ως διάμετρος, είναι πολύ μικρή και γι' αυτό την εκφράζουμε σε εκατομμυριοστά του μέτρου ή μικρόμετρα (μm):

1 μm = 1 εκατομμυριοστό του μέτρου!

Η σκόνη και ο καπνός είναι χαρακτηριστικά παραδείγματα αιωρούμενων σωματιδίων. Παλαιότερα, δεν υπήρχε η δυνατότητα διαχωρισμού των σωματιδίων κατά μεγέθη από τα όργανα προσδιορισμού των συγκεντρώσεών τους στον ατμοσφαιρικό αέρα και, επομένως, ήταν δυνατός μόνο ο προσδιορισμός της συνολικής συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων. Όμως, η εκτίμηση των επιπτώσεών τους στην υγεία, αλλά, η εκτίμηση του χρόνου που αυτά παραμένουν στην ατμόσφαιρα, δημιούργησε την ανάγκη να αναπτύξουμε συσκευές οι οποίες μας πληροφορούν για τη συγκέντρωση ορισμένων τάξεων μεγεθών των αιωρούμενων σωματιδίων. Δηλαδή, η ανάγκη να ξέρουμε τη συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα που ανήκουν σε μια περιοχή μεγεθών, προκειμένου να τα συσχετίζουμε με τις επιπτώσεις τους στην υγεία αλλά και με άλλους ρόλους που αυτά παίζουν στην ατμόσφαιρα, οδήγησε στην κατασκευή συσκευών που δειγματοληπτούν ορισμένη περιοχή μεγεθών. Οι συσκευές αυτές είναι εφοδιασμένες με κατάλληλα στόμια που επιτρέπουν

την κατακράτηση και, άρα, τον προσδιορισμό των σωματιδίων που έχουν π.χ. διάμετρο μικρότερη των 10 μm, ώστε να αναφερόμαστε στα ΑΣ₁₀, ή μικρότερη των 2,5 μm, οπότε αναφερόμαστε στα ΑΣ_{2,5}.

Οι κυριότερες φυσικές πηγές εκπομπής αιωρούμενων σωματιδίων είναι οι ανεμοθύελλες, τα ηφαιστεια, κάθε είδους καύσεις και τα σταγονίδια των ωκεανών. Σωματίδια σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα και σαν αποτέλεσμα διαφόρων αντιδράσεων. Η συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων στην καθαρή ατμόσφαιρα είναι της τάξης των 10 μg/m³ ενώ κοντά στα αστικά κέντρα φθάνει μέχρι 60 μg/m³ και μέσα στα αστικά κέντρα 100-200 μg/m³.

Οι κυριότερες ανθρωπογενείς πηγές εκπομπής αιωρούμενων σωματιδίων είναι: βιομηχανικές δραστηριότητες, παραγωγή τσιμέντου, γύψου, χυτήρια μεταλλεύματος, αυτοκίνητα (κυρίως πετρελαιοκίνητα οχήματα και δίκυκλα), πυρκαγιές, καύση βιομάζας, αγροτικές δραστηριότητες, κατασκευές. Η συμμετοχή του αυτοκινήτου οφείλεται στην καύση του καυσίμου, στη φθορά των ελαστικών και στην επαναιώρηση. Μικρότερα σε μέγεθος σωματίδια (δευτερογενή) δημιουργούνται στην ατμόσφαιρα από αντιδράσεις αερίων ρύπων. Τα δευτερογενή αιωρούμενα σωματίδια μπορούν να διαχωριστούν σε ανόργανα (αμμώνιο, νιτρικά και θειικά έχοντας ως πρόδρομες ουσίες την αμμωνία, τα αζωτοξείδια και τα οξείδια του θείου) και οργανικά (έχοντας ως πρόδρομους τους πτητικούς υδρογονάνθρακες). Με μια σειρά αντιδράσεων μπορούν να παραχθούν οργανικές ουσίες που είτε συσσωματώνονται και παράγουν νέα σωματίδια είτε συμπυκνώνονται πάνω σε υπάρχοντα σωματίδια. Η παραγωγή όζοντος σχετίζεται με παραγωγή δευτερογενών σωματιδίων.

Ο χρόνος παραμονής των σωματιδίων στην ατμόσφαιρα και η ταχύτητα κατακάθισής τους εξαρτάται από το μέγεθός τους και το ειδικό βάρος. Η ταχύτητα πτώσης καθορίζεται από τον νόμο του Stokes.

Η παρουσία των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα προκαλεί σκεδασμό του φωτός και ελαττώνει την ορατότητα. Έτσι σε περιοχές με μεγάλη ρύπανση η ορατότητα είναι περιορισμένη. Τα σωματίδια έχουν μεγάλη ενεργό επιφάνεια και εμφανίζουν μεγάλη ικανότητα προσρόφησης

τοξικών ουσιών γεγονός που τα καθιστά επικίνδυνα για την υγεία των ανθρώπων.

Οι επιδράσεις στην υγεία εξαρτώνται πολύ από το μέγεθος των σωματιδίων και τη σύστασή τους. Όσο μικρότερα σε μέγεθος είναι τα σωματίδια τόσο βαθύτερα εισχωρούν στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου. Γενικά σωματίδια με μέγεθος μεγαλύτερο από 10 μ m δεν εισχωρούν στο αναπνευστικό σύστημα. Τα μικρότερα από 10 μ m σωματίδια επηρεάζουν την αναπνοή και προκαλούν ασθένειες στο αναπνευστικό. Μακροχρόνια εισπνοή αιωρούμενων σωματιδίων προκαλεί μορφές πνευμοκονιάσεων, άσθμα και σε ορισμένες περιπτώσεις καρκινογένεση. Οι πιο συνηθισμένες επαγγελματικές ασθένειες που προκαλούνται από εισπνοή σωματιδίων είναι η πυριτίαση, η βαρίωση και η κασσιτέρωση.

Ομάδα υψηλού κινδύνου αποτελούν ηλικιωμένοι, παιδιά και άτομα που πάσχουν από άσθμα. Προκαλούν, επίσης, φθορές στα υλικά και μειώνουν την ορατότητα. Τα αιωρούμενα σωματίδια επηρεάζουν τις ηλεκτρικές ιδιότητες της ατμόσφαιρας συνεισφέροντας στη δημιουργία νεφών ως πυρήνας συμπύκνωσης και επιδρούν στο κλίμα μεταβάλλοντας το ισοζύγιο ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα (Αλμπάνης, 2005 & Ρεμουντάκη, 2010 & Τσιλιμπάρη, Αδαμόπουλος, 2014).

1.4.7 Μόλυβδος (Pb)

Ο μόλυβδος ανήκει (όπως και το αρσενικό, το κάδμιο και το νικέλιο) στα βαρέα και τοξικά μέταλλα. Βρίσκεται στην ατμόσφαιρα κυρίως στα σωματίδια είτε υπό στοιχειακή μορφή, είτε υπό μορφή ενώσεων (οξειδίων θεικών ή θειούχων).

Ο μόλυβδος, βρίσκεται στο έδαφος ως αποτέλεσμα της αποσάθρωσης βράχων, της ηφαιστειακής δραστηριότητας, των πυρκαγιών δασών κ.ά. Το αρσενικό βρίσκεται σε αφθονία στις ορεινές περιοχές της Ευρώπης με τη μορφή θειούχων ενώσεων. Άλλες φυσικές πηγές αρσενικού είναι η ηφαιστειακή δραστηριότητα, από την οποία εκπέμπεται με μορφή θειούχων

αλάτων ή οξειδίων. Το κάδμιο βρίσκεται στη φύση σε μικρές ποσότητες κυρίως σε ορυκτά που περιέχουν θειούχες ενώσεις του ψευδαργύρου, μολύβδου και χαλκού. Επίσης, προέρχεται από τη βλάστηση, τις πυρκαγιές δασών και τα ηφαίστεια. Το νικέλιο, βρίσκεται σε μεγάλη αφθονία στους μετεωρίτες, στον γήινο πυρήνα και σε λιγότερη έκταση στην επιφάνεια της Γης. Κυρίως βρίσκεται σε μορφή θειούχων αλάτων ή οξειδίων.

Οι ανθρωπογενείς πηγές μολύβδου είναι τα διάφορου τύπου μεταφορικά μέσα που χρησιμοποιούν μολυβδόχα βενζίνη, εργοστάσια που χρησιμοποιούν μόλυβδο ή ουσίες που περιέχουν μόλυβδο και χώροι που καίνε απορρίμματα.

Μέσω των καυσαερίων των αυτοκινήτων, ιδιαίτερα αυτών της παλιάς τεχνολογίας (μη-καταλυτικά), εκπέμπονται μεγάλες ποσότητες Pb στην ατμόσφαιρα, εξαιτίας της προσθήκης του μολύβδου στην βενζίνη (τετρα-αιθυλιούχος μόλυβδος) ως αντικροτικού μέσου, δηλ, για την ανύψωση του αριθμού των οκτανίων αυτής. Αυτά τα πρόσθετα είναι υπεύθυνα για το 80% περίπου της συνολικής εισόδου μολύβδου στην ατμόσφαιρα από ανθρώπινες δραστηριότητες, που εκτιμούνται στους 4×10^6 τόνους/έτος. Η ποσότητα μολύβδου που προέρχεται από φυσικές πηγές είναι σχεδόν ασήμαντη (6% της ολικής έκλυσης μολύβδου στο περιβάλλον).

Τα σωματίδια του μολύβδου είναι πολύ επικίνδυνα για την υγεία, διότι, λόγω του μεγέθους τους, αιωρούνται στην ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα και εισπνεόμενα κατεισχύουν στους πνεύμονες. Από τις κυψελίδες των πνευμόνων ο μόλυβδος εισέρχεται στο αίμα. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις μολύβδου στην ατμόσφαιρα απαντώνται σήμερα κοντά σε εγκαταστάσεις χυτηρίων και καμίνων και σε βιομηχανίες μπαταριών.

Ο μόλυβδος προκαλεί κυρίως αναιμία. Το αρσενικό επιδρά κυρίως στο ανώτερο αναπνευστικό και στο καρδιαγγειακό σύστημα και προκαλεί επίσης αύξηση της αρτηριακής πίεσης. Είναι επίσης πιθανόν να προκαλεί καρκίνο στους πνεύμονες. Το κάδμιο επιδρά κυρίως στα νεφρά. Επίσης έχει χαρακτηριστεί ως καρκινογόνο (προκαλεί καρκίνο των πνευμόνων). Το νικέλιο δεν θεωρείται καρκινογόνο. Πιθανόν να προκαλεί δερματικές

παθήσεις. Πρέπει να τονισθεί ότι τα μέταλλα αυτά επιδρούν στην υγεία κυρίως μέσω της τροφικής αλυσίδας εάν έχει μολυνθεί και λιγότερο με την εισπνοή (Τσιμπάρη, Αδαμόπουλος, 2014 & Ρεμουντάκη, 2010 & Βούλγαρη, Ορφανίδου, 2012).

1.5 Τα όρια των ρύπων και η λογική τους

Η σύγχρονη νομοθεσία για την προστασία του περιβάλλοντος θεμελιώθηκε πάνω στην υπόθεση ότι οι κίνδυνοι που απειλούν τη δημόσια υγεία είναι δυνατόν να εκτιμηθούν με αντικειμενικό τρόπο, με βάση δηλαδή τα συμπεράσματα και τις προτάσεις της σύγχρονης επιστήμης. Με άλλα λόγια, θεωρήθηκε δεδομένο πως επιστήμες, όπως η τοξικολογία, η επιδημιολογία και η έρευνα στο εργαστήριο, πέραν των αγαθών και ειλικρινών προθέσεων, είχαν και όλες τις προϋποθέσεις για να αποφανθούν για το αναμενόμενο μέγεθος των επιπτώσεων από ανεπιθύμητες ή άγνωστες δράσεις φυσικοχημικών παραγόντων πάνω στον άνθρωπο και το περιβάλλον, ούτως ώστε να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα. Οι περισσότερες απ' αυτές τις δράσεις θα ήταν δυνατόν να ποσοτικοποιηθούν και επομένως πρόσφεραν ένα πρώτης τάξεως εργαλείο για τη θέσπιση κανόνων δικαίου, αλλά και περιορισμών.

Έτσι, η ρύπανση της ατμόσφαιρας από το διοξείδιο του θείου και άλλους ρύπους, για παράδειγμα, δεν θα έπρεπε να ξεπερνά κάποιες ανώτατες τιμές κατά τη διάρκεια της μέρας, η συχνότητα των «επεισοδίων» (των ακραίων δηλαδή περιστατικών) δεν θα έπρεπε να υπερβαίνει ένα ορισμένο αριθμό κατά τη διάρκεια του χρόνου, ενώ οι μέσοι όροι της παρουσίας των ρύπων αυτών στην ατμόσφαιρα θα έπρεπε να βρίσκονται κάτω από ένα ορισμένο επίπεδο. Η λογική αυτή έφθασε πλέον τα όριά της.

Θα ήταν βέβαια άδικο να μην αναγνωρίσει κανείς τη θετική συμβολή της λογικής αυτής στην κατεύθυνση της αντικειμενοποίησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Όμως, μετά από τρεις και πλέον δεκαετίες κυριαρχίας αυτής της «λογικής των ορίων», διαπιστώνουμε ότι ο τρόπος

αυτός σκέψης δεν αποσόβησε τη ρύπανση. Η ρύπανση επιτρέπεται, αρκεί να είναι «μέχρις ενός ορίου».

Ένα άλλο χαρακτηριστικό αυτής της προσέγγισης είναι πως κάνει συνέχεια αναφορά σε μέσους όρους. Μέση ρύπανση, μέσο πληθυσμό, μέσο άνθρωπο. Οι ασθενείς γέροντες και τα ευάλωτα παιδιά προσμετρώνται μαζί και το ίδιο με τους υγιείς ενήλικες. Ο μέσος όρος ισοπεδώνει τη διαφορά, απαλώνει τις οξείες επιπτώσεις των δηλητηρίων που αναπνέουμε και τα οποία μπορεί να αποβούν μοιραία για τους πιο ευαίσθητους από μας. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Barry Commoner, «η θέσπιση ενός ορίου προϋποθέτει πως έχεις υποβάλει τα αποτελέσματά σου σε ένα είδος ανάλυσης κόστους-οφέλους, συγκρίνοντας για παράδειγμα το κόστος λήψης πρόσθετων μέτρων με το αναμενόμενο όφελος από τον περιορισμό των θανάτων. Αυτό όμως με τη σειρά του προϋποθέτει πως είμαστε σε θέση να αποδώσουμε μια οικονομική αξία στην ανθρώπινη ζωή». Εδώ δεν ανακύπτει μόνο ένα θέμα ηθικής, αλλά και ένα τεράστιο νομικό ζήτημα σχετικά με το δικαίωμα της συλλογικής κοινότητας πάνω στη ζωή ή το θάνατο συγκεκριμένων πια ατόμων.

Μια σύγχρονη θεώρηση της έννοιας του περιβαλλοντικού κινδύνου, περνάει αναγκαστικά από την αναθεώρηση των όρων «επιτρεπτά» ή «αποδεκτά» επίπεδα ρύπανσης. Η «αρχή της πρόληψης» παρέχει το πλαίσιο για την προώθηση μιας πολιτικής, η οποία όχι μόνο θα προβλέπει αλλά και θα μεριμνά έγκαιρα, δηλαδή πριν από την εκδήλωση των αρνητικών συνεπειών. Πολύ απλά, θα πρέπει συνεχώς να προσπαθούμε για λιγότερη ρύπανση αν θέλουμε να προστατέψουμε τους εαυτούς μας και το περιβάλλον (Ψωμάς, Γεώργας, 1998).

1.6 Νομοθεσία σχετικά με την ποιότητα ατμόσφαιρας

Στη χώρα μας ισχύουν νομοθετημένα όρια και στόχοι για τους ρύπους διοξείδιο του θείου, αιωρούμενα σωματίδια (AS_{10} και $AS_{2,5}$), διοξείδιο του αζώτου, όζον, μονοξείδιο του άνθρακα, βενζόλιο, μόλυβδος, αρσενικό, κάδμιο, νικέλιο και βενζο(α)πυρένιο σύμφωνα με αυτά που έχουν καθιερωθεί στην

Ευρωπαϊκή Ένωση. Τα όρια ή οι στόχοι αυτοί αναφέρονται τόσο στην προστασία της ανθρώπινης υγείας όσο και των οικοσυστημάτων. Οι οδηγίες που αφορούν στην ποιότητα της ατμόσφαιρας είναι:

- Οδηγία 2008/50/ΕΚ για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη (ΚΥΑ ΗΠ 14122/549/Ε103, ΦΕΚ 488Β/30.3.11).
- Οδηγία 2004/107/ΕΚ σχετικά με το αρσενικό, το κάδμιο, τον υδράργυρο, το νικέλιο και τους πολυκυκλικούς υδρογονάνθρακες στον ατμοσφαιρικό αέρα (ΚΥΑ ΗΠ 22306/1075/Ε103, ΦΕΚ 920Β/8.6.07) (Τσιλιμπάρη, Αδαμόπουλος, 2014).

1.6.1 Αντιμετώπιση επεισοδίων ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Με την Κ.Υ.Α. 11824/1993 θεσμοθετείται σχέδιο δράσης για την αντιμετώπιση επεισοδίων ατμοσφαιρικής ρύπανσης και τίθενται «όρια εκτάκτων μέτρων», για τον περιορισμό της ρύπανσης σε περιπτώσεις που κυρίως λόγω εξαιρετικά δυσμενών μετεωρολογικών συνθηκών για τη διάχυση της ρύπανσης, αναμένεται αύξηση των τιμών ρύπανσης.

Τα μέτρα λαμβάνονται όταν οι μετρούμενες τιμές υπερβούν ή προσεγγίσουν τα όρια εκτάκτων μέτρων (συναγερμού) και ταυτόχρονα υπάρχει πρόβλεψη για μετεωρολογικές συνθήκες που ευνοούν τη διατήρηση ή αύξηση των τιμών ρύπανσης για τις επόμενες ή την επόμενη ημέρα.

Η παραπάνω Κ.Υ.Α. τροποποιήθηκε και οι οριακές τιμές λήψης εκτάκτων μέτρων, αντικαταστάθηκαν με τις νέες οριακές τιμές που αναφέρονται στο Παράρτημα ΧΙΙ της Οδηγίας 2008/50/ΕΚ (ΚΥΑ ΗΠ 14122/549/Ε103, ΦΕΚ 488Β/30.3.11).

Τα όρια λήψης εκτάκτων μέτρων που ισχύουν για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, παρουσιάζονται παρακάτω (Τσιλιμπάρη, Αδαμόπουλος, 2014).

Όρια εκτάκτων μέτρων

ΡΥΠΟΣ	ΧΡΟΝΙΚΗ ΒΑΣΗ	ΟΡΙΟ
Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)	1 ώρα	Όριο συναγερμού: 400 µg/m³ υπέρβαση της τιμής αυτής για 3 συνεχόμενες ώρες
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	1 ώρα	Όριο συναγερμού: 500 µg/m³ υπέρβαση της τιμής αυτής για 3 συνεχόμενες ώρες
Όζον (O ₃)	1 ώρα	Όριο συναγερμού: 240 µg/m³ υπέρβαση της τιμής αυτής για 3 συνεχόμενες ώρες για εφαρμογή σχεδίων δράσης

Λεδομένου ότι η κοινοτική νομοθεσία δεν διαθέτει όρια ενημέρωσης πληθυσμού και συναγερμού για τα ΑΣ₁₀ και για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από αιωρούμενα σωματίδια, εκδόθηκε η ΚΥΑ 70601 (ΦΕΚ 3272B/23-12-2013), η οποία θεσμοθετεί επίπεδα συγκεντρώσεων αιωρούμενων σωματιδίων ΑΣ₁₀, καθορίζει μέτρα ενημέρωσης και προστασίας του πληθυσμού καθώς και μέτρα μείωσης των εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων από εστίες καύσης, τη βιομηχανία - βιοτεχνία και την κυκλοφορία οχημάτων ανάλογα με τα επίπεδα των συγκεντρώσεων.

Επίπεδα συγκεντρώσεων αιωρούμενων σωματιδίων ΑΣ₁₀

ΡΥΠΟΣ	ΧΡΟΝΙΚΗ ΒΑΣΗ	ΟΡΙΟ
Αιωρούμενα Σωματίδια ΑΣ ₁₀	24 ώρες	51-75 µg/m³ συστάσεις για ευπαθείς ομάδες πληθυσμού
		76-100 µg/m³ συστάσεις για ευπαθείς ομάδες πληθυσμού και το γενικό πληθυσμό
		101-150 µg/m³ συστάσεις για ευπαθείς ομάδες πληθυσμού και το γενικό πληθυσμό, μέτρα μείωσης των εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων από εστίες καύσης, βιομηχανικές - βιοτεχνικές δραστηριότητες και την κυκλοφορία
		>150 µg/m³ συστάσεις για ευπαθείς ομάδες πληθυσμού και το γενικό πληθυσμό, μέτρα μείωσης των εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων από εστίες καύσης, βιομηχανικές - βιοτεχνικές δραστηριότητες και την κυκλοφορία

Ακολούθως παρατίθενται τιμές ορίων των σπουδαιότερων ρύπων όπως αναφέρονται στην **Ετήσια Έκθεση Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης 2013** του ΥΠΕΚΑ, ΓΕΝ. Δ/ΝΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ.

ΤΙΜΕΣ ΟΡΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ

Τιμές ορίων για το διοξείδιο του θείου

	Οριακή τιμή
Μέση ωριαία τιμή , να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 24 φορές το χρόνο.	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Μέση ημερήσια τιμή , να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 3 φορές το χρόνο.	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Όριο συναγερμού	Ωριαία τιμή μεγαλύτερη από 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για τρεις συνεχόμενες ώρες.
------------------------	---

ΤΙΜΕΣ ΟΡΙΩΝ ΓΙΑ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ

Τιμές ορίων για αιωρούμενα σωματίδια ΑΣ₁₀

	Οριακή τιμή
Μέση ημερήσια τιμή , να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 35 φορές το χρόνο.	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Μέση ετήσια τιμή	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Επίπεδα συγκεντρώσεων	51-75, 76-100, 101-150, >150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ μέση 24-ωρη τιμή
------------------------------	--

Τιμές ορίων για αιωρούμενα σωματίδια ΑΣ_{2,5}

	Ενδεικτικές οριακές τιμές, $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Οριακή τιμή $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	2013	2014	2015
Μέση ετήσια τιμή	26	26	25
Τιμή - στόχος Έτος ισχύος 2010	Μέση ετήσια τιμή 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		

ΤΙΜΕΣ ΟΡΙΩΝ ΓΙΑ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

Τιμές ορίων για το διοξείδιο του αζώτου

	Οριακή τιμή
Μέση ωριαία τιμή, να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 18 φορές το χρόνο.	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Μέση ετήσια τιμή	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Όριο συναγερμού	Ωριαία τιμή μεγαλύτερη από 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για τρεις συνεχόμενες ώρες.
-----------------	---

ΤΙΜΕΣ ΟΡΙΩΝ ΓΙΑ ΜΟΛΥΒΔΟ

Τιμές ορίων για μόλυβδο

	Οριακή τιμή
Μέση ετήσια τιμή	0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

ΤΙΜΕΣ ΟΡΙΩΝ ΓΙΑ ΟΖΟΝ

Τιμές ορίων για το όζον

		Οριακή τιμή
Όριο ενημέρωσης	Μέση ωριαία τιμή	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Όριο συναγερμού	Μέση ωριαία τιμή	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Τιμή - στόχος για την προστασία της ανθρώπινης υγείας. Έτος έναρξης ισχύος τριετίας 2010.	Μέγιστη ημερήσια μέση 8ωρη τιμή, της οποίας δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 25 φορές ανά έτος κατά μέση τιμή για διάστημα 3 ετών	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

ΤΙΜΕΣ ΟΡΙΩΝ ΓΙΑ ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

Τιμές ορίων για το μονοξείδιο του άνθρακα

	Οριακή τιμή
Μέση ημερήσια οκτάωρη τιμή	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

ΤΙΜΕΣ ΟΡΙΩΝ ΓΙΑ BENZOLIO

Τιμές ορίων για το βενζόλιο

	Οριακή τιμή
Μέση ετήσια τιμή	5 mg/m^3

ΤΙΜΕΣ ΣΤΟΧΟΙ ΓΙΑ ΜΕΤΑΛΛΑ ΚΑΙ BENZO(α)ΠΥΡΕΝΙΟ

Τιμές στόχοι για το αρσενικό, κάδμιο, νικέλιο και βενζο(α)πυρένιο

Οι τιμές στόχοι ισχύουν από 31.12.2012

	Οριακή τιμή για			
	Αρσενικό	Κάδμιο	Νικέλιο	Βενζο(α)πυρένιο
Μέση ετήσια τιμή	6 ng/m^3	5 ng/m^3	20 ng/m^3	1 ng/m^3

1.7 Επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου

Καθημερινά ο άνθρωπος εισπνέει περισσότερο από 10.000 lt αέρα. Ο αέρας περιέχει αιωρούμενα μικροσωματίδια και αέριες μορφές προϊόντων καύσης επικίνδυνες για την ανθρώπινη υγεία (π.χ. SO₂, CO, NO_x, O₃, υδρογονάνθρακες, Pb κ.λπ.) . Όλα αυτά τα λίτρα του αέρα φιλτράρονται μέσα στους πνεύμονες, μια επιφάνεια που, αν ήταν δυνατό να απλωθεί, θα αντιστοιχούσε σε 80-120 m². Σε αντιστάθμισμα ο οργανισμός έχει αναπτύξει μια σειρά αμυντικών μηχανισμών. Η πρώτη γραμμή άμυνας είναι οι ρινοφαρυγγικοί ανατομικοί φραγμοί, οι οποίοι συγκρατούν τα μεγάλου μεγέθους σωματίδια αποτρέποντας την είσοδό τους στο κατώτερο αναπνευστικό σύστημα, καθώς και το μεγαλύτερο ποσοστό του αναπνεόμενου μικροβιακού φορτίου. Ο βήχας και ο παταγμός, οι οποίοι παράγονται εξαιτίας αναπνευστικών ερεθισμάτων, αποτελούν επίσης δύο αντανάκλαστικούς αμυντικούς μηχανισμούς. Μπορούμε λοιπόν να αντιληφθούμε τη σημασία της ποιότητας του αέρα που αναπνέουμε στην υγεία μας. Η έλλειψη ευαισθησίας του ανθρώπου προς το περιβάλλον, η αλόγιστη εκβιομηχάνιση, οδηγούν εδώ και αρκετά χρόνια σε προοδευτικά αυξανόμενη άνοδο των αναπνευστικών κυρίως παθήσεων (Ζαρογουλίδης, 2013).

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. Διακρίνουμε τις ισχυρές επιδράσεις, όπου οι ρύποι δρουν για μικρό χρονικό διάστημα και σε δόσεις σχετικά υψηλές, από τις χρόνιες επιδράσεις, όπου οι ρύποι συναντώνται σε μικρές δόσεις, ανεπαρκείς για να δημιουργήσουν μια άμεση δηλητηρίαση, αλλά με έναν επαναλαμβανόμενο τρόπο. Οι ισχυρές επιδράσεις προκαλούν συχνά το θάνατο και δημιουργούνται συνήθως σε εσωτερικούς χώρους ή έχουν σχέση με τοξικά αέρια τα οποία απελευθερώνονται σε εξαιρετικές περιστάσεις (π.χ.

βιομηχανικά ατυχήματα). Κάτω από εξαιρετικές συνθήκες, ακόμη και η συνηθισμένη, «κοινωνική» ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να έχει άμεσες συνέπειες (Μελάς κ.ά. , 2000) καθώς οι σημερινές κοινωνικο-οικονομικές συνθήκες ευνοούν την αναβίωση ξεχασμένων «εχθρών» όπως η φυματίωση (Ζαρογουλίδης, 2013).

Αναλυτικά για τους σημαντικότερους ρύπους και τις επιπτώσεις τους στην υγεία και ευεξία του ανθρώπου είναι γνωστά τα εξής: (Μελάς κ.ά. , 2000 & Ρεμουντάκη, 2010 & Ψωμάς, Γεώργιας, 1998).

Διοξείδιο του θείου (SO₂)

Είναι αέριο άχρωμο με αισθητή οσμή και αποπνικτικό σε μεγάλο εύρος συγκεντρώσεων. Είναι πολύ ευδιάλυτο και γι' αυτό απορροφάται από τα υγρά στο ανώτερο κυρίως αναπνευστικό σύστημα, προκαλώντας αντίσταση στη διόδο του αέρα, λόγω οίδηματος και έκκριση βλέννας. Εισπνεόμενο προκαλεί ερεθισμό του βλεννογόνου, του ρινοφάρυγγα, του λάρυγγα και των βρόγχων.

Επιδεινώνει γενικώς τις πνευμονικές και καρδιακές παθήσεις και αυξάνει τα επεισόδια στους πάσχοντες από άσθμα, χρόνια βρογχίτιδα και εμφύσημα. Μειώνει την κανονική λειτουργία των πνευμόνων και σε ακραίες καταστάσεις προκαλεί σπασμούς του λάρυγγα και πνευμονικό οίδημα. Προκαλεί επίσης ερεθισμό στα μάτια.

Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Είναι αέριο χωρίς χρώμα, οσμή ή γεύση και είναι πολύ σταθερό. Είναι πραγματικό δηλητήριο. Το μονοξείδιο του άνθρακα επηρεάζει την ικανότητα μεταφοράς του οξυγόνου στο αίμα. Όταν εισπνέεται, αντικαθιστά το οξυγόνο από την αιμογλοβίνη του αίματος και σχηματίζει καρβοξυαιμογλοβίνη (COHb). Αυτό συμβαίνει επειδή το μονοξείδιο του άνθρακα έχει πολύ μεγαλύτερη χημική συγγένεια με την αιμογλοβίνη από αυτήν που έχει το

οξυγόνο. Επομένως, όταν αυτό βρίσκεται στον αέρα, ακόμα και σε μικρές ποσότητες, μπορεί να μειώσει σημαντικά το μεταφερόμενο οξυγόνο από το αίμα. Αποτέλεσμα της μείωσης του οξυγόνου στο αίμα είναι επιδράσεις στις διανοητικές λειτουργίες και αύξηση των καρδιακών ρυθμών στην προσπάθεια του οργανισμού να εξουδετερώσει την έλλειψη του οξυγόνου.

Δε μεταφέρεται 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.

Οξειδία του αζώτου (NOx)

Το μονοξείδιο του αζώτου είναι αέριο άχρωμο, με μικρή τοξικότητα, αν και μπορεί να συνδεθεί με την αιμογλοβίνη του αίματος, επειδή στην ατμόσφαιρα συναντάται σε πολύ μικρότερες συγκεντρώσεις από αυτές του μονοξειδίου του άνθρακα, δεν προκαλεί προβλήματα στην υγεία.

Το διοξείδιο του αζώτου είναι αέριο, με χρώμα καφεκίτρινο και δηκτική γλυκίζουσα οσμή. Έχει περιορισμένη διαλυτότητα, γεγονός που επιτρέπει τη διείσδυση στο κατώτερο αναπνευστικό σύστημα. Αντιδρά με την οξυαιμοσφαιρίνη και εμποδίζει την οξυγόνωση των ιστών. Προκαλεί, σε αυξημένες συγκεντρώσεις, έντονο ερεθισμό του τραχειοβρογχικού βλεννογόνου και του αναπνευστικού επιθηλίου, δυσχέρεια στην αναπνοή, αναπνευστική δυσφορία και σε ακραίες καταστάσεις πνευμονικό οίδημα, ακόμα και θάνατο.

Υδρογονάνθρακες

Οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες με κύριο εκπρόσωπο το βενζόλιο, έχουν σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία. Είναι ύποπτο καρκινογένησης στον άνθρωπο. Μπορεί να προκαλέσει αιμολυτική αναιμία, απλαστική αναιμία, οξεία λευχαιμία, ερεθισμούς των ματιών, επιπεφυκίτιδα, παροδική βλάβη του κερατοειδή, καταστολή του κεντρικού και περιφερειακού συστήματος, υπνηλία, ερύθημα, δερματίτιδα κ.τ.λ. Πάνω από 50% του πληθυσμού με τακτική έκθεση στο βενζόλιο παρουσιάζει προβλήματα υγείας.

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 αθροιστικό και σοβαρότερο.

Όζον (O₃)

Είναι εξαιρετικά τοξικό αέριο. Η παρουσία του στην στρατόσφαιρα συμβάλλει 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 και ελαττώνει την αντίσταση του οργανισμού σε λοιμώξεις. Επιηρεάζει τους ιστούς των πνευμόνων, μειώνει την απόδοσή τους, τους ευαισθητοποιεί σε άλλες ερεθιστικές ουσίες, μειώνει την αντίστασή τους και, γενικότερα, την αντίσταση του οργανισμού και μπορεί να επιταχύνει τη γήρανση των ιστών. Είναι ερεθιστικό για τα μάτια και τους βλεννογόνους. Τα παιδιά είναι τα πρώτα θύματα του όζοντος.

Γιατί το τροποσφαιρικό όζον είναι επιβλαβές;

Το όζον είναι ένας από τους πιο διαδεδομένους ατμοσφαιρικούς ρύπους και από τους πιο επικίνδυνους.

Επιπτώσεις στην υγεία

Κάψιμο στα μάτια και το λαιμό. Ερεθισμός της βλεννογόνου

Δύσπνοια, συριγμός, βήχας

Κρίσεις άσθματος, πόνος στο στήθος κατά την εισπνοή, αυξημένος κίνδυνος για ασθένειες του αναπνευστικού ή συστήματος

πνευμονική φλεγμονή

Αυξημένος κίνδυνος καρδιακών προσβολών

© 2010 MCT
Source: American Lung Association, State of the Air 2008, AP Graphic: Staff

Πώς σχηματίζεται το όζον;

1 Οξυγόνο στην ατμόσφαιρα  O_2

2 Οξείδιο του αζώτου, υποπροϊόν καύσης  NO

3 Το φως του ήλιου διασπά το οξείδιο του αζώτου



4 Το όζον σχηματίζεται από τρία άτομα οξυγόνου



U.S. ozone limits

In parts per billion

• 1997-2008	84
• 2008-present	75
• New EPA proposal	60-70

http://kireas.org/monada_ygeia.htm

Αιωρούμενα Σωματίδια

Τα αιωρούμενα σωματίδια εισέρχονται, ανάλογα με το μέγεθός τους, μέσω της ρινικής κοιλότητας στο αναπνευστικό. Ανάλογα με το μέγεθός τους:

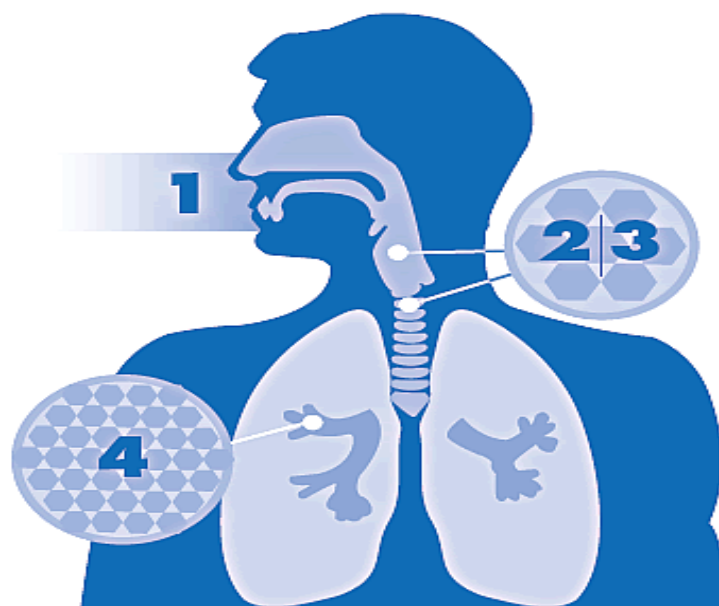
- **Μεγαλύτερα από 11 μm :** δεν εισέρχονται στο αναπνευστικό σύστημα
- **7,00-11,00 μm :** εισχωρούν στη ρινική κοιλότητα
- **4,70-7,00 μm :** εισχωρούν στο φάρυγγα
- **3,30-4,70 μm :** εισχωρούν στην τραχεία και στην αρχή των βρόγχων
- **2,10-3,30 μm :** εισχωρούν στο μέσο των βρόγχων
- **1,10-2,10 μm :** εισχωρούν στα τελευταία τμήματα των βρόγχων
- **0,65-1,10 μm :** εισχωρούν στα βρογχιόλια
- **0,43-0,65 μm :** εισχωρούν στις κυψελίδες των πνευμόνων

Η ικανότητα κατείδουσής τους στο αναπνευστικό, μαζί και με τη σύστασή τους, καθορίζει και τις επιπτώσεις τους στην υγεία.

Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι εξαιρετικά επιβλαβείς ατμοσφαιρικοί ρύποι και ευθύνονται για πλήθος παθήσεων του αναπνευστικού και επιβάρυνση των καρδιακών νοσημάτων. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (Πρόγραμμα CAFE, Clean Air For Europe) εκτιμά ότι τα επίπεδα των ΑΣ_{2,5} (σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη από τα 2,5 μm) είναι υπεύθυνα για την απώλεια περίπου 3.000.000 ετών ζωής στην Ευρώπη και 288.000 πρόωρων θανάτων ανά έτος, κυρίως λόγω αναπνευστικών και καρδιακών προβλημάτων.

Τα αιωρούμενα σωματίδια στην ατμόσφαιρα ενοχοποιούνται για:

- Αύξηση ευαισθησίας σε λοιμώξεις, λόγω εξασθενημένης άμυνας του οργανισμού.
- Φλεγμονές των αναπνευστικών οδών, οι οποίες οδηγούν σε εξασθενημένη και δυσχερή ανταλλαγή αερίων και υποξαιμία.
- Πρόκληση φλεγμονών στις κυψελίδες των πνευμόνων από πολύ μικρά σωματίδια, με απελευθέρωση ενδιαμέσων ουσιών που επιδεινώνουν ασθένειες των πνευμόνων και αυξάνουν την πήκτικότητα του αίματος.
- Επίσπευση συγκοπής καρδιάς σε ασθενείς με χρόνια καρδιακά νοσήματα, λόγω οξείας βρογχίτιδας ή πνευμονίας που προκλήθηκε από την ατμοσφαιρική ρύπανση.
- Ερεθισμό των ματιών.
- Δερματικές παθήσεις και αύξηση του αριθμού των θανάτων ιδιαίτερα αν οι αιωρούμενες ουσίες είναι τοξικές.



- 1** Τα ακυρούμενα σωματίδια (ΑΣ) εισέρχονται αναπνευστικό μας σύστημα (πνεύμονες) μέσω της μύτης και του λαιμού
- 2|3** Τα μεγαλύτερα σωματίδια (ΑΣ10) απομακρύνονται μέσω του βήχα, του φτερνίσματος και με την κατάπωση.
- 4** Τα λεπτά σωματίδια ΑΣ2,5 μπορούν να διεισδύσουν βαθιά στους πνεύμονες. Μπορούν να ταξιδέψουν με όλες τις διόδους στις κυψελίδες, προκαλώντας προβλήματα στους πνεύμονες και την καρδιά, και τροφοδοτούν με επιβλαβείς χημικές ουσίες το κυκλοφοριακό σύστημα (αίμα).

(http://kireas.org/monada_ygeia.htm)

Μόλυβδος (Pb)

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).

Ο κύριος στόχος του μολύβδου είναι το κεντρικό νευρικό σύστημα, ιδιαίτερα για τα παιδιά αλλά και για τους ενήλικες. Επηρεάζει, όμως, και κάθε όργανο και σύστημα του σώματος. Προβλήματα νοητικής υστέρησης και μαθησιακά προβλήματα στα παιδιά, προβλήματα συγκέντρωσης για τους ενήλικες, κινητικά προβλήματα, αναιμίες, νεφροπάθειες, αύξηση αρτηριακής πίεσης, προβλήματα στις εγκύους, προβλήματα γονιμότητας, έχουν διαπιστωθεί σε οργανισμούς εκτεθειμένους σε μολύβδο και πληθυσμούς στους

οποίους παρατηρήθηκαν αυξημένες συγκεντρώσεις μολύβδου στο αίμα. Οι επιπτώσεις του μολύβδου είναι το ίδιο σοβαρές είτε αυτός εισέρχεται στο σώμα από τη διατροφή είτε από την αναπνοή. Έντονα συμπτώματα εμφανίζονται όταν ο μολύβδος στο αίμα είναι πάνω από 60-100μg, οπότε δημιουργούνται προβλήματα στο ρυθμό παραγωγής του αίματος.

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑ

2.1 Πολιτιστικά αγαθά

Στην ελληνική πραγματικότητα με το νόμο 3028/2002 άρθρο 2 «Ως πολιτιστικά αγαθά νοούνται οι μαρτυρίες της ύπαρξης και ατομικής και συλλογικής δραστηριότητας του ανθρώπου» (Φ.Ε.Κ. 153. 28/5/2002) ενώ μεταγενέστερα με το νόμο 3348/2005 άρθρο 2 «Με τον όρο πολιτιστικά αγαθά, νοούνται τα αγαθά τα οποία για λόγους θρησκευτικούς ή μη έχουν σημασία για την αρχαιολογία, την προϊστορία, την ιστορία, τη λογοτεχνία, την τέχνη ή την επιστήμη» (Φ.Ε.Κ. 144. 23/6/2005).

Επίσης ως πολιτιστικό αγαθό θεωρείται κάθε υλική ή άυλη δημιουργία του ανθρώπου, που κάποτε είχε:

- χρηστική αξία (σκεύη οικιακής χρήσης, εργαλεία, κοσμήματα, όπλα κ.λπ.) ή
- συμβολική λειτουργία (λατρευτικά αντικείμενα, εθνικά σύμβολα, οικογενειακά κειμήλια κ.λπ.) ή
- πνευματική αποστολή (ποιητική δημιουργία, ιστορικά συγγράμματα, φιλοσοφικά κείμενα, επιστημονικές διατριβές κ.λπ.),

ενώ σήμερα αποτελεί απλώς ένα στοιχείο που διασώθηκε και μας παραπέμπει στις αντιλήψεις, στα επιτεύγματα και στον τρόπο ζωής του παρελθόντος.

Τα πολιτιστικά αγαθά μπορούν να ταξινομηθούν με βάση διαφορετικά κριτήρια, όπως:

1. το χρόνο δημιουργία τους,
2. τον τόπο δημιουργίας τους,
3. τη σημασία τους και
4. το είδος τους (Παυλογεωργάτος, 2003, 2012).

Ως προς τη χρονολογική τους ταξινόμηση επικρατούν διαχωρισμοί σε περιόδους από επιστήμες όπως αυτή της ιστορίας της αρχαιολογίας ή τη ιστορίας της τέχνης. Έτσι, τα πολιτιστικά αγαθά της χώρας μας ταξινομούνται

στα κλασικά, χριστιανικά, βυζαντινά, οθωμανικά, μυκηναϊκά, κυκλαδικά κ.τ.λ. Η Ευρωπαϊκή Πολιτιστική Κληρονομιά ταξινομείται σε μπαρόκ, γοθικά, αναγεννησιακά κ.τ.λ. Ως προς τον τόπο δημιουργίας τους, η ταξινόμηση μπορεί να γίνει με βάση τις ηπείρους (αφρικανική, ασιατική, ευρωπαϊκή), ενώ παράλληλα υπάρχει και ο περιφερειακός διαχωρισμός (μεσογειακή, οθωμανική, αραβική τέχνη). Οι πληθυσμοί που ανήκουν σε περισσότερα από ένα δόγματα γεωγραφικά (εβραϊκό, χριστιανικό, ισλαμικό) εντάσσονται στην ίδια κατηγορία και εντάσσονται στη θρησκευτική κληρονομιά.

Ως προς τη σημασία των πολιτιστικών αγαθών έχουν τεθεί κριτήρια από την UNESCO για την υποψηφιότητα ενός πολιτιστικού αγαθού στον κατάλογο της παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς. Τα κριτήρια ανήκουν σε δύο ομάδες. Η πρώτη ομάδα πραγματοποιεί τους εξής ελέγχους:

- Το πολιτιστικό αγαθό αντιπροσωπεύει ένα μοναδικό καλλιτεχνικό επίτευγμα;
- Το πολιτιστικό αγαθό έχει ασκήσει μεγάλη επίδραση σε μια περιοχή του κόσμου;
- Το πολιτιστικό αγαθό αποτελεί εξαιρετική μαρτυρία ενός πολιτισμού που έχει εξαφανιστεί;
- Το πολιτιστικό αγαθό συνιστά εξαιρετικό δείγμα ενός κτιριακού τύπου ή αρχιτεκτονικού συνόλου;
- Το πολιτιστικό αγαθό είναι εξαιρετικό δείγμα ενός παραδοσιακού οικισμού ή μιας χρήσης της γης αντιπροσωπευτικής ενός πολιτισμού;
- Το πολιτιστικό αγαθό συνδέεται άμεσα με γεγονότα, ιδέες και καλλιτεχνικά έργα εξαιρετικής ή οικουμενικής αξίας.

Η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει ένα κριτήριο σχετικά με την αυθεντικότητα του έργου και τη δυνατότητα νομικής προστασίας και διαχείρισής του. Έτσι, ένα πολιτιστικό αγαθό θα πρέπει να αντέχει στη δοκιμασία της αυθεντικότητας:

- του σχεδίου,
- του υλικού,

- της κατεργασίας ή
- του περιβάλλοντος χώρου
- ιδιαίτερος χαρακτήρας του τοπίου (στην περίπτωση των τοπίων).

Ο χαρακτηρισμός ενός πολιτιστικού αγαθού από την UNESCO προϋποθέτει την ικανοποίηση ενός τουλάχιστον από τα κριτήρια της πρώτης ομάδας και δύο της δεύτερης (Παυλογεωργάτος, 2003, 2012).

2.2 Πολιτιστική Κληρονομιά

Το σύνολο των πολιτιστικών αγαθών που αναφέρονται σε έναν τόπο συγκροτούν την πολιτιστική κληρονομιά του, με την έννοια ότι αυτή περιέχει τα στοιχεία που απαρτίζουν την ιστορική μνήμη του λαού ή της κοινωνίας των ανθρώπων που τον κατοικούν, δηλαδή οτιδήποτε δημιουργήθηκε στο παρελθόν και σχετίζεται με την ιστορική του διαδρομή. Η πολιτιστική κληρονομιά διακρίνεται στην υλική και στην άυλη. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν όλα τα υλικά αντικείμενα που δημιούργησε ο άνθρωπος στο παρελθόν, ενώ στη δεύτερη ανήκουν τα διάφορα πνευματικά του έργα (Παυλογεωργάτος, 2012).

Ωστόσο, υπάρχουν Συμβάσεις και Συστάσεις, οι οποίες δε συμπεριλαμβάνουν την άυλη κληρονομιά (non physical heritage) στο σύνολο των πολιτιστικών αγαθών που απαρτίζουν την πολιτιστική κληρονομιά. Η άυλη κληρονομιά περιλαμβάνει τη γλώσσα, τις παραδόσεις, τα συστήματα αξιών, τα ήθη και τα έθιμα, τη μουσική, το χορό κ.ά.

Η υλική πολιτιστική κληρονομιά, ταξινομείται σε δύο κατηγορίες: την κινητή και την ακίνητη. Η κινητή περιλαμβάνει το σύνολο των πολιτιστικών αγαθών που μετά τη δημιουργία τους μπορούν να μετακινηθούν. Πιο συγκεκριμένα, ο όρος κινητή πολιτιστική κληρονομιά αναφέρεται σε αγγεία, έπιπλα, σπάνια βιβλία, όπλα, εργαλεία, νομίσματα κ.ά. Η ακίνητη περιλαμβάνει υλικά πολιτιστικά αγαθά που είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με το έδαφος ή αποτελούν αναπόσπαστα μέρη κτιρίων, αρχιτεκτονικά μνημεία και κτίρια ιστορικού ή καλλιτεχνικού ενδιαφέροντος, αρχαιολογικούς χώρους και ανασκαφές, ιστορικές πόλεις και τόπους ιστορικής μνήμης, πολιτιστικά τοπία,

οπάνια οικοσυστήματα, ταφικά μνημεία, τοιχογραφίες, επιτοίχια ψηφιδωτά κ.ά. (Παυλογεωργάτος, 2012 & Εγγλέζου, 2012).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το Άρθρο 1 της Οικουμενικής Διακήρυξης της Unesco σχετικά με την κοινή (πολιτιστική) κληρονομιά της ανθρωπότητας.

« Ο πολιτισμός προσλαμβάνει διάφορες μορφές στο χρόνο και το χώρο. Αυτή η πολυμορφία είναι ενσωματωμένη στη μοναδικότητα και τον πλουραλισμό της ταυτότητας των ομάδων και των κοινωνιών που αποτελούν την ανθρωπότητα. Ως πηγή ανταλλαγών, καινοτομίας και δημιουργικότητας, η πολιτιστική πολυμορφία είναι τόσο απαραίτητη για την ανθρωπότητα, όσο απαραίτητη είναι η βιοποικιλότητα για τη φύση. Υπό αυτή την έννοια, συνιστά κοινή κληρονομιά της ανθρωπότητας και πρέπει να αναγνωρίζεται και να βεβαιώνεται προς όφελος της σημερινής αλλά και των μελλοντικών γενεών » (Unesco, 2001).

2.3 Μνημεία

Ερμηνευτικά η λέξη «μνημείο» αναφέρεται σε: α) ένα οικοδόμημα, μια στήλη, ένα άγαλμα ή γλυπτό που δημιουργείται προς τιμήν και ανάμνηση ενός προσώπου ή γεγονότος, β) ένα κτίσμα ή σύνολο κτισμάτων που έχουν διασωθεί και διατηρηθεί από προηγούμενη ιστορική στιγμή και παρουσιάζουν αρχαιολογικό ενδιαφέρον, γ) ένα έργο τέχνης ή λόγου κατ' επέκταση αντικείμενο ή κείμενο που αποτελεί σημαντικό δείγμα της εποχής του και δ) οτιδήποτε μπορεί να θεωρηθεί δείγμα τοπικό έκφρασης μια ιδιότητας σε υπέρμετρο βαθμό. Ετυμολογικά προέρχεται από την αρχαία λέξη μνημείον < μνήμη (Μπαμπινιώτης, 1998).

Με την ευρεία έννοια ως μνημείο μπορεί να χαρακτηριστεί κάθε αντικείμενο, έργο (υλικό ή πνευματικό) ή χώρος που διασώθηκε από το παρελθόν και σήμερα χρήζει προστασίας για τα μηνύματα που αυτό φέρει, ή για τις πληροφορίες που αυτό δίνει ή τέλος για τον συμβολικό χαρακτήρα που αυτό είχε ή απέκτησε στην ιστορική διαδρομή του.

Η ανάγκη για πιο ακριβή ορισμό οδήγησε στη δημιουργία τεσσάρων βασικών κριτηρίων, η ικανοποίηση των οποίων μπορεί να χαρακτηρίσει ένα έργο ή αντικείμενο ή χώρο ως μνημείο. Τα κριτήρια αυτά είναι τα εξής:

- α) η πρωτοτυπία ή η γνησιότητά του,
- β) η ιστορικότητά του,
- γ) η ποιότητά του και
- δ) ο συμβολισμός του (μήνυμα).

Εάν ένα αντικείμενο ή έργο πληροί μερικές μόνο από τις τέσσερις προαναφερθείσες προϋποθέσεις, τότε δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως μνημείο. Για παράδειγμα, εάν ένα πολιτιστικό αγαθό χαρακτηρίζεται ως σημαντικό με βάση την πρωτοτυπία του και την ιστορικότητά του, θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ιστορικό ντοκουμέντο αλλά όχι και ως μνημείο.

Αξιζει να αναφερθεί ότι η έννοια ενός ιστορικού μνημείου σήμερα πλέον, σύμφωνα με την περιγραφή του Χάρτη της Βενετίας (1964), δεν καλύπτει μόνο το μεμονωμένο αρχιτεκτονικό ή καλλιτεχνικό έργο, αλλά και «την αστική ή αγροτική τοποθεσία που μαρτυρεί έναν ιδιαίτερο πολιτισμό, μια ενδεικτική εξέλιξη ή ένα ιστορικό γεγονός» (Παυλογεωργάτος, 2012).

2.4 Διατήρηση, Συντήρηση, Προστασία, Διάσωση, Ανακατασκευή, Αναπαλαίωση, Αναστήλωση, Αποκατάσταση, Στερέωση.

Μετά την ερμηνεία, αναφορά σε βασικούς ορισμούς των πολιτιστικών αγαθών, της πολιτισμικής κληρονομιάς και των μνημείων ακολουθεί ερμηνεία, αναφορά σε έννοιες που σχετίζονται με τα παραπάνω όπως η διατήρησή τους, η συντήρησή τους, η προστασία τους, η διάσωσή τους, η ανακατασκευή τους κ.ά.

Οι όροι «διατήρηση» και «συντήρηση» και σε μικρότερο βαθμό ο όρος «αποκατάσταση», μέχρι τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνταν εναλλακτικά. Σήμερα με τον όρο «διατήρηση» δηλώνεται μια πιο γενική έννοια, ενώ η «συντήρηση» και η «αποκατάσταση» αφορούν σε πιο περιορισμένους

σημασιολογικά χώρους. Στη βιβλιογραφία των προηγούμενων χρόνων ο όρος «συντήρηση» περιελάμβανε διατήρηση και αποκατάσταση και ήταν ο όρος που χρησιμοποιούνταν ευρέως, όπως για παράδειγμα στη Γερμανική και στη Γαλλική βιβλιογραφία, όπου η έννοια του όρου «διατήρηση» εναλλάσσεται με αυτή του όρου «συντήρηση» και το αντίθετο. Εξετάζοντας όμως κανείς τη σύγχρονη βιβλιογραφία και αναζητώντας την ακριβή σημασία των παραπάνω όρων, διαπιστώνει ότι όχι μόνο έγιναν πολλές απόπειρες να καθοριστούν οι όροι, αλλά και ότι κατά την τελευταία δεκαπενταετία διαφοροποιήθηκαν σημαντικά οι όροι ως προς τη χρήση τους. (Σκεπαστιανού, 2002).

Διατήρηση

Η έννοια της διατήρησης περιλαμβάνει όλες τις ενέργειες που θα πρέπει να λαμβάνονται και να υλοποιούνται έτσι ώστε ένα αντικείμενο, ένα κτίσμα, ένα τοπίο ή ένας χώρος να μην απειλείται από φυσικούς, χημικούς, βιολογικούς ή οποιασδήποτε άλλης μορφής παράγοντες που μπορούν να προκαλέσουν μια ανεπιθύμητη μεταβολή ή μετατροπή του στο πέρασμα του χρόνου. Με βάση λοιπόν τον ορισμό αυτόν, η διατήρηση περιλαμβάνει τις έννοιες της συντήρησης, της νομικής προστασίας, της ανάδειξης, της αξιοποίησης κ.λπ. Στο πλαίσιο της διατήρησης χρησιμοποιείται κάθε μέθοδος και τεχνική, ώστε το φυσικό αλλά και οικονομικο-κοινωνικό περιβάλλον ενός μνημείου, τοπίου ή εσωτερικού χώρου να επιτρέπει ευνοϊκές συνθήκες για τα πολιτιστικά αγαθά

Σημαντικός ως προς την Παγκόσμια Πολιτιστική Κληρονομιά είναι ο ελεγκτικός ρόλος της Unesco, ιδιαίτερα για τις θέσεις που έχουν καταχωριστεί ως μνημεία ή χώροι σε κίνδυνο. Εκτός, δηλαδή, από τις επείγουσες σωστικές επεμβάσεις, όπου αυτό κρίνεται απαραίτητο, ο διεθνής αυτός οργανισμός παρακολουθεί σε περιοδικά διαστήματα θέσεις της Παγκόσμιας Πολιτιστικής Κληρονομιάς όπου παρουσιάζονται συγκεκριμένα προβλήματα, έτσι ώστε να διασφαλίζεται η μακροπρόθεσμη διατήρησή τους. Σε κάποιες περιπτώσεις, η ελεγχόμενη ένταξη μνημείων και πολιτιστικών συνόλων σε σύγχρονες δομές

έχει θεωρηθεί ενδεδειγμένη και βιώσιμη πολιτική πολιτιστικής διατήρησης (Παυλογεωργάτος, 2012).

Συντήρηση

Η έννοια της συντήρησης της πολιτιστικής κληρονομιάς περιλαμβάνει κάθε μορφή σωστικών επεμβάσεων σε μνημεία ή συλλογές. Ορισμένοι ταυτίζουν τον όρο της συντήρησης (conservation) με αυτόν της διατήρησης (preservation). Η ταύτιση αυτή όμως, όπως ήδη έχει αναφερθεί, δεν είναι αποδεκτή.

Η συντήρηση και η αποκατάσταση των μνημείων αποσκοπούν να τα διασώσουν τόσο ως έργα τέχνης όσο και ως ιστορικές μνήμες.

Πρακτικά, η συντήρηση των διαφόρων αντικειμένων ή έργων ξεκίνησε από τότε που ο άνθρωπος άρχισε να δημιουργεί. Η ευρεία όμως ανάπτυξη της έννοιας ιστορικά χρονολογείται περίπου στον 16ο αιώνα μ.Χ., με την ανάπτυξη των διαφόρων μουσείων και συλλογών. Τη σύγχρονη έννοιά της η συντήρηση την απέκτησε μόλις τον 20ό αιώνα, όταν η διεύρυνση της έννοιας της πολιτιστικής κληρονομιάς άρχισε να καλύπτει όχι μόνον την έννοια του ωραίου αλλά και του χρήσιμου.

Στις μέρες μας, πάντως, οι σπουδές συντήρησης (Conservation studies) ακολουθούν συνήθως συγκεκριμένες προδιαγραφές, ενώ η εξειδίκευση σε διάφορα πεδία (συντήρηση in situ σε αρχαιολογικές ανασκαφές, υποστηρικτικές επεμβάσεις σε κτίρια, φροντίδα συλλογών και εκθεμάτων σε μουσεία), αποτελεί προϋπόθεση υψηλής κατάρτισης. Οι κανόνες και οι αξίες που πρέπει να διέπουν τις μεθόδους και τις τεχνικές της συντήρησης αναφέρονται σε παγκόσμιο επίπεδο σε συνέδρια, συμφωνίες, συμβάσεις. Βασικές αρχές της συντήρησης αναπτύσσει ο γνωστός Χάρτης της Βενετίας του 1964.

Η προληπτική συντήρηση, είναι το σύνολο των συντονισμένων ενεργειών που στοχεύουν στη δημιουργία περιβάλλοντος ή συνθηκών, προκειμένου να μειωθεί η ταχύτητα φθοράς των αρχιτεκτονικών μνημείων και των πολιτιστικών αγαθών γενικότερα (Παυλογεωργάτος, 2012).

Προστασία

Η έννοια της προστασίας των πολιτιστικών αγαθών αναφέρεται στη διαφύλαξη και στο σεβασμό τους σε καιρό ειρήνης και στην αντιμετώπιση των κινδύνων που ενδεχομένως διατρέχουν από τις πολεμικές συρράξεις. Ο συγκεκριμένος ορισμός προέρχεται από τη Σύμβαση της Χάγης. Η έννοια λοιπόν της προστασίας περικλείει μια σειρά διαδικασιών (επιστημονικού, τεχνικού, διοικητικού και νομικού χαρακτήρα), που περιλαμβάνει:

- α) τον εντοπισμό, την επιφανειακή έρευνα και την ανασκαφή όπου είναι απαραίτητο,
- β) την καταγραφή και την αρχειοθέτηση,
- γ) τη μελέτη και την τεκμηρίωση,
- δ) τη διασφάλιση από καταστροφή, φθορά, αλλοίωση, κλοπή, παράνομη εξαγωγή κ.λπ.,
- ε) τη συντήρηση και την αποκατάσταση,
- στ) την αναβάθμιση και τη διευκόλυνση της πρόσβασης του κοινού (Παυλογεωργάτος, 2012).

Διάσωση

Η έννοια της διάσωσης επεκτείνεται στον προσδιορισμό, στη διαφύλαξη, στη συντήρηση, στην ανάδειξη και, τελικά στη μετάβαση στις μελλοντικές γενιές των αγαθών της πολιτιστικής και της φυσικής κληρονομιάς κατά το δυνατόν αλώβητων. Η διάσωση αναφέρεται σε μια διαδικασία με χαρακτήρα συνήθως επιτακτικό. Είναι οικείες στους Έλληνες πολίτες, οι σκηνές από αρχαιολογικές σωστικές ανασκαφές -πέρα πολλές προέκυψαν τα τελευταία χρόνια εξαιτίας της κατασκευής των μεγάλων έργων υποδομής που βρίσκονται σε εξέλιξη - όπου αντί της οργανωμένης ανασκαφής στήνεται μια ταχεία διαδικασία αναγνώρισης, καταγραφής, σχεδιασμού και φωτογράφισης των αρχαιολογικών ευρημάτων, που συνήθως καταλήγει μετά την αποκαθάρωση ή την ελεγχόμενη απομάκρυνση του υλικού και τη συντήρησή του στην αποθήκευση ή στην επί τόπου έκθεση των σημαντικότερων στοιχείων (π.χ. Μετρό της Αθήνας).

Σχετικά με τη διατήρηση των κτισμάτων, που έχουν πολιτιστική αξία, γίνεται χρήση όρων που «δανείζονται» από την επιστήμη της αρχιτεκτονικής. Η αρχιτεκτονική κατέχει σημαντικό ρόλο στο διεπιστημονικό πεδίο της διατήρησης κτισμάτων και έργων με ιδιαίτερη ιστορική, πολιτιστική ή καλλιτεχνική αξία (Παυλογεωργάτος, 2012).

Οι συχνότερα χρησιμοποιούμενοι όροι που αφορούν τη διατήρηση κτισμάτων με ιδιαίτερη πολιτιστική αξία είναι οι εξής :

Ανακατασκευή

Όταν η διαδικασία της αποκατάστασης ενός κτιριακού μνημείου συνεπάγεται την προσθήκη νέων αρχιτεκτονικών μελών και υλικών σε μεγάλο ποσοστό, τότε όλη η διαδικασία περιγράφεται με την έννοια της ανακατασκευής (Παυλογεωργάτος, 2012).

Αναπαλαίωση

Ο όρος αναπαλαίωση έχει χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν για να περιγράψει την πρακτική της ανακατασκευής κτιρίων, την απόδοση παλαιότερων μορφολογικών στοιχείων σε αυτά. Σήμερα, ο όρος αυτός θεωρείται δόκιμος για να χρησιμοποιείται (Παυλογεωργάτος, 2012).

Αναστήλωση

Σημαίνει επανατοποθέτηση στοιχείων ενός κτίσματος, που έχουν καταπέσει ή ανασύνθεση ενός μνημείου από τα αυθεντικά κομμάτια του (Παυλογεωργάτος, 2012).

Αποκατάσταση

Προέρχεται από τη λέξη *restaurate*, που σημαίνει αποκαθιστώ, επαναφέρω στην αρχική κατάσταση (Παυλογεωργάτος, 2012).

Στερέωση

Η εργασία της στερέωσης αναφέρεται στη συντηρητική επέμβαση στο φέροντα οργανισμό ενός κτιρίου ή αντικειμένου, με σκοπό την εξασφάλιση της στατικής επάρκειάς του (Παυλογεωργάτος, 2012).

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑ

3.1 Επιπτώσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο δομημένο περιβάλλον

Για το δομημένο περιβάλλον και τα υλικά, οι κυριότεροι ρύποι που ευθύνονται για τη διαβρωτική και οξειδωτική τους δράση είναι το διοξείδιο του θείου και το όζον. Ειδικότερα για τις μεταλλικές επιφάνειες και τα υλικά που περιέχουν σίδηρο και άλλα μέταλλα, όπως π.χ. ψευδάργυρο, οξειδώνονται με την έκθεσή τους σε ατμόσφαιρα που περιέχει διοξείδιο του θείου, ενώ βραδύτερη είναι η προσβολή αντικειμένων από αλουμίνιο.

Για τις μαρμάρινες επιφάνειες, αλλά και γι' αυτές που περιέχουν ανθρακικό ασβέστιο, το διοξείδιο του θείου, κυρίως υπό την οξειδωμένη μορφή των θειικών ιόντων και διαλυτοποιημένο στις σταγόνες της βροχής, προκαλεί γυψοποίηση, δηλαδή μετατροπή του ανθρακικού ασβεστίου σε θειικό ασβέστιο. Το θειικό ασβέστιο είναι πολύ πιο ευδιάλυτο στο νερό απ' ότι το ανθρακικό, με αποτέλεσμα την επιφανειακή διάβρωση, το θρυμματισμό και την καταστροφή των λεπτομερειών στα γλυπτά και στα αρχαία μνημεία.

Το όζον, λόγω του ότι είναι ισχυρότερο οξειδωτικό από το οξυγόνο του αέρα, προκαλεί ταχύτερη γήρανση στα ελαστικά και ιδιαίτερα σε αυτά που περιέχουν καουτσούκ. Οι επιφάνειες των ελαστικών ρηγματώνονται ταχύτερα, χάνουν την ελαστικότητά τους και γίνονται πιο εύθραυστες (Ρεμμουντάκη, 2010).

3.2 Επιπτώσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην πολιτιστική κληρονομιά

Η ατμοσφαιρική ρύπανση συντελεί στην καταστροφή των υλικών με διάφορους τρόπους όπως με διάβρωση λόγω τριβής, με ακαθαρσία (στερεά σωματίδια, ιδίως καπνός) που επικάθεται στα υλικά, μειώνοντας το αισθητικό κάλλος μνημείων και κτιρίων, καθώς και με διάβρωση από όξινες ουσίες και άλλα οξειδωτικά.

Μνημεία παγκόσμιου πολιτιστικού ενδιαφέροντος (π.χ. ο Παρθενώνας), που άντεξαν για αιώνες, απειλούνται από μια ποικιλία ατμοσφαιρικών

ρύπων που προξενούν φθορά μεγαλύτερη από αυτή της φθοράς του χρόνου. Μνημεία, αγάλματα αισθητικά αλλοιώνονται από επικαθήσεις αιθάλης και μαύρης κρούστας, στερούνται τις λεπτομέρειές τους και οι μεταλλικές τους επιφάνειες διαβρώνονται με αποτέλεσμα τη σταδιακή υποβάθμιση της καλλιτεχνικής και αισθητικής τους αξίας.

Η όξινη απόθεση διαβρώνει τα οικοδομήματα σε πολλές πόλεις στον κόσμο, για παράδειγμα στην Αθήνα και τη Ρώμη όπου η οξύτητα των βροχοπτώσεων έχει αρχίσει να παραμορφώνει ανεκτίμητα εξωτερικά μνημεία, μετατρέποντας το ανθρακικό ασβέστιο των μαρμάρων σε θειικό ασβέστιο (γύψο).

Οι αλλοιώσεις στα μνημεία είναι πολλές φορές εμφανείς. Ειδικά σε περιπτώσεις όπως η Καρυάτιδα, που στην μπροστινή εκτεθειμένη στην όξινη βροχή της Αθήνας όψη της έχει χάσει τα χαρακτηριστικά της, ενώ η πίσω προστατευμένη από τη βροχή όψη της δεν έχει υποστεί εμφανή ζημιά (Μελάς κ.ά. , 2000 & Κωνσταντιδέλλη, 2011 & Βούλγαρη, Ορφανίδου, 2012).

3.3 Υλικά της πολιτιστικής κληρονομιάς

Τα υλικά που χρησιμοποίησε ιστορικά ο άνθρωπος, για την κάλυψη των αναγκών του για επιβίωση, ανάπτυξη και εξέλιξη χαρακτηρίζονται για την ποικιλία τους αλλά και για τις διαφορετικές μεθόδους και τεχνικές επεξεργασίας τους, επεξεργασία που τους πρόσδιδε τα θεμιτά χαρακτηριστικά για κάθε χρήση τους ξεχωριστά. Η ταξινόμηση των διαφόρων υλικών που απαρτίζουν την υλική πολιτιστική μας κληρονομιά, μπορεί να βασισθεί σε διαφορετικά κριτήρια. Το κριτήριο της φυσικής τους προέλευσης είναι το πρώτο. Με βάση αυτό τα διάφορα υλικά μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

1. τα οργανικά και
2. τα ανόργανα

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα υλικά που οι πρώτες ύλες τους είναι ζωικής ή φυτικής προέλευσης. Χαρακτηριστικό τους είναι η υψηλή

περιεκτικότητα σε άνθρακα και η ιδιότητά τους να απορροφούν την υγρασία και να καίγονται εύκολα. Τέτοια υλικά είναι:

1. Το ξύλο
2. Το δέρμα
3. Το χαρτί
4. Τα οστά
5. Τα φυσικά υφάσματα
6. Τα δείγματα φυσικής ιστορίας κ.ά.

Από αυτά τα υλικά αποτελούνται μία τεράστια ποικιλία αντικειμένων, όπως: εργαλεία, έπιπλα, όπλα, βιβλία, πίνακες ζωγραφικής, ενδύματα, εικόνες, κατοικίες κ.ά.

Τα ανόργανα υλικά προέρχονται κυρίως από τη γη και από τον ορυκτό πλούτο που αυτή φιλοξενεί. Είναι σε γενικές γραμμές υλικά πιο ανθεκτικά, από αυτά της πρώτης κατηγορίας, δεν καίγονται και δεν επηρεάζονται τόσο από τις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες π.χ. δεν είναι υγροσκοπικά. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν:

1. Η πέτρα
2. Τα μέταλλα και τα κράματα
3. Ο πηλός και τα κεραμικά
4. Το γυαλί κ.ά.

Και σε αυτήν την κατηγορία ανήκει μία μεγάλη ποικιλία αντικειμένων, που αποτελούν την υλική πολιτιστική κληρονομιά μας, όπως: γλυπτά, κτίσματα, αγγεία, εργαλεία, όπλα, μηχανές και μηχανήματα, νομίσματα κ.ά. (Παυλογεωργάτος, 2003).

3.4 Επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα υλικά της πολιτιστικής κληρονομιάς

Ακολούθως θα παρουσιαστούν τα υλικά της πολιτιστικής κληρονομιάς στα οποία η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει αρνητική επίδραση, εξετάζοντας ανά υλικό (τουλάχιστον τα κυριότερα) τις φθορές που προκαλεί.

3.4.1 Μέταλλα

Ο χαλκός, ο σίδηρος, ο άργυρος, ο χρυσός, ο μόλυβδος, ο ψευδάργυρος είναι μερικά από τα μέταλλα που ο άνθρωπος χρησιμοποίησε ευρέως στην ιστορία σε αρκετές δεκάδες χρήσεων. Με την ανάπτυξη διαφόρων τεχνικών και μεθόδων κατόρθωσε δε και την μίξη των μετάλλων μεταξύ τους μέσω της σύντηξής τους, δημιουργώντας νέα υλικά με δικές τους ιδιότητες. Τα υλικά αυτά που προέρχονται από την σύντηξη δύο ή περισσότερων μετάλλων είναι γνωστά ως κράματα. Τα πιο γνωστά κράματα είναι ο μπρούντζος (κράμα χαλκού και κασσιτέρου), ο ορείχαλκος (κράμα χαλκού και ψευδαργύρου), ο χυτοσίδηρος (κράμα σιδήρου, μαγγανίου, πυριτίου, νικελίου, μολύβδου, χρωμίου κ.ά.), κ.τ.λ. Τα μέταλλα έτυχαν ευρείας χρήσης από τον άνθρωπο και από την αρχαιότητα. Οι πιο σημαντικές χρήσεις τους ήταν στην τέχνη, στην κατασκευή εργαλείων και όπλων, στην κατασκευή, διακόσμηση και προστασία κτιρίων, κάστρων, φρουρίων, στη νομισματοκοπία και κοσμηματοποιία, στην κατασκευή ειδών οικιακής χρήσης κ.ά. (Παυλογεωργάτος, 2003).

Επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα μέταλλα

Βασική επίπτωση των αέριων ρύπων στα μέταλλα είναι η διάβρωση της επιφάνειας, με αποτέλεσμα απώλεια μάζας καθώς και αλλαγή των ηλεκτρικών ιδιοτήτων των μετάλλων (Μελάς κ.ά. , 2000).

Υπό κανονικές συνθήκες τα μέταλλα μπορούν να αντισταθούν στη διάβρωση είτε από τον καθαρό και ξηρό αέρα, είτε από τον καθαρό και υγρό αέρα. Εντούτοις τα υγροσκοπικά σωματίδια τα οποία βρίσκονται συνήθως στην ατμόσφαιρα με την παρουσία άλλων ρύπων προσβάλλουν τα μέταλλα. Οι μεταλλικές επιφάνειες σχηματίζουν ένα προστατευτικό φιλμ ενάντια στη διάβρωση από περιβαλλοντικά αίτια. Η έκθεσή τους όμως σε ανθρωπογενείς ρύπους και ιδιαίτερα στο διοξείδιο του θείου (SO_2) καταστρέφει σταδιακά το προστατευτικό αυτό φιλμ με αποτέλεσμα την παρουσίαση ρωγμών και πρόωρης αστοχίας (Θεοδόσης, 2005).

Τα μέταλλα που διαβρώνονται ευκολότερα από τα υπόλοιπα και μπορούν να χαρακτηριστούν ως ευπαθή είναι ο σίδηρος (Fe) και ο χαλκός (Cu).

Σίδηρος (Fe)

Ο σίδηρος είναι ένα μέταλλο ελατό, όλκιμο, φθινό, λευκοκόκκινου χρώματος με αργυρώδη λάμψη και το πλέον ανθεκτικό σε συνήθη θερμοκρασία. Προέρχεται από μεταλλεύματα όπως ο αιματίτης (Fe_2O_3), ο λειμωνίτης ($\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$), ο μαγνητίτης (Fe_3O_4) κ.ά. Ο σίδηρος υπάρχει ως αυτοφυής. Αποτελεί το 5% του φλοιού της Γης και στην πλούσια παρουσία του οφείλει την χαμηλή εμπορική του αξία. Χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα στην κατασκευή νομισμάτων, εργαλείων, όπλων κ.λπ. (Παυλογεωργάτος, 2003). Ο σίδηρος είναι πιο ανθεκτικός από τα ελατά μέταλλα, αγωγίμος, με σημείο τήξης 1525°C και ανήκει στην κατηγορία των μετάλλων που παρουσιάζει έντονη οξείδωση από τη δράση του περιβάλλοντος. Η διάβρωση του σιδήρου είναι μια ηλεκτροχημική διαδικασία, γιατί εμπεριέχει ροή ηλεκτρονίων και ιόντων (Κωνσταντιδέλλη, 2011).

Επιπτώσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο σίδηρο

Ο υγρός αέρας προσβάλλει το σίδηρο, σχηματίζοντας στην επιφάνειά του, με αργούς ρυθμούς, ένα στρώμα ένυδρου οξειδίου του τρισθενούς σιδήρου δηλ. σκουριάς, αυξάνοντας τον όγκο του και οδηγώντας στην καταστροφή των σιδερένιων αντικειμένων. (Παυλογεωργάτος, 2003). Επίσης δείγματα σιδήρου εκτιθέμενα σε ατμοσφαιρικές συνθήκες, έδειξαν υψηλή προσροφητική ικανότητα διοξειδίου του θείου (SO_2) που ενισχύει την τάση για διάβρωση. Το διοξείδιο του θείου μπορεί να συντελέσει στη διάβρωση του σιδήρου είτε με τη μορφή ξηρής εναπόθεσης, είτε με τη μορφή όξινης βροχής. Η παρουσία ρύπων στην ατμόσφαιρα μπορεί να οδηγήσει σε υγρή ή ξηρή εναπόθεση.

Ουσίες που έχουν προσροφηθεί με οποιονδήποτε τρόπο από την επιφάνεια του σιδήρου, παρουσία υγρασίας έχουν τη δυνατότητα να

μετατραπούν (με τη βοήθεια καταλυτών) σε διαβρωτικές ύλες (π.χ. το SO₂ σε θειικό οξύ, H₂SO₄). Η παρουσία καπνού επιταχώνει τη διάβρωση του σιδήρου ενώ η παρουσία υδρογονανθράκων αυξάνει τη διάβρωση δημιουργώντας «νήματα» στην επιφάνειά του.

Η διάβρωση του σιδήρου που έχει χρησιμοποιηθεί ως σύνδεσμος για την ένωση μαρμάρινων επιφανειών, μπορεί να προκαλέσει ανεπανόρθωτες καταστροφές. Με την οξείδωση μειώνεται η αντοχή του, αυξάνεται ο όγκος του ασκώντας μηχανική πίεση στα μέρη του μνημείου που έρχεται σε επαφή μ' αυτό, προκαλώντας τοπικό θρυμματισμό, ρωγμάτωση ή ακόμη και ολοκληρωτική θραύση (Κωνσταντιδέλλη, 2011).

Χαλκός (Cu)

Ο χαλκός είναι ένα μέταλλο με χαρακτηριστικό χρώμα (ερυθρό του χαλκού) και χαρακτηριστική μεταλλική λάμψη. Είναι μαλακό με σημείο τήξης 1084,6° C. Είναι ιδιαίτερα ελατός, όλκιμος και πολύ καλός αγωγός της θερμότητας και του ηλεκτρισμού. Ανευρίσκεται αυτοφυής στη φύση, ωστόσο σήμερα τα κοιτάσματα αυτοφύους χαλκού είναι είτε περιορισμένα είτε μη οικονομικά εκμεταλλεύσιμα. Περισσότερο συνήθης είναι η εμφάνισή του στο φλοιό της Γης, ως θειούχο ορυκτό, όπως ο χαλκοπυρίτης (CuFeS₂), ο κοβελλίνης (CuS), ο χαλκοσίνης (Cu₂S), ο κυπρίτης, ο μαλαχίτης και ο αζουρίτης

Το χρώμα του χαλκού εξαιτίας της επιφανειακής φθοράς του μπορεί να χρωματιστεί μερικώς κυανό, πράσινο, κόκκινο ή/και μαύρο. Τα άλατα του χαλκού απουσία υγρασίας είναι άχρωμα ενώ παρουσία υγρασίας είναι συνήθως κυανά ή πράσινα. Στο γεγονός αυτό οφείλεται και η συνήθως πράσινη επιφανειακή στοιβάδα των χάλκινων αντικειμένων που εκτίθενται σε υγρό περιβάλλον με το πέρασμα του χρόνου (Παυλογεωργάτος, 2003).

Η χρήση του χαλκού ανάγεται στους προϊστορικούς χρόνους. Πολυάριθμες ανασκαφές αποδεικνύουν ότι ο χαλκός χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή οικιακών σκευών, όπλων, αγαλμάτων κ.ά. Πρόκειται για ένα χρήσιμο μέταλλο που συμμετέχει στη δημιουργία εκατοντάδων κραμάτων

(μπρούντζος). Τα κράματα του χαλκού είναι από τα πιο ευπροσάρμοστα μεγάλης μηχανικής αντοχής μέταλλα (Κωνσταντιδέλλη, 2011).

Επιπτώσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο χαλκό

Ο χαλκός ως μέταλλο είναι ανθεκτικός στη διάβρωση και είναι χημικά σχετικά αδρανής. Η διάβρωση του χαλκού είναι μια πολύπλοκη χημική διαδικασία. Ο χαλκός διαβρώνεται άμεσα από το διοξείδιο του θείου (SO_2) και το όζον (O_3) ενώ είναι ευπαθής σε επίθεση οξειδωτικών αερίων και οξέων, οξειδωτικών βαρέων μετάλλων, αλάτων, νιτρικών και θειούχων ενώσεων. Ο χαλκός όταν εκτεθεί σε υγρό περιβάλλον καλύπτεται για προστασία από λεπτό επίστρωμα πράσινου ανθρακικού χαλκού σε συνθήκες όμως υγρασίας και παρουσίας ρύπων όπως το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και το διοξείδιο του θείου (SO_2) παρουσιάζει διαδοχικά στρώματα διάβρωσης. Η υγρασία συνεπώς και η όξινη βροχή ενισχύουν τη διάβρωση των χάλκινων αντικειμένων. Η διεργασία της διάβρωσης επιταχύνεται στην περίπτωση ύπαρξης στην ατμόσφαιρα όζοντος (O_3).



Λεπτομέρεια από το ταφικό σύνολο που περιλαμβάνει ύφασμα. Τα προϊόντα διάβρωσης του χαλκού έχουν διεισδύσει στο εσωτερικό των ινών, όπως διαφαίνεται και από το πράσινο χρώμα που αυτές έχουν αποκτήσει στο κάτω τμήμα του διατηρημένου υφάσματος.

[\(http://www.archaiologia.gr/blog/2012/05/14/ανασκαφικά-υφασμάτινα-κατάλοιπα-στο/\)](http://www.archaiologia.gr/blog/2012/05/14/ανασκαφικά-υφασμάτινα-κατάλοιπα-στο/)

Το χλώριο επηρεάζει επίσης το χαλκό αφού μπορεί να περιέχει αιωρούμενα σωματίδια και δημιουργεί ένα είδος φθοράς στον μπρούντζο γνωστή ως «αρρώστια του μπρούντζου». Το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) είναι επίσης διαβρωτικό στην επιφάνεια του χαλκού. Μεγάλη αύξηση της διάβρωσης παρατηρείται κατά την έκθεση του χαλκού σε διοξείδιο του θείου (SO_2) και διοξειδίου του αζώτου (NO_2), παρουσία σχετικής υγρασίας άνω του 90% αποκαλύπτοντας τη συνεργατική επίδραση των τριών αυτών παραγόντων στο χαλκό. Παρόμοια επίδραση παρουσιάζει και το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) με προσθήκη χλωριούχου νατρίου (NaCl). Κατά τη διερεύνηση του ρόλου των αέριων ρύπων στη διάβρωση, σε υγρό αέρα που περιείχε αέριους ρύπους (SO_2 , NO_2 , NO και O_3) στα Ομοσπονδιακά Εργαστήρια της Ελβετίας αναγνωρίστηκε το όζον ως ο μεγαλύτερος επιβαρυντικός παράγοντας στη διάβρωση του χαλκού, λόγω των αντιδράσεων ηλεκτροχημικής αναγωγής που προκαλεί.

Όσον αφορά στη διάβρωση των κραμάτων του χαλκού, αυτή είναι πιο σύνθετη και αργή διαδικασία. Τα χάλκινα κράματα των υπαίθριων μνημείων συγκαταλέγονται μεταξύ των πιο ανθεκτικών μετάλλων στη διάβρωση. Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι ο χαλκός δεν επηρεάζεται ούτε από την ορατή ούτε από την υπέρυθη ούτε από την υπεριώδη ακτινοβολία (Παυλογεωργάτος, 2003 & Κωνσταντιδέλλη, 2011).

Χρυσός (Au)

Ο χρυσός είναι ένα μέταλλο πυκνό, μαλακό, αστραφτερό, ελατό και όλκιμο. Είναι το μοναδικό μέταλλο που σε στερεή κατάσταση έχει χρώμα κίτρινο. Ο χρυσός και ο χαλκός είναι τα δύο μοναδικά «έγχρωμα μέταλλα». Βρίσκεται σε ελεύθερη μορφή, συνήθως στη μορφή σβόλων ή κόκκων ανάμεσα σε πετρώματα σε «φλέβες» και σε προσχλωσιγενή κοιτάσματα. Είναι το πολυτιμότερο μέταλλο από όλα τα υπόλοιπα και βρίσκεται σε μικρές ποσότητες στο φλοιό της Γης. Θεωρείται το κυρίως «ευγενές» μέταλλο. Έχει σημείο τήξης 1063°C .

Ο χρυσός έχει μεγάλη οικονομική αξία. Ανακαλύφθηκε και χρησιμοποιήθηκε από τους προϊστορικούς χρόνους. Στην αρχαιότητα αποτελούσε δείκτη κοινωνικής, διοικητικής και θρησκευτικής εξουσίας. Χρησιμοποιήθηκε έντονα στην κατασκευή νομισμάτων σε κράμα με χαλκό, κοσμημάτων και άλλων τεχνουργημάτων τουλάχιστον από την αρχή της γνωστής Ιστορίας. Τα φύλλα χρυσού χρησιμοποιήθηκαν στη διακόσμηση, στην επιχρύσωση και στη βιβλιοδεσία. Τα αποθέματα χρυσού είχαν γίνει η πιο συνηθισμένη βάση της νομισματικής πολιτικής, από τα βάθη της γνωστής ιστορίας της πολιτικής και της οικονομίας.

Επιπτώσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο χρυσό

Ο χρυσός αντιστέκεται στην προσβολή από μεμονωμένα οξέα, αλλά μπορεί να διαβρωθεί από το αποκαλούμενο βασιλικό ύδωρ (ή νιτροϋδροχλωρικό οξύ), που είναι μίγμα πυκνού υδροχλωρικού οξέος (HCl) και πυκνού νιτρικού οξέος (HNO₃), σε αναλογία μίξης 3:1. Το συγκεκριμένο μείγμα ονομάστηκε «βασιλικό ύδωρ» ακριβώς επειδή μπορεί να διαβρώσει και το χρυσό, το «βασιλιά των μετάλλων», δηλαδή το κατ' εξοχήν «ευγενές» μέταλλο. Ο χρυσός διαλύεται επίσης, σε αλκαλικά διαλύματα ανιόντων κυανίου (CN⁻), ιδιότητα που αξιοποιείται συνήθως ευρύτατα κατά την εξόρυξη του μετάλλου από τα κοιτάσματά του. Ακόμη, ο χρυσός διαλύεται σε υδράργυρο (Hg), με τον οποίο σχηματίζει αγάλματα. Το θειικό οξύ δε διαλύει τον χρυσό παρά μόνο όταν αυτό περιέχει ίχνη νιτρικού οξέος. Πάντως, ο χρυσός είναι αδιάλυτος στο νιτρικό οξύ, που όμως διαλύει τον άργυρο (Ag) και τα υπόλοιπα βασικά μέταλλα, μια ιδιότητα που χρησιμοποιείται για να επιβεβαιωθεί η παρουσία χρυσού σε αντικείμενα. Η συγκεκριμένη διεργασία ονομάζεται «δοκιμασία οξέος» (acid test).

3.4.2 Δομικά υλικά (Πετρώματα και Μάρμαρο)

Πολλά κτίρια και μνημεία στις παλιές και μεγάλες πόλεις είναι εκτεθειμένα σε υψηλές συγκεντρώσεις καπνού, SO₂ και CO₂ για πολλές δεκαετίες. Οι επιφάνειές τους έχουν λερωθεί και είναι εκτεθειμένα και στις

χημικές δράσεις των όξινων αποθέσεων. Το διοξείδιο του θείου και η υγρασία αντιδρούν με το ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) και σχηματίζουν θειικό ασβέστιο (CaSO_4) και γύψο ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) τα οποία είναι διαλυτά στο νερό, με αποτέλεσμα να προκαλείται φθορά τόσο στα δομικά υλικά όσα και στο κονίαμα που τα συνδέει (Μελάς κ.ά. , 2000).

Ποικίλα κτίσματα, τεχνουργήματα και αντικείμενα κατασκευάστηκαν από τα προϊστορικά χρόνια χρησιμοποιώντας ως δομικό υλικό την πέτρα. Είναι υλικό φθινό, διαδεδομένο στη φύση με μεγάλες δυνατότητες επεξεργασίας και πλήθος ιδιοτήτων (φυσικών και χημικών) και μεγάλη ποικιλία ειδών και χρωματισμών. Για την κατασκευή λοιπόν διαφόρων μνημείων χρησιμοποιήθηκαν αυτά τα φυσικά υλικά, τα πετρώματα, με αποτέλεσμα μεγάλο μέρος της υλικής πολιτιστικής κληρονομιάς να αποτελείται από πέτρινα μνημεία, τεχνουργήματα μεγάλης ιστορικής και πολιτιστικής αξίας. (Παυλογεωργάτος, 2003).

Ο τρόπος γένεσης των πετρωμάτων αποτελεί το καλύτερο κριτήριο για τη συστηματική κατάταξη των πετρωμάτων. Διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες πετρωμάτων.

Εκρηξιγενή ή Μαγματογενή ή Πυριγενή πετρώματα που οφείλουν τη γένεσή τους στον μαγματισμό. Σχηματίζονται από τη στερεοποίηση του μάγματος στο εσωτερικό του φλοιού της Γης. Το μάγμα είναι τήγμα που προέρχεται από το εσωτερικό της Γης. Ανάλογα με τις συνθήκες κρυστάλλωσης διακρίνονται σε πλουτώνια (κρυστάλλωση σε μεγάλο βάθος), ηφαιστειακά (κρυστάλλωση κοντά ή πάνω στην επιφάνεια) και φλεβικά (στερεοποίηση σε μικρό βάθος). Κυριότερα είναι ο χαλαζίας, οι μαρμαρυγίες κ.ά.

Μεταμορφωσιγενή πετρώματα που προέρχονται από ιστολογική, ορυκτολογική ή/και χημική μεταβολή προϋπαρχόντων πετρωμάτων, πυριγενών, ιζηματογενών ή ακόμα και μεταμορφωμένων, σε συνθήκες διαφορετικές από αυτές που επικρατούν στην επιφάνεια της Γης, παραμένοντας όμως συνεχώς σε στερεή κατάσταση.

Χρησιμοποιήθηκαν λόγω της ιδιαίτερης αντοχής τους αλλά και ομορφιάς τους ως δομικά υλικά (δομικοί λίθοι). Κυριότερα είναι τα μάρμαρα και οι σχιστόλιθοι.

Ιζηματογενή πετρώματα που σχηματίζονται από υλικό το οποίο προκύπτει από την καταστροφή άλλων πετρωμάτων στην επιφάνεια της Γης. Τα ιζηματογενή πετρώματα ταξινομούνται σε:

- **Μηχανικά ή κλασικά** που προκύπτουν από τη μηχανική αποσάθρωση, είναι κλάσματα (κομμάτια) του μητρικού πετρώματος και σχηματίζουν τα μηχανικά ή κλαστικά ιζηματογενή πετρώματα. Ανάλογα με το μέγεθος των κλασμάτων ταξινομούνται σε διάφορες κατηγορίες.

- **Χημικά** που προκύπτουν από τη χημική αποσάθρωση, είναι χημικά διαλύματα από το μητρικό πέτρωμα. Αυτά τα διαλύματα όταν αυξηθεί η συγκέντρωση μέσα σε θάλασσες και λίμνες κατακάθονται και σχηματίζουν τα χημικά ιζηματογενή πετρώματα.

- **Βιογενή** που σχηματίζονται από τα υπολείμματα των διαφόρων οργανισμών και κυρίως από κελύφη, σκελετούς και εκκρίσεις ζωικών μικροοργανισμών.

Κυριότερα είναι οι ασβεστόλιθοι, δολομίτες κ.ά.

Μάρμαρο

Το μάρμαρο είναι πέτρωμα αποτελούμενο από ασβεσίτη (CaCO_3) ή από συνδυασμό του με δολομίτη ($\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$) και έχει δημιουργηθεί από μεταμόρφωση ιζηματογενών πετρωμάτων. Η λέξη ετυμολογείται από την αρχαιοελληνική «μάρμαρος», δηλ. «λαμπερός λίθος». Είναι ευγενής κρυσταλλικός ασβεστόλιθος σε σχετικά μεγάλες ποσότητες στη χώρα μας. Τα μάρμαρα αποτελούν σε συντριπτικό ποσοστό την πρώτη ύλη στην κατασκευή υπαίθριων μνημείων, καθώς και στην ελληνική γλυπτική και αρχιτεκτονική, λόγω του εύκολου σμιλεύματος και της απόδοσης ενός καλαισθητού αποτελέσματος.

Ο χρωματισμός και οι ιδιότητες του μαρμάρου επηρεάζονται από τον τρόπο σχηματισμού του και τις προσμίξεις που περιέχει π.χ. μάρμαρο

ασβεστικής σύστασης είναι λευκό, ενώ μάρμαρο με προσμίξεις οξειδίων σιδήρου είναι ελαφρά κίτρινο ή κόκκινο κ.τ.λ.

Λόγω της ύπαρξης στη χώρα μας ποσοτήτων μαρμάρου, σημαντικά μνημεία στη χώρα έχουν κατασκευαστεί με αυτό. Τα γνωστότερα ελληνικά μάρμαρα είναι: το Πεντελικό (χιονόλευκο), του Υμηττού (απόχρωση τέφρας), της Πάρου (χιονόλευκο διαφανές), της Καρύστου (λευκό έως ανοικτότεφρο) κ.ά. (Παυλογεωργάτος, 2003 & Κωνσταντιδέλλη, 2011).

Επιπτώσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο μάρμαρο

Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί τον μεγαλύτερο εχθρό των μαρμάρων γιατί συμβάλλει στην αύξηση του ποσοστού συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου, του άνθρακα, των οξειδίων του αζώτου και των αιωρούμενων σωματιδίων προξενώντας σοβαρές φθορές στα μνημεία που έχουν ως δομικό υλικό το μάρμαρο. Τα σωματίδια μεγαλύτερου μεγέθους δημιουργούν κυψελίδες στην επιφάνεια των μνημείων, ενώ τα μικρότερα προσκολλώνται και δημιουργούν επικαθίσεις, μαύρες από την αιθάλη, κόκκινες από τα οξείδια του σιδήρου. Αυτά επικάθονται στις επιφάνειες των μνημείων, προκαλώντας διάβρωση και αποσύνθεση μειώνοντας την αισθητική τους αξία και τη γενικότερη αντοχή τους.



Καθαρισμός επικαθίσεων με χρήση λέιζερ - Αρχείο ΥΣΜΑ

(<http://www.ysma.gr/συντήρηση-εργασίες>)

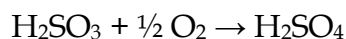
Στην ατμόσφαιρα βιομηχανικών περιοχών και μεγαλουπόλεων είναι αυξημένη η συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα, διοξειδίου του θείου και οξειδίων του αζώτου. Τα αέρια αυτά με το νερό της βροχής διαλύονται και μετατρέπονται σε οξέα, οπότε και έχουμε την χαρακτηριστική όξινη βροχή. Τα αποτελέσματα της όξινης προσβολής γίνονται αντιληπτά στα γλυπτά που βρίσκονται εκτεθειμένα στη βροχή, γι' αυτό και τα χαρακτηριστικά του προσώπου αλλοιώνονται εμφανώς. Χαρακτηριστικά παραδείγματα όξινης προσβολής έχουμε στην Αθήνα και τη Ρώμη όπου η οξύτητα των βροχοπτώσεων έχει προκαλέσει ζημιά σε πολύ σημαντικά μνημεία όπως η Ακρόπολη και το Κολοσσαίο.

Συνεπώς οι ρύποι, εκτός από τα αιωρούμενα σωματίδια, που προκαλούν φθορές στις μαρμάρινες επιφάνειες είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το διοξείδιο του θείου (SO_2), τα οξείδια του αζώτου (NO_x).

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) σε αυξημένες συγκεντρώσεις (αποτέλεσμα ανθρωπογενών δραστηριοτήτων) που υπάρχει διαλυμένο στο νερό της βροχής διαλυτοποιεί αργά τον ασβεστίτη δημιουργώντας το αρκετά διαλυτό όξινο ανθρακικό ασβέστιο (CaHCO_3)₂ το οποίο όταν το νερό εξατμιστεί δημιουργεί ξανά ανθρακικό ασβέστιο. Το φαινόμενο αυτό λέγεται «καρστικό» και εκδηλώνεται σαν «ζάχαρη» στην επιφάνεια του μαρμάρου προκαλώντας τη λεγόμενη «ζαχαροποίηση του μαρμάρου». Η ταχύτητα διάβρωσης των μαρμάρων (ασβεστόλιθων) από το περιεχόμενο στο νερό διοξείδιο του άνθρακα εκτιμάται από μερικά χιλιοστά του μέτρου έως και ένα εκατοστό του μέτρου ανά 100 χρόνια. Η προσβολή των μνημείων από το περιεχόμενο διοξείδιο του άνθρακα στο βρόχινο νερό είναι μικρότερη από την αντίστοιχη προσβολή από διοξείδιο του θείου (SO_2) ή οξείδια του αζώτου (NO_x). (Παυλογεωργάτος, 2003)

Το διοξείδιο του θείου (SO_2) είναι ένας ρύπος που συντελεί στη φθορά του μαρμάρου. Είναι ένα σχετικά σταθερό αέριο σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, όταν δεν υπάρχει υγρασία σε καθαρή ατμόσφαιρα. Με την παρουσία όμως υγρασίας, διαφόρων άλλων ενώσεων και ρυπαντών και της

ηλιακής ακτινοβολίας υφίστανται καταλυτική οξείδωση με αποτέλεσμα τη μετατροπή του σε θειικό οξύ: $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$



Το θειικό οξύ της όξινης πλέον βροχής, πριν καταλήξει στο έδαφος δρα καταλυτικά στα μνημεία, ερχόμενη σε επαφή με το ανθρακικό ασβέστιο των μαρμάρινων επιφανειών, εισχωρεί στους πόρους του μαρμάρου, διαλύοντας την επιφάνειά του. Αυτή η διάβρωση του μαρμάρου είναι γνωστή ως «όξινη προσβολή» και προκαλεί πρόβλημα σε ιστορικής αξίας μνημεία. Μια πρώτη αντιμετώπιση της «όξινης προσβολής» είναι η στέγαση των μνημείων ώστε να αποφεύγεται η επαφή τους με το βρόχινο νερό (Παυλογεωργάτος, 2003 & Κωνσταντιδέλλη, 2011).

Σε τμήματα που δεν βρέχονται από την όξινη βροχή, εμφανίζεται το φαινόμενο της θείωσης ή γυψοποίησης του μαρμάρου κατά την οποία το ανθρακικό ασβέστιο του μαρμάρου μετατρέπεται σε γύψο, που παραμένει στην επιφάνεια και μέχρι ένα ορισμένο πάχος διατηρεί το ανάγλυφο της (ΥΣΜΑ, 2015). Η διαφορά όξινης βροχής και γυψοποίησης είναι ότι στην πρώτη περίπτωση καταστρέφονται οριστικά οι λεπτομέρειες των μαρμάρινων μνημείων ενώ στη δεύτερη περίπτωση υπάρχει δυνατότητα αποκατάστασης αν το στρώμα έχει μικρό πάχος. Επίσης το διοξείδιο του θείου ευθύνεται για τον αποχρωματισμό των μαρμάρων.

Τα οξείδια του αζώτου (NO_x) και συγκεκριμένα το μονοξείδιο (NO) και το διοξείδιο (NO_2) παρουσία υγρασίας και ακτινοβολιών μετατρέπονται σε νιτρικό οξύ (HNO_3). Το νιτρικό οξύ αντιδρά με την μαρμάρινη επιφάνεια, προσβάλλει το ανθρακικό ασβέστιο με αποτέλεσμα να χαθούν οι ανάγλυφες λεπτομέρειες των μαρμάρινων μνημείων μέσω της απώλειας δομικού υλικού. (Παυλογεωργάτος, 2003 & Κωνσταντιδέλλη, 2011).

3.4.3 Χαρτί

Το χαρτί, είναι μια κινέζικη εφεύρεση με ηλικία περί τα δύο χιλιάδες χρόνια που άφησε ανεξίτηλα ίχνη σε όλους τους πολιτισμούς. Είναι το κατεξοχήν υλικό στο οποίο καταγράφεται η ιστορία του ανθρώπου, η

πνευματική και η τεχνολογική του ανάπτυξη. Πάνω στο χαρτί ο άνθρωπος έχει καταγράψει - εκτυπώσει τη συντριπτική πλειοψηφία των επιτευγμάτων του (επιστημονικών, τεχνολογικών) καθώς και τα διάφορα καλλιτεχνικά δημιουργήματά του (Παυλογεωργάτος, 2003).

Η γραπτή επικοινωνία των ανθρώπων υπολογίζεται ότι άρχισε περίπου το 40.000 π.Χ. Ως πρώτα δείγματα γραφής μπορούν να θεωρηθούν οι σπηλαιογραφίες, οι βραχογραφίες και τα πετρόγλυφα.

Πραγματικό χαρτί εφευρέθηκε από τους Κινέζους κατά τη διάρκεια της δυναστείας των Χαν (202 π.Χ. - 220 μ.Χ.). Η ανακάλυψη του χαρτιού αποδίδεται στον Κινέζο αξιωματούχο Ts'ai Lun το 105 μ.Χ. (Σκεπαστιανού, 1998). Η τεχνική κρατήθηκε μυστική αλλά μάλλον χρησιμοποιήθηκαν φυτικές ίνες από το εσωτερικό του φλοιού της μουριάς και ίνες κάνναβης. Το πρώτο ευρωπαϊκό χειρόγραφο σε χαρτί χρονολογείται το 1109 μ.Χ. στη Σικελία. Το 1228 χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το χαρτί στην Γερμανία, το 1309 στην Αγγλία και το 1322 στην Ολλανδία. Στη συνέχεια λειτούργησαν χαρτοποιίες το 1340 στη Γαλλία, το 1390 στη Γερμανία, το 1495 στη Βρετανία, το 1576 στη Ρωσία, το 1586 στην Ολλανδία και το 1635 στη Δανία. Στην αρχή το χαρτί στην Ευρώπη αντιμετωπίστηκε με δυσπιστία, όχι μόνο γιατί ήταν ακριβότερο και ευπαθέστερο από την περγαμηνή, αλλά και γιατί οι χριστιανοί αποδοκίμαζαν, ακόμη και κατάστρεφαν, ό,τι είχε σχέση με τον ισλαμικό πολιτισμό. Παρ' όλα αυτά, οι γραφείς σύντομα κατάλαβαν ότι το καινούριο υλικό θα αντικαθιστούσε στο άμεσο μέλλον την περγαμηνή (Φιλιππακοπούλου, 2009).

Ιστορικά, το χαρτί έχει χρησιμοποιηθεί για τη συγγραφή ή εκτύπωση της συντριπτικής πλειοψηφίας των σωζόμενων μέχρι σήμερα γραπτών πηγών του ανθρώπου. Τα χειρόγραφα, τα βιβλία και τα αρχειακά έγγραφα δημιουργήθηκαν, όπως είναι γνωστό, με σκοπό να διαφυλάξουν ένα συγκεκριμένο κείμενο. Η εκάστοτε μορφή τους συνδεόταν με την εξελικτική πορεία των πρώτων υλών κάθε εποχή και τόπου (Κωνσταντίνου, 1988). Το χαρτί στη μ.Χ. εποχή ήταν το κυρίως υλικό διαφύλαξης όλων των γραπτών

κειμένων. Πάνω στο χαρτί φιλοξενήθηκαν επίσης σημαντικά έργα διαφόρων ειδών καλλιτεχνίας όπως η ζωγραφική, η συγγραφή μουσικής κ.τ.λ.

Οι ιδιότητες του χαρτιού επηρεάζουν σημαντικά τη συμπεριφορά του κατά την παραγωγή, εκτύπωση, χρήση και μεταποίησή του. Εξαρτώνται από τη σύνθεση της χαρτομάζας, τη μέθοδο πολτοποίησης, τα χρησιμοποιούμενα πρόσθετα και τις ειδικές επεξεργασίες που έχει υποστεί το χαρτί.

Διακρίνονται σε: (α) **φυσικές ιδιότητες** (βάρους ανά μονάδα επιφάνειας, πάχος, πυκνότητα, ειδικό όγκο, διευθύνσεις χαρτιού, πορώδες, ομαλότητα επιφάνειας κ.ά.), (β) **μηχανικές ιδιότητες** (αντοχή σε εφελκυσμό, σχίσιμο, διάρρηξη, αναδίπλωση, κάμψη, θλίψη κ.ά.), (γ) **οπτικές ιδιότητες** (απορρόφηση, βαθμό ανάκλασης, λευκότητα, φωτεινότητα, χρώμα, λάμψη, φθορισμός κ.ά.), (δ) **χημικές ιδιότητες** (χημικές ιδιότητες συστατικών του π.χ. υδρόλυση κυτταρίνης κ.τ.λ.) (Φιλιππακοπούλου, 2009).

Επιπτώσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο χαρτί

Στην ατμόσφαιρα των πυκνοκατοικημένων πόλεων, όπου βρίσκονται οι μεγαλύτερες βιβλιοθήκες, αιωρούνται πολλά μικροσωματίδια και διαβρωτικά αέρια που τη ρυπαίνουν επικίνδυνα. Τα μικροσωματίδια που αποκαλούνται σκόνη είναι καπνιά, πίσσα, οξειδία μεταλλικά, άμμος κ.τ.λ. επικάθονται στα βιβλία, κάτω από αυξημένη κυρίως σχετική υγρασία και προκαλούν ή επιταχύνουν μια σειρά από καταστροφικές χημικές αντιδράσεις, όπως οξειδώσεις, υδρολύσεις κ.τ.λ. Η σκόνη, η βρωμιά και άλλα μικροσωματίδια καταστρέφουν το χαρτί μέσω διαβρωτικών ενεργειών. Με την παρουσία υγρασίας μπορεί να αφήσουν επίσης μόνιμους λεκέδες στο χαρτί.

Με την ρύπανση της ατμόσφαιρας καταστρέφεται η δομή του χαρτιού. Τα διαβρωτικά αέρια προερχόμενα κυρίως από διάφορες καύσεις καταστρέφουν το χαρτί. Το διοξείδιο του θείου (**SO₂**) και το διοξείδιο του αζώτου (**NO₂**) συνδυαζόμενα με την υγρασία του αέρα μετατρέπονται σε θειικό και νιτρικό οξύ αντίστοιχα (**H₂SO₄** & **HNO₃**) που έχουν καταστροφικά αποτελέσματα στο χαρτί.



Διάβρωση χαρτιού από την υγρασία

<http://www.nomika-epilekta.gr/strepsodikopanoyrgia/dokimia/epidraseis-toy-periballontos-se-mnimeia>

Τα οξειδία του αζώτου (NO_x), συνδυαζόμενα με την υγρασία δίνουν νιτρικό οξύ (HNO_3) που προσβάλλει το χαρτί. Επίσης τα οξειδία του αζώτου (NO_x) μετατρέπονται με το ηλιακό φως σε όζον (O_3) έναν άλλο παράγοντα ρύπανσης που προκαλεί οξειδωση και κάνει το χαρτί εύθραυστο. Στις παράκτιες περιοχές αιωρούνται χλωριούχα μόρια (αλάτι) που με την υγρασία μετατρέπονται σε υδροχλωρικό οξύ (HCl) και διαβρώνουν το χαρτί. Οι ουσίες αυτές γίνονται περισσότερο επικίνδυνες σε συνδυασμό με τα υψηλά ποσοστά υγρασίας (Κωνσταντίνου, 1988 & Σκεπαστιανού, 1998).

3.4.4 Ξύλο

Το ξύλο σύμφωνα με την βοτανική είναι η σκληρή, ινώδης κυτταρική ουσία από την οποία αποτελούνται τα κλαδιά, ο κορμός και οι ρίζες των γνωστών και ως ξυλωδών φυτών. Ξύλο παράγεται από όλα τα αγγειόφυτα, τα ποώδη, τα θαμνώδη και τα δενδρώδη φυτά. Το ξύλο είναι ανισότροπο, υγροσκοπικό και ανομοιογενές υλικό, το οποίο στη φυσική του κατάσταση καίγεται εύκολα, σαπίζει, έχει μεταβλητή δομή και ιδιότητες, προσβάλλεται από ποικιλία ζώντων οργανισμών και απειλείται από τις συχνές μεταβολές των περιβαλλοντικών συνθηκών (π.χ. υγρασία, θερμοκρασία κ.ά.)

Το ξύλο ως υλικό έχει πολλά πλεονεκτήματα. Χαρακτηρίζεται από μεγάλη ποικιλία ειδών και χρωμάτων, είναι σημαντικό δομικό υλικό με

μεγάλες κατασκευαστικές δυνατότητες, είναι φυσικό, ανανεώσιμο, ανακυκλώσιμο και βιοδιασπώμενο, η επεξεργασία του δεν απαιτεί μεγάλη κατανάλωση ενέργειας και ακριβό εξοπλισμό, παρουσιάζει αντοχή στα αραιά όξινα διαλύματα κ.τ.λ. Λόγω αυτών των πλεονεκτημάτων το ξύλο ως υλικό χρησιμοποιείται από την προϊστορική περίοδο έως και σήμερα ανελλιπώς. Το ξύλο μαζί με την πέτρα είναι τα δύο πρώτα υλικά που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος στον αγώνα για την επιβίωσή του. Το ξύλο είναι ένα σημαντικό υλικό από το οποίο αποτελείται μεγάλο μέρος της υλικής πολιτιστικής κληρονομιάς κάθε κοινωνίας.

Η ξυλεία ανάλογα με την προέλευσή της χωρίζεται σε «μαλακή ξυλεία» (παράγεται από γυμνόσπερμα ή κωνοφόρα ή βελονοφόρα δένδρα) και σε «σκληρή ξυλεία» (παράγεται από αγγειόσπερμα ή πλατύφυλλα δένδρα). Ο διαχωρισμός αυτός βασίζεται στη βοτανική ταξινόμηση των δένδρων που την παράγουν και δε σημαίνει απαραίτητα ότι τα ξύλα που ανήκουν στη σκληρή ξυλεία έχουν πάντοτε μεγαλύτερη πυκνότητα και σκληρότητα από αυτά που ανήκουν στη μαλακή ξυλεία.

Τα πρώτα σπίτια μετά τις σπηλιές, τα πρώτα όπλα και αρκετά από τα πρώτα εργαλεία του ανθρώπου ήταν από ξύλο. Αρχαία ξύλινα αντικείμενα χρονολογούνται πριν από 3 έως 4 χιλιάδες χρόνια (εποχή των Φαραώ). Ναοί και τάφοι, όπως και η ανακάλυψη αρκετών αρχαίων ναυαγίων, επιβεβαιώνουν τη χρήση του ξύλου σε μια ποικιλία χρήσεως από τους προγόνους μας (Παυλογεωργάτος, 2003).

Επιπτώσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο ξύλο

Ως προς τη σχέση του ξύλου με τους αέριους ρυπαντές θα πρέπει να επισημανθούν τα ακόλουθα. Η ικανότητα του ξύλου να απορροφά αέριους ρυπαντές εξαρτάται από το είδος του, την ανατομική κατεύθυνσή του, τις διαστάσεις και την ηλικία του, το αν είναι σομφό ή εγκάρδιο και την πυκνότητα και συγκέντρωση του αερίου. Όσο η θερμοκρασία αυξάνεται, μειώνεται η απορρόφηση των αέριων ρυπαντών από το ξύλο. Όσο

μεγαλύτερη είναι η υγρασία του περιβάλλοντος χώρου, τόσο αυξάνει η πιθανότητα έναρξης αντιδράσεων.

Το διοξείδιο του θείου (SO_2) μπορεί εύκολα με τη βοήθεια της υγρασίας, να μετατραπεί σε ισχυρό θειικό οξύ (H_2SO_4) προκαλώντας κατά την απορρόφησή του από το ξύλο, μέχρι και την αποικοδόμηση των ινών του προκαλώντας μείωση της μηχανικής αντοχής του και πιθανόν αστοχίες σε ξύλινες κατασκευές. Η παρουσία των ατμοσφαιρικών ρυπαντών δρα σε συνέργεια με την υπερϊώδη ακτινοβολία σε ορισμένες περιπτώσεις, εντείνοντας τις επιπτώσεις που έχουν από μόνες τους. Όταν υπάρχουν υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του θείου (SO_2) και οξειδίων του αζώτου (NO_x), η ταχύτητα της αποσάθρωσης και της διάβρωσης του ξύλου αυξάνεται. Το όζον (O_3) είναι δυνατόν να οξειδώσει δομικές ενώσεις του ξύλου. Τα αιωρούμενα σωματίδια επίσης προκαλούν: α) τη λείανση των χαρακτηριστικών των ξύλινων αντικειμένων, όταν προσπίπτουν με ταχύτητα στην επιφάνειά τους, β) την αισθητική ρύπανση των ξύλινων αντικειμένων, γ) την ανάπτυξη μικροοργανισμών στην επιφάνεια των ξύλινων αντικειμένων, δ) τη δημιουργία πρόσθετου υγροσκοπικού στρώματος και ε) τη δημιουργία, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, όξινου περιβάλλοντος, το οποίο φθείρει ιδιαίτερα τις βαφικές ύλες των ζωγραφισμένων ξύλινων επιφανειών π.χ. λατρευτικές εικόνες σε εκκλησίες κ.λπ. (Παυλογεωργάτος, 2003).

3.4.5 Υφάσματα

Η υφαντουργία είναι η τέχνη της δημιουργίας υφάσματος με σταύρωση ή πλέξη διαφόρων νημάτων. Είναι μια τέχνη η οποία από την αρχαιότητα απασχόλησε και αναπτύχθηκε από τον άνθρωπο και κάλυψε τις ανάγκες του για ένδυση, διακόσμηση και ένδειξη σε αρκετές περιπτώσεις κύρους και πλούτου. Τα νήματα που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία των υφασμάτων ανήκουν σε τρεις βασικές κατηγορίες με βάση την προέλευσή τους:

α) τα ζωικά, νήματα που προέρχονται από την επεξεργασία του μαλλιού κυρίως των προβάτων, των τράγων, των αρνιών κ.τ.λ. καθώς και το μετάξι που προέρχεται από τους μεταξοσκώληκες,

β) τα φυτικά, τα νήματα που προέρχονται από το βαμβάκι, το λινάρι, την κάνναβη και οποιασδήποτε άλλης φυτικής ίνας και

γ) τα συνθετικά, αυτά που δεν ανήκουν στις δύο προηγούμενες κατηγορίες. Για παράδειγμα τα νάιλον υφάσματα, τα υφάσματα που είναι σύνθεση φυσικών και τεχνητών ινών ή σύνθεση δύο φυσικών υφαντικών υλών.

Ιστορικά η ύφανση εμφανίστηκε ως οικιακή απασχόληση και έχει παραμείνει σε αρκετές υποανάπτυκτες χώρες ακόμα και σήμερα. Σύμφωνα με τα αρχαιολογικά ευρήματα, η τέχνη της ύφανσης ήταν γνωστή από τη νεολιθική περίοδο, όπου οι άνθρωποι τη χρησιμοποιούσαν για τη δημιουργία των πρώτων υφασμάτων κυρίως από φυτικές ίνες. Την εποχή εκείνη φαίνεται να παρουσιάζεται και ο πρώτος αργαλειός. Στη δύση η υφαντική τέχνη έγινε γνωστή κατά τους ρωμαϊκούς χρόνους και με τη διάδοση του μεταξιού γνώρισε μεγάλη άνθηση. Το ύφασμα έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως από τον άνθρωπο κυρίως για την ένδυσή του, αλλά και τη δημιουργία διαφόρων τεχνουργημάτων (Παυλογεωργάτος, 2003).

Επιπτώσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα υφάσματα

Η πραγματικότητα για τα ιστορικά υφάσματα είναι πολύπλοκη, διότι σχεδόν κανένα ύφασμα δεν είναι βαμμένο με μία και μόνη φυσική βαφή, αλλά με συνδυασμούς. Δεν έχουν όλα τα υφάσματα την ίδια ευαισθησία και πολύ συχνά διαφορετικά είδη ινών εμπλέκονται στη δομή ενός ιστορικού υφάσματος. Οι φυσικές βαφές σε συνδυασμό με τον τύπο του υποστρώματος (ίνες) μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά ή θετικά τη συμπεριφορά του υφάσματος. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και οι αέριοι ρυπαντές παίζουν ρόλο και επιδρούν στα ιστορικά υφάσματα (Κουσουλού, 2011). Γενικά σε όλα τα είδη υφασμάτων βασική επίπτωση των

αέριων ρυπαντών είναι το σπάσιμο της ύφανσης εξαιτίας της απώλειας της ελαστικότητάς τους και η αποχρωμάτισή τους (Μελάς κ.ά. , 2000).

Αναλυτικότερα τα βαμβακερά υφάσματα παρ' όλο που αποτελούνται από φυτικές ίνες που είναι πιο ανθεκτικές από τις αντίστοιχες ζωικές προσβάλλονται από την υγρασία η οποία προκαλεί το φούσκωμα και την μαλάκυνση των ινών του και το περιβάλλον για τη δημιουργία μούχλας και την ανάπτυξη διαφόρων μυκήτων. Η μειωμένη θερμοκρασία και η έλλειψη φωτισμού στα αποθηκευμένα υφάσματα, αυξάνει την υγρασία και ο έντονος φωτισμός προκαλεί αλλοίωση των χρωμάτων και μείωση της αντοχής τους. Τα μάλλινα υφάσματα προσβάλλονται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν στο χώρο φύλαξής τους όπως η υγρασία, η θερμοκρασία, η ατμοσφαιρική ρύπανση, τα αιωρούμενα σωματίδια κ.ά. που ευνοούν την φθορά των χαρακτηριστικών τους και της ανθεκτικότητάς τους. Τέλος το μετάξι απορροφά την υγρασία, είναι σχετικά ανθεκτικό στις υψηλές θερμοκρασίες (έως 170° C), σπάνια προσβάλλεται από μούχλα, όμως μπορεί να αποσυντεθεί μετά από εκτεταμένη έκθεση στον ήλιο και είναι πολύ ευαίσθητο στην ατμοσφαιρική ρύπανση (Παυλογεωργάτος, 2003).

Όταν τα υφασμάτινα αντικείμενα είναι ευρήματα αρχαιολογικά, εάν η αποκάλυψή τους γίνει χωρίς καμία προφύλαξη, το αποτέλεσμα θα είναι η άμεση απανθράκωσή τους. Τα υφάσματα συνήθως ανακαλύπτονται ως ευρήματα τάφων. Στο εσωτερικό των τάφων το περιβάλλον χαρακτηρίζεται από σχετικά σταθερή θερμοκρασία, υγρασία και από απουσία φωτός και συνήθως οξυγόνου. Η αποκάλυψή τους στην ατμόσφαιρα, παρουσία ρυπαντών, οξυγόνου, ηλιακής ακτινοβολίας, πιθανόν αυξημένης υγρασίας και θερμοκρασίας προκαλεί οξειδωτικές δράσεις που συνήθως οδηγούν στην ολική καταστροφή του υφάσματος μέσω της απανθράκωσης (Παυλογεωργάτος, 2003).

3.4.6 Γυαλί

Το γυαλί είναι υλικό στερεό και άμορφο, δηλαδή δεν παρουσιάζει κρυσταλλική δομή. Είναι διάφανο ή ημιδιάφανο, εύθραυστο, άκαμπτο και

σκληρό. Η διαφάνειά του αφορά το ορατό φως, γιατί το κοινό γυαλί είναι αδιάφανο για την υπεριώδη ακτινοβολία. Το γυαλί κατασκευάζεται κυρίως από μίγμα άμμου (SiO_2), ανθρακικού νατρίου (σόδα: Na_2O_3), ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3). Μπορεί να περιέχει επίσης δολομίτη, οξειδία βαρίου, αργιλίου, φωσφόρου, μολύβδου και ψευδαργύρου. Παρότι είναι άκαμμπο υλικό, όταν θερμανθεί σε υψηλές θερμοκρασίες γίνεται πλαστικό και εύκαμπο. Η θερμοκρασία κατεργασίας του είναι περίπου 1500°C στην οποία κατεργάζεται εύκολα σε διάφορες μορφές και χρωματισμούς με την προσθήκη διάφορων μεταλλικών αλάτων στο αρχικό μίγμα. Η εύκολη κατεργασία του σε διάφορες μορφές, η λάμψη του, η διαφάνειά του, η σκληρότητά του, βοήθησαν στην ευρεία διάδοσή του και στην χρήση του για την κατασκευή πολλών αντικειμένων (Παυλογεωργάτος, 2003 & Κωνσταντιδέλλη, 2011).

Η εμφάνιση του γυαλιού χρονολογείται στις αρχές της παλαιολιθικής εποχής, όχι βέβαια με τη μορφή χειροποίητου γυαλιού, αλλά μέσω ηφαιστειογενών πετρωμάτων όπως π.χ. λεπτά φύλλα οψιδιανού για την κατασκευή και διακόσμηση όπλων. Η εφεύρεση της παρασκευής του γυαλιού ανήκει πιθανότατα στους Αιγυπτίους γιατί γνώριζαν να παραλαμβάνουν μέσω της τήξης τα μέταλλα από τα ορυκτά και είχαν εμπειρία στην κατασκευή ειδών από άργιλο (Παυλογεωργάτος, 2003). Στην αρχαιότητα το γυαλί καλυπτόταν από ένα πέπλο μυστηρίου και θεωρείτο ως υλικό με μαγικές ιδιότητες. Αρχικά μάλιστα ήταν ιδιαίτερα σπάνιο και πολύτιμο, τόσο όσο και ο χρυσός. Σε κείμενα της Γραμμικής Β' γραφής συναντάμε τη λέξη «κύανος», που αναφέρεται στο γνωστό σκούρο μπλε, λαμπερό υλικό. Σε μεταγενέστερες πηγές συναντάμε τον όρο «λίθος χυτή» και «ύαλος» λέξη η οποία επικράτησε στο ελληνικό λεξιλόγιο (Γεωργοπούλου, 2015).

Το γυαλί συναντάται συχνά σε μνημεία και τάφους ενώ έχει χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή αγγείων και ειδών οικιακής χρήσεως, υαλοπινάκων, καλλιτεχνημάτων, κοσμημάτων και ως διακοσμητικό υλικό π.χ. στη βυζαντινή περίοδο με τη μορφή γυάλινων ψηφίδων. Επίσης το γυαλί έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλά ιστορικά κτίρια και ναούς, όχι μόνο για τα

παράθυρα αλλά και για τη δημιουργία εκπληκτικών υαλογραφιών, βιτρό (Παυλογεωργάτος, 2003 & Κωνσταντιδέλλη, 2011).

Επιπτώσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο γυαλί

Αν και το γυαλί είναι ένα σταθερό και ισχυρό υλικό, όταν βρεθεί σε άμεση επαφή με την υγρασία, σε αέρια ή υγρή μορφή είναι ευάλωτο στη φθορά. Τα συστατικά του είναι αρκετά υγροσκοπικά με αποτέλεσμα να διευκολύνεται η διάβρωση. Έτσι το γυαλί μπορεί εύκολα να οδηγηθεί σε αποχρωματισμό, απώλεια διαφάνειας, στιλπνότητας ή και απώλεια υλικού. Μπορεί λόγω της υγρασίας να μετατραπεί σε εύθραυστο υλικό που εύκολα ρηγματώνεται, απολεπίζεται, διαβρώνεται και θρυμματίζεται. Το νερό της βροχής αποτελεί σημαντικό παράγοντα φθοράς. Τα ιόντα νατρίου (Na^+) και καλίου (K^+) αντικαθίστανται από ιόντα υδρογόνου (H^+) του νερού και σε συνεργασία με τη θερμοκρασία επέρχεται θάμπωμα και εφίδρωση οδηγώντας στη διάβρωση.

Στην περίπτωση της όξινης βροχής πάνω στο γυαλί ρέει νερό το οποίο εμπεριέχει όξινο ανθρακικό ασβέστιο [$\text{Ca}_2(\text{HCO}_3)_2$]. Με την εξάτμιση του νερού το γυαλί θαμπώνει. Το ίδιο μπορεί να συμβεί και το σχηματισμό δρόσου από υδρατμούς της ατμόσφαιρας που μπορεί να περιέχουν ως αιωρούμενα σωματίδια, σκόνη ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3). Σε περίπτωση που στο νερό περιέχεται διάλυμα υδρασβέστου, το γυαλί προσβάλλεται χημικά με βελονισμούς από την αλκαλικότητα του διαλύματος. Λόγω του ότι πρόκειται για άμορφο υλικό επειδή τα μόριά του αποκτούν μεγάλη κινητικότητα κι εγκλωβίζουν μόρια αζώτου και αέρα, το γυαλί χάνει τη διαφάνειά του. Όταν το γυαλί είναι ακάθαρτο η επίδραση απόθεσης ρύπων και ουσιών επιφέρει διάβρωση με βελονισμούς. Ένα γυαλί που βρίσκεται σε εξωτερικό χώρο απειλείται σημαντικά από τη μηχανική δράση των αιωρούμενων σωματιδίων τα οποία διαβρώνουν την επιφάνειά του. Οι αιωρούμενοι ρύποι προκαλούν ταχεία επιδείνωση της κατάστασης διατήρησης βιτρό παραθύρων και οι αερομεταφερόμενοι ρύποι σε συνεργασία με την υψηλή σχετική υγρασία ευθύνονται για τα περισσότερα

κρούσματα αυξημένης διάβρωσης που παρατηρούνται τα τελευταία χρόνια σε γυάλινα παράθυρα ιστορικών κτιρίων (Κωνσταντιδέλλη, 2011).

4ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα σημαντικότερα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εκπόνηση της συγκεκριμένης Πτυχιακής Εργασίας είναι τα ακόλουθα :

- Η ατμοσφαιρική ρύπανση, εκτός από τις σημαντικές επιπτώσεις που έχει στην ποιότητα και στη διάρκεια της ανθρώπινης ζωής, έχει σοβαρές επιπτώσεις και στην υλική πολιτιστική κληρονομιά.
- Οι ρυπογόνες ενώσεις σε συνεργασία με την υγρασία της ατμόσφαιρας επιδρούν στα υλικά της πολιτιστικής κληρονομιάς με αποτέλεσμα τη διάβρωση ή την οξειδωσή τους, το θρυμματισμό τους, την επιτάχυνση της γήρανσής τους κ.τ.λ.

Συγκεκριμένα:

- Το διοξείδιο του θείου (SO_2) επιδρά κυρίως στα μέταλλα, στο μάρμαρο, στο χαρτί & στο ξύλο.
- Το όζον (O_3) επιδρά κυρίως στα μέταλλα, στο χαρτί & στο ξύλο.
- Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) επιδρά κυρίως στα μέταλλα, στο μάρμαρο & στο γυαλί.
- Τα οξείδια του αζώτου (NO_x) επιδρούν κυρίως στα μέταλλα, στο μάρμαρο, στο χαρτί & στο ξύλο.
- Το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) επιδρά κυρίως στα μέταλλα, στο μάρμαρο, στο χαρτί & στο ξύλο.
- Τα αιωρούμενα σωματίδια επιδρούν κυρίως στο μάρμαρο, στο χαρτί, στα υφάσματα & στο γυαλί.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. UNESCO, (2001). *Οικουμενική διακήρυξη της Unesco για την Πολιτιστική Πολυμορφία*. Παρίσι: UNESCO.
2. Αλμπάνης, Τ. (2005). *Ρύπανση και Τεχνολογία Προστασίας Περιβάλλοντος*, (Γ' Έκδοση). Ιωάννινα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
3. Ανδρεάδη, Α. (2009). *Ανάλυση δεικτών Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης*. Διπλωματική Εργασία. Επιβλ. Καθηγητής Σφακιανάκης Μ. Πειραιάς: Πανεπιστήμιο Πειραιώς Τμήμα Οργάνωσης και Διοίκησης Επιχειρήσεων.
4. Βούλγαρη, Ε., Ορφανίδου, Χ. (2012). *Ατμοσφαιρική Ρύπανση*. Μεταπτυχιακή Εργασία Υπ. Καθηγήτρια Αριανούτσου Μ. Αθήνα: ΕΚΠΑ, Τμήμα Βιολογίας.
5. Γεντεκάκης, Ι. (1999). *Ατμοσφαιρική Ρύπανση. Επιπτώσεις, έλεγχος και Εναλλακτικές Τεχνολογίες*. Θεσσαλονίκη: Τζιόλα.
6. Εγγλέζου, Μ. (2012). *Σχεδιασμός και υλοποίηση δίγλωσσης διαδικτυακής εφαρμογής για την προβολή και την ανάδειξη των οθωμανικών μνημείων της Λέσβου*. Μεταπτυχιακή διατριβή. Επιβλ. Καθηγητής Παυλογεωργάτος Γ. Μυτιλήνη: Πανεπιστήμιο Αιγαίου. Τμήμα Πολιτιστικής Τεχνολογίας και Επικοινωνίας.
7. Ζαρογουλίδης, Κ., (2013). *Πρόλογος και Η άμυνα του αναπνευστικού συστήματος*. Στο Ζαρογουλίδης Κ. και συνεργάτες, Πνευμονολογία. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Ιατρική Σχολή – Τομέας Παθολογίας, UNIVERSITY STUDIO PRESS.
8. Θεοδόσης, Δ., (2005). *Επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης από μικροσωματίδια (PM_{2,5}/PM₁) στην περιοχή της Αθήνας*. Διπλωματική εργασία. Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Χαλουλάκου Α. Αθήνα: Ε.Μ.Π. και Πανεπιστήμιο Πειραιώς. Δ.Π.Μ.Σ. Οργάνωση και Διοίκηση Βιομηχανικών Συστημάτων, Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας και Προστασίας Περιβάλλοντος.
9. Κωνσταντιδέλλη, Β. (2011). *Διερεύνηση των επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα υπαίθρια μνημεία και δημιουργία διαδικτυακής πόλης ενημέρωσης*. Μεταπτυχιακή διατριβή. Επιβλ. Καθηγητής Παυλογεωργάτος Γ. Μυτιλήνη: Πανεπιστήμιο Αιγαίου Τμήμα Πολιτιστικής Τεχνολογίας και Επικοινωνίας.

10. Κωνσταντίνου, Ι. (1988). *Το χειρόγραφο, το βιβλίο, τα ιστορικά αρχεία. Τεχνολογία υλικών, πρόληψη φθορών, συντήρηση*. Αθήνα: Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης.
11. Λαζαρίδης, Μ. (2010). *Ατμοσφαιρική Ρύπανση με Στοιχεία Μετεωρολογίας* 2^η Έκδοση. Θεσσαλονίκη: Τζιόλα.
12. Μελάς, Δ., Αλεξανδροπούλου, Α., Αμοιρίδης, Β., Κακαρίδου, Μ., Σουλακέλλης, Ν., (2000). *Ατμοσφαιρική Ρύπανση*. Αθήνα: ΥΠΕΠΘ Β΄ ΚΟΙΝΟΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΤΗΡΙΞΗΣ. Ανάδοχος Φορέας Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
13. Μπαμπινιώτης, Γ., (1998). *Λεξικό της Νέας Ελληνικής Γλώσσας*. Αθήνα: Κέντρο Λεξικολογίας Ε.Π.Ε.
14. Παυλογεωργάτος, Γ. (2003). *Διατήρηση της υλικής Πολιτιστικής Κληρονομιάς*. Θεσσαλονίκη: Επίκεντρο Α.Ε.
15. Παυλογεωργάτος, Γ. (2012). *Ξύλο. Είδη ξύλου, χρήσεις, δομή, ιδιότητες, απειλές, προστασία*. Αθήνα: Προπομπός.
16. Ρεμουντάκη, Ε., (2010). *Αέρας και Ατμοσφαιρική Ρύπανση*. Αθήνα: WWF Ελλάς.
17. Σκεπαστιανού, Μ. (1998). *Διατήρηση τεκμηρίου βιβλιοθηκών και αρχείων*. Θεσσαλονίκη: Τυποφιλία.
18. Σκεπαστιανού, Μ., (2002). *Διατήρηση τεκμηρίων βιβλιοθηκών και αρχείων*. Θεσσαλονίκη. Τυποφιλία.
19. Σκορδούλης, Κ., Σωτηράκου, Μ. (2005). *Περιβάλλον Επιστήμη και Εκπαίδευση*. Αθήνα: Leader Books Α.Ε.
20. Τσιλιμπάρη, Ε., Αδαμόπουλος, Α. (Επιμέλεια). (2014). *Ετήσια Έκθεση Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης 2013*. Αθήνα: ΥΠΕΚΑ ΓΕΝ. Δ/ΝΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ.
21. Ψωμάς, Σ., Γεώργιας, Κ. (1998). *GREENPEACE AIRLAB. Η ατμοσφαιρική ρύπανση σε Αθήνα – Πειραιά – Θεσσαλονίκη*. Αθήνα: Greenpeace.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

- Νόμος 1650 της 15/16-10-1986. *Για την προστασία του περιβάλλοντος*. Φ.Ε.Κ. 160/Α'/16-10-1986.
[http: http://mio-ecsde.org/epeaek09/basic_docs/el_legislation-1650-1986.pdf](http://mio-ecsde.org/epeaek09/basic_docs/el_legislation-1650-1986.pdf)
(Πρόσβαση ΙΟΥΝΙΟΣ 2015)
- Γεωργοπούλου, Θ., (2015). *Το γυαλί στην αρχαιότητα*. Μουσείο Κυκλαδικής Τέχνης. Ίδρυμα Νικολάου και Ντόλλης Γουλανδρή
<http://www.cycladic.gr/frontoffice/portal.asp?cpage=resource&cresrc=828&cnode=55>
(Πρόσβαση ΙΟΥΝΙΟΣ 2015)
- ΥΣΜΑ (2015). *Υπηρεσία Συντήρησης Μνημείων Ακρόπολης*. Συντήρηση, φθορές, Γυψοποίηση.
[http: http://www.ysma.gr/συντήρηση-φθορές](http://www.ysma.gr/συντήρηση-φθορές).
(Πρόσβαση ΙΟΥΛΙΟΣ 2015)
- Φιλιππακοπούλου, Θ., (2009). *Ο κύκλος του Χαρτιού* (e-book).
<http://www.sites.google.com/site/paperFil/Home/paper-history-1>
<http://www.sites.google.com/site/paperFil/Home/paper-properties/mechanical-properties>
(Πρόσβαση ΙΟΥΛΙΟΣ 2015)
- Κουσουλό, Τ., (2011). *Αναστολείς Φωτοδιάβρωσης: Έλεγχος για τη Χρήση τους ως Υλικό Συντήρησης Ιστορικών Υφασμάτων*.
http://www.academia.edu/2094280/ΑΝΑΣΤΟΛΕΙΣ_ΦΩΤΟΔΙΑΒΡΩΣΗΣ_ΕΛΕΓΧΟΣ_ΠΑ_ΤΗ_ΧΡΗΣΗ_ΤΟΥΣ_ΩΣ_ΥΛΙΚΟ_ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ_ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ_ΥΦΑΣΜΑΤΩΝ
(Πρόσβαση ΙΟΥΛΙΟΣ 2015)

