

Επίδραση Ατμοσφαιρικών Ρύπων στα εκθέματα Μουσείων και στο υλικό Βιβλιοθηκών. Προϊόντα αλλοίωσης - Μέτρα αντιμετώπισης - Μέθοδοι ελέγχου

Σ. Ψαρρού, Α. Χαλουλάκου & Ν. Σπυρέλλης

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Αθήνα

Εισαγωγή

Τα γραπτά κείμενα καθώς και τα έργα τέχνης, τα οποία εκτίθενται, παρουσιάζονται και διατηρούνται στα Μουσεία, στις Πινακοθήκες, στις Βιβλιοθήκες και στα Αρχεία, αποτελούν σημαντικό τμήμα της πολιτισμικής κληρονομιάς, καθώς περιέχουν και μεταφέρουν μεγάλο όγκο πληροφοριών από τις μνήμες του παρελθόντος. Η οργανική φύση του υλικού αυτού όμως έχει σαν αποτέλεσμα τη γήρανση και προοδευτική αλλοίωσή του. Η συντήρηση και διατήρηση είναι έργο ιδιαίτερα δύσκολο, αφού η ποιότητα της ατμόσφαιρας εσωτερικών χώρων επιδρά σημαντικά και μπορεί να θέσει σε κίνδυνο τα υλικά αυτά. Είναι δε, ιδιαίτερα για τα βιβλία, τόσο μεγάλος αυτός ο κίνδυνος, ώστε ο W. J. Barrow υποστηρίζει ότι τα περισσότερα από αυτά που εκδόθηκαν κατά το πρώτο ήμισυ του 20ού αιώνα, δεν θα είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν στον 21ο.

Η παρούσα ανακοίνωση αναφέρεται στην επίδραση διαφόρων ατμοσφαιρικών ρυπαντών στα εκθέματα των Μουσείων και των Πινακοθηκών, όπως επίσης και στα υλικά των Βιβλιοθηκών και των Αρχείων. Αναφέρονται επίσης οι πιθανοί χημικοί μετασχηματισμοί και οι αντίστοιχοι μηχανισμοί, που έχουν προταθεί για τη φθορά των έργων τέχνης και των ιστορικών αρχείων. Τέλος, προτείνονται συγκεκριμένες χημικές μέθοδοι για την προστασία και τη συντήρηση των βιβλίων και των έργων τέχνης, καθώς επίσης και γενικότερα μέτρα ελέγχου της ποιότητας της ατμόσφαιρας στους χώρους έκθεσης ή αποθήκευσης.

Πηγές ρύπανσης εσωτερικού χώρου Μουσείων, Πινακοθηκών, Βιβλιοθηκών και Αρχείων. Χημικές μετατροπές των ρυπαντών

Η ποιότητα της ατμόσφαιρας εσωτερικών χώρων στην περίπτωση των Μουσείων, Πινακοθηκών, Βιβλιοθηκών και Αρχείων είναι ζήτημα ιδιαίτερα καίριο, δεδομένης της αυξημένης ευαισθησίας που χαρακτηρίζει τους χώρους αυτούς. Παρόλα αυτά, ο αριθμός των περιβαλλοντικών μελετών που ασχολούνται με το συγκεκριμένο αντικείμενο εμφανίζεται περιορισμένος.

Η έρευνα της ποιότητας της ατμόσφαιρας εσωτερικού χώρου, στην προκειμένη περίπτωση, επικεντρώνεται στη μελέτη διαφόρων αερίων, όπως SO_x , NO_x , O_3 , H_2S , H_2O_2 , HCHO , αλλά και αιωρούμενων σωματιδίων (suspended particulates) και σχετικής υγρασίας των χώρων που εξετάζονται. Οι ρυπαντικές ουσίες που μελετώνται προξενούν προβλήματα σε αντικείμενα, υλικά και πρώτες ύλες όπως: μέταλλα, χαρτί, φωτογραφικά υλικά και φίλμς, χρώματα, βαφές, βερνίκια, υφάνσιμες ίνες και καουτσούκ. Όμως κατά τις διαδικασίες συντήρησης και γήρανσης των εκθεμάτων διαπιστώνεται η επίδραση και άλλων επικίνδυνων ουσιών, όπως σουλφιδίων, πτητικών οργανικών οξέων, αλδευδών, καθώς και προϊόντων αποικοδόμησης διαφόρων υλικών, οι οποίες ωστόσο δεν έχουν αποτελέσει έως τώρα αντικείμενο συστηματικών μετρήσεων.

Όσον αφορά τις πιθανές πηγές ρύπανσης των εσωτερικών χώρων, η πλέον προφανής είναι η μεταφορά εξωτερικών αερίων ρύπων, μέσω των συστημάτων εξαερισμού, θέρμανσης και των ανοιγμάτων (πόρτες, παράθυρα) του κτιρίου. Το πρόβλημα παρουσιάζεται περισσότερο πολύπλοκο, στις περιπτώσεις που τα κτίρια στέγασης είναι παλιά, οπότε οι δυνατότητες ουσιαστικής τροποποίησης των παλαιών συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού είναι εξαιρετικά περιορισμένες. Συχνά δε αυτά τα ίδια τα συστήματα προξενούν προβλήματα αέριας ρύπανσης στους εσωτερικούς χώρους (SO_2 , NO_x και ατμοί αντιδιαβρωτικών μέσων). Στους εσωτερικούς χώρους που εξετάζονται, πηγή ρύπανσης αποτελούν επίσης διάφορα υλικά συντήρησης, όπως για παράδειγμα διαλύτες, υλικά κατασκευής και διαμόρφωσης των χώρων, φωτοτυπικά μηχανήματα, αλλά και υλικά που υφίστανται διαδικασίες γήρανσης, όπως χρώματα και καουτσούκ. Άλλη πηγή ρύπανσης είναι οι επισκέπτες στους εξεταζόμενους χώρους, οι οποίοι μεταφέρουν σημαντικό όγκο αερίων ρύπων, όπως κετόνες, φαινόλες, εστέρες, αλκοόλες, τολουόλιο και ανόργανα αέρια (CO_2 , CO , H_2S , NH_3). Η τιμή των ρύπων αυξάνεται σε συνάρτηση με τη τιμή σχετικής υγρασίας και το πλήθος των επισκεπτών.

Εξάλλου, σημαντική συνιστώσα αλλοίωσης των εκθεμάτων μπορεί να αποτελέσει ο τρόπος φύλαξής τους. Μεγάλος όγκος των εκθεμάτων φυλάσσεται

σε προθήκες, οι οποίες ενδέχεται να συσσωρεύουν μεγάλο όγκο αερίων ρύπων. Η συσσώρευση των ρύπων σε συνδυασμό με τις επικίνδυνες πτητικές και διαβρωτικές ουσίες, που συχνά εκπέμπονται από τα φυλασσόμενα αντικείμενα, αλλά και τα υλικά κατασκευής των προθηκών, μπορούν να επιτείνουν την αλλοίωση. Για παράδειγμα μπορεί να αναφερθεί ότι, σε Βιβλιοθήκες και Αρχεία συχνά έχουν παρατηρηθεί υψηλές συγκεντρώσεις NO_2 , που προέρχονται από αποδόμηση της νιτρικής κυτταρίνης διαφόρων εκθεμάτων (βιβλία, κινηματογραφικά φιλμς). Διαπιστώνεται επίσης, ότι ιδιαίτερα καταστροφική για τη διατήρηση των εκθεμάτων είναι η επίδραση του μυρμηκικού οξέος, προϊόντος οξειδωσης της φορμαλεϋδης.

Άλλος παράγοντας που μπορεί να επιτείνει τους μηχανισμούς φθοράς των ιστορικών εκθεμάτων είναι οι νέες ενώσεις και άλλα χημικά είδη, που δημιουργούνται μετά από χημικούς μετασχηματισμούς (chemical transformations) των αρχικών ρύπων. Πολλές ομογενείς χημικές αντιδράσεις, που λαμβάνουν χώρα στην ατμόσφαιρα των αναφερόμενων εσωτερικών χώρων, όπως αντιδράσεις στην αέρια φάση, παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαδικασία μετασχηματισμού των αρχικών ρύπων. Για παράδειγμα, κατά τις κλασσικές φωτοχημικές αντιδράσεις είναι δυνατόν να παραχθούν τελικά προϊόντα άκρως επικίνδυνα για πολλά από τα εκθέματα, όπως H_2SO_4 και HNO_3 .

Η συγκέντρωση πολλών ενώσεων “κλειδιά” του φωτοχημικού κύκλου, όπως PAN, O_3 , HNO_2 , HNO_3 , H_2O_2 και HCHO είναι δυνατόν να διαταραχθεί σημαντικά, ιδίως εάν συγχρόνως επιδρούν πηγές εκπομπών και στον εσωτερικό χώρο. Για παράδειγμα, μπορεί να αναφερθεί η περίπτωση Μουσείου με τοίχους από γυαλί, όπου οι συγκεντρώσεις πολλών από τους προηγούμενους ρύπους είναι δυνατόν να αυξηθούν σημαντικά, διότι αφενός η φωτόλυση γίνεται με υψηλότερους ρυθμούς και αφετέρου η απόθεση των ρύπων στην επιφάνεια των τοίχων μειώνεται. Αντίθετα, η ύπαρξη εσωτερικών πηγών εκπομπής υδρογονανθράκων μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση της συγκέντρωσης O_3 και NO, αλλά και σε σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης των HNO_2 , HNO_4 , HCHO και H_2O_2 .

Ωστόσο, στους εξεταζόμενους χώρους λαμβάνουν χώρα και ετερογενείς αντιδράσεις, δηλαδή αντιδράσεις των αερίων ρύπων με τις εσωτερικές επιφάνειες, όπως τοίχοι, δάπεδα, οροφές και εκθέματα, καθώς και αντιδράσεις με τα αιωρούμενα σωματίδια. Για παράδειγμα, πρόσφατες έρευνες υποδεικνύουν τη δυνατότητα μετατροπής του NO_2 σε NO και τη δημιουργία HNO_2 . Επίσης, η αντίδραση του όζοντος με τις επιφάνειες είναι δυνατόν να οδηγήσει στη δημιουργία νέων ρύπων, όπως για παράδειγμα αλδεϋδών από την επίδραση του όζοντος σε επιφάνειες ταπήτων. Οι φυσικοί και χημικοί μηχανισμοί επιφανειακής απόθεσης των ατμοσφαιρικών ρύπων στις εσωτερικές επιφάνειες και τα υλικά, καθώς και τα προϊόντα που προκύπτουν από τις αντιδράσεις αυτές έχουν

διερευνηθεί ικανοποιητικά για ορισμένα μόνο υλικά, όπως για φωτογραφικά φιλμς και για ορισμένα χρωστικά πιγμέντα (αλιζαρίνη, κουρκουμίνη και indigos). Ασφαλώς, για την καλύτερη κατανόηση αυτών των σύνθετων ετερογενών αντιδράσεων, απαιτείται περαιτέρω έρευνα.

Η μείωση των συγκεντρώσεων των αερίων ρύπων στους εσωτερικούς εξεταζόμενους χώρους γίνεται κυρίως μέσω της εναπόθεσής τους στις επιφάνειες των τοίχων. Ο λόγος “επιφάνεια/όγκος” σε τέτοιους χώρους έχει υψηλή τιμή, γιαυτό και η απομάκρυνση των ενεργών ατμοσφαιρικών ρύπων μέσω εναπόθεσης είναι σημαντική. Η διαδικασία θεωρείται κινητικά πρώτη τάξεως και εκφράζεται από τον όρο “ταχύτητα απόθεσης - v_g ”, ορίζεται δε από τη σχέση:

$$v_g = f / c$$

όπου:

v_g η ταχύτητα απόθεσης του αερίου ρύπου επάνω στην επιφάνεια απόθεσης (σε $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$),

f η ροή του αερίου ρύπου επάνω στην επιφάνεια απόθεσης (σε $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) και

c η συγκέντρωση του αερίου ρύπου στην αέρια φάση (σε $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)

Τα οξειδία του θείου και το όζον χαρακτηρίζονται από υψηλές τιμές ταχύτητας απόθεσης σε ποικιλία υλικών στις επιφάνειες των χώρων που εξετάζονται. Η ταχύτητα απόθεσης των αερίων ρύπων ποικίλει σε συνάρτηση με το βαθμό κορεσμού των επιφανειών απόθεσης. Για παράδειγμα, έχει διαπιστωθεί πειραματικά, ότι οι ταχύτητες απόθεσης του O_3 κυμαίνονται μεταξύ Περίπου 0,02 και 0,8 $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$. Σε μελέτες, δε, που έχουν γίνει πρόσφατα, σε εσωτερικούς χώρους Μουσείων των Η.Π.Α έχουν χρησιμοποιηθεί οι τιμές 0,051 και 0,036 $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$, οι οποίες εμπίπτουν στο προαναφερθέν διάστημα τιμών.

Όσον αφορά ειδικά την επίδραση του όζοντος στα εκθέματα, αυτή μπορεί να είναι ιδιαίτερα καταστροφική, εάν ληφθούν υπόψη οι έντονες οξειδωτικές του ιδιότητες. Συγκεκριμένα, έχει διαπιστωθεί ότι οι χρωστικές βαφές (pigments) στους πίνακες ζωγραφικής υφίστανται εξασθένηση, εάν αυτοί εκτίθενται σε ατμόσφαιρα υψηλής συγκέντρωσης όζοντος, τάξης μεγέθους παρόμοιας με αυτή του φωτοχημικού νέφους. Χρωστικές ουσίες/πιγμέντα που είναι ειδικά ευαίσθητα στην οξείδωση και στην εξασθένηση του χρώματος εξαιτίας της επίδρασης του όζοντος είναι οι λάκες ανθρακινόνης, τα ίντιγκο (indigos), το dragon's blood, το saffron, η κουρκουμίνη, καθώς και η κίτρινη και ερυθρά σανδαράχη.

Αποτελέσματα ειδικών ερευνών που διεξήχθησαν, υποστηρίζουν την υπόθεση της άμεσης σχέσης μεταξύ της “εξασθένησης” (fading) των χρωστικών πιγμένων και του γινομένου “συγκέντρωση \times διάρκεια έκθεσης”. Για παράδειγμα, στις μελέτες των Whitmore και Cass (1987), η εξασθένηση χρωμάτων

αλιζαρίνης μετά από έκθεση σε 0,1 ppm όζον για 28 ημέρες βρέθηκε ίδια με αυτήν μετά από έκθεση σε 0,4 ppm για 1 εβδομάδα. Έτσι, μπορούμε να υποθέσουμε ότι εάν μία συλλογή έργων τέχνης εκτεθεί σε περιβάλλον με συγκέντρωση σε όζον 0,001 ppm (1 ppb) για χρονικό διάστημα ενός αιώνα (η έκθεση υπολογίζεται ότι είναι $8,8 \times 10^5$ ppb·h), τότε η συλλογή θα υποστεί φθορά αντίστοιχη με αυτή που υφίσταται όταν εκτίθεται σε συγκέντρωση όζοντος 0,4 ppm για 90 ημέρες ($8,6 \times 10^5$ ppb·h), κατά τη διάρκεια της οποίας η εξασθένηση πολλών χρωστικών πιγμέντων είναι δεδομένη, όπως ήδη έχει αναφερθεί.

Υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος συνήθως παρατηρούνται σε Πινακοθήκες οι οποίες έχουν σύστημα κλιματισμού χωρίς φίλτρα με ενεργό άνθρακα και αξιοσημείωτα χαμηλές σε κτίρια χωρίς κανένα σύστημα κλιματισμού, που λειτουργούν με κλειστά παράθυρα και πόρτες.

Διατήρηση υλικού σε Βιβλιοθήκες και Αρχεία

Τα γραπτά κειμήλια, όπως ήδη άλλωστε έχει αναφερθεί, αποτελούν σημαντικότερο κομμάτι της πολιτισμικής μας κληρονομιάς. Το χαρτί όμως σαν υλικό από τη φύση του εύκολα μπορεί να αλλοιωθεί. Ακόμα και στην Περίπτωση που λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για την καλή συντήρηση και διατήρηση του υλικού, οι υφιστάμενοι κίνδυνοι είναι αναπόφευκτοι. Σαν χαρακτηριστικό παράδειγμα μπορεί να αναφερθεί η περίπτωση της Βιβλιοθήκης του Κονγκρέσου. Εδώ εκτιμάται ότι, το 25% της υπάρχουσας συλλογής είναι σε εύθραυστη κατάσταση, αν και το περιβάλλον φύλαξης του υλικού πληρεί σε σημαντικό βαθμό τις απαιτούμενες προδιαγραφές. Εξάλλου, οι συλλογές που διατηρούνται σε τροπικές χώρες βρίσκονται σε σχετικά κακή κατάσταση, εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών και της αυξημένης υγρασίας, ακόμα και στην περίπτωση που οι συνθήκες διατήρησης και συντήρησης είναι άριστες.

Για την περίπτωση του χαρτιού, αξιοσημείωτο είναι ότι η τεχνολογική πρόοδος δεν συνέβαλλε στην παραγωγή βελτιωμένης ποιότητας υλικού. Στην αρχική του μορφή το χαρτί παραγόταν σε μικρές ποσότητες και η διαδικασία ήταν στα βασικά της στάδια χειρωνακτική. Η πάροδος του χρόνου και η ανάγκη παραγωγής μεγάλων ποσοτήτων χαρτιού αντικατέστησε τις αρχικές ίνες από βαμβάκι με τις ανθεκτικότερες ίνες από λινό. Ωστόσο η μεταβολή της διαδικασίας παραγωγής και επεξεργασίας είχε σαν αποτέλεσμα την παραγωγή χαρτιού κατώτερης ποιότητας. Σήμερα, η εφαρμογή της τεχνικής απομόνωσης της κυτταρίνης από το υλικό του ξύλου οδήγησε στην ανάπτυξη της βιομηχανίας παραγωγής του χαρτιού και τη μείωση της τιμής παραγωγής του. Ωστόσο, σημαντικά μειονεκτήματα της νέας τεχνολογίας είναι:

- (α) η παραμονή της λιγνίνης στο χαρτοπολτό, ουσίας που επιταχύνει τη διαδικασία αποδόμησης και αλλοίωσης του χαρτιού, και
- (β) η χρήση μεγάλων ποσοτήτων χημικών ουσιών με αυξημένη οξύτητα για τις διαδικασίες λεύκανσης και μορφοποίησης μεγέθους.

Η αλλοίωση που υφίσταται το χαρτί με την πάροδο του χρόνου είναι άμεση συνάρτηση των υλικών και της διαδικασίας παραγωγής του, αλλά και των χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος φύλαξής του. Οι όξινες ουσίες που έχουν προστεθεί κατά τη διαδικασία παραγωγής επιδρούν σε μεγάλο βαθμό, διότι οι ουσίες αυτές δρουν καταλυτικά στην υδρολυτική αποδόμηση των πολυμερικών μακρομορίων της κυτταρίνης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη διάσπαση των οργανικών αλυσίδων και την προοδευτική μείωση των φυσικών ιδιοτήτων του υλικού. Η προσθήκη χημικών μέσων, τα οποία θα συμβάλλουν στη δημιουργία ενός αλκαλικού περιβάλλοντος, όπως για παράδειγμα ανθρακικού μαγνησίου ή ασβεστίου, δεν αποτελεί λύση στην περίπτωση αυτή, διότι σε αλκαλικό περιβάλλον δεν αναστέλλεται η υδρολυτική διάσπαση των μεγαλομορίων της κυτταρίνης. Γι' αυτό, απαιτείται η προσθήκη ενός υλικού το οποίο να δρά σαν ρυθμιστής του pH σε ουδέτερα επίπεδα.

Επίσης, αλλοίωση του χαρτιού μπορούν να προκαλέσουν οι οξειδωμένες δομές της κυτταρίνης, οι οποίες παράγονται κατά τη διαδικασία της λεύκανσης του χαρτιού. Οι καρβοξυλικές ομάδες που προκύπτουν επιταχύνουν τη διαδικασία αποδόμησης, ειδικά παρουσία μεταλλικών ιχθών μαγνησίου-Mg και σιδήρου-Fe. Το αποτέλεσμα είναι η προοδευτική εμφάνιση κίτρινου χρώματος και η μείωση των φυσικών ιδιοτήτων του χαρτιού.

Στις αρχές του εικοστού αιώνα η ανάγκη να μελετηθεί η μεταβολή φυσικών και χημικών ιδιοτήτων του χαρτιού οδήγησε στην ανάπτυξη των μεθοδολογιών τεχνητής γήρανσης του υλικού. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την συλλογή αρκετών πληροφοριών, οι οποίες συνέβαλλαν, παράλληλα, στην ανάπτυξη των τεχνικών συντήρησης. Ένας από τους πρωτεργάτες της ανάπτυξης των Τεχνικών αυτών είναι ο W.J.Barron, ο οποίος εκμεταλλευόμενος τις επιστημονικές παρατηρήσεις των Sutermeister και Hall, εφάρμοσε μία διαδικασία εξουδετέρωσης της οξύτητας του χαρτιού σε παλαιά γραπτά. Η βασική ιδέα της τεχνικής αυτής οφείλεται στον Sutermeister, ο οποίος πρότεινε την προσθήκη αλκαλικών χημικών μέσων, προκειμένου να αναστέλλεται η δράση των όξινων ουσιών. Η χημική εξουδετέρωση αναστέλλει τη δράση των μεταλλικών καταλυτών, οπότε και η αποδόμηση λόγω υδρόλυσης της κυτταρίνης περιορίζεται, αφού οι οργανικές ομάδες (καρβονυλικές και καρβοξυλικές) δεν οξειδώνονται εύκολα σε ουδέτερο περιβάλλον. Μάλιστα, είναι αξιοσημείωτο ότι τα πρώτα δείγματα αυτής της δουλειάς, περίπου στα 1900, διατηρούνται σε πολύ καλή κατάσταση έως σήμερα.

Εξάλλου, όπως ήδη αναφέρθηκε, άλλος παράγοντας επιτάχυνσης της αποδόμησης των μεγαλομορίων της κυτταρίνης μπορεί να είναι η χημική δράση ιχών λιγνίνης στο χαρτοπολτό. Το μόριο της λιγνίνης χαρακτηρίζεται από εξαιρετική σταθερότητα, αλλά η χλωριωμένη λιγνίνη μπορεί να προκαλέσει το κιτρίνισμα του χαρτιού.

Σημαντικός παράγοντας στη διατήρηση των γραπτών κειμηλίων είναι τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος φύλαξής του. Ο πρώτος ερευνητής που ασχολήθηκε με το ζήτημα αυτό ήταν ο J.A.Chapman. Σύμφωνα, με τις μελέτες του, το υλικό που βρισκόταν σε Βιβλιοθήκες στις τροπικές περιοχές της Ινδίας ήταν περισσότερο εύκολο να αλλοιωθεί, διότι ο συνδυασμός αυξημένων τιμών θερμοκρασίας και υγρασίας οδηγεί στην επιτάχυνση της αποδόμησης της κυτταρίνης. Εάν η σχετική υγρασία ξεπεράσει την τιμή του 70%, τότε αυξάνεται ο ρυθμός ανάπτυξης μυκήτων, οι οποίοι μπορούν να προκαλέσουν τη διάσπαση των μεγαλομορίων της κυτταρίνης για μεγάλο εύρος θερμοκρασιών. Αντίθετα, σχετικές έρευνες που έγιναν από τους F. L. Hudson και C. J. Edwards στην Ανταρκτική γύρω στα 1960, απέδειξαν ότι η σταθερότητα της κυτταρίνης αυξάνεται σημαντικά σε χαμηλές θερμοκρασίες, γιατί και η διατήρηση γραπτών κειμένων σε πολύ ψυχρό περιβάλλον κρίνεται ιδιαίτερα επιτυχής.

Πέρα, όμως, από τις τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, η ατμοσφαιρική ρύπανση δρα καταλυτικά στο χρόνο διατήρησης των βιβλίων. Βιβλία, τα οποία εκδόθηκαν την ίδια χρονολογική περίοδο βρίσκονται σε καλύτερη κατάσταση, εάν αυτά φυλάσσονται σε Βιβλιοθήκες πόλεων με καλή ποιότητα ατμόσφαιρας. Εργαστηριακές έρευνες έχουν αποδείξει ότι οι ίνες της κυτταρίνης αποδομούνται σε σημαντικό βαθμό, εάν τα βιβλία εκτίθενται σε περιβάλλοντα με υψηλές τιμές συγκεντρώσεων διοξειδίου του θείου-SO₂ και οξειδίων του αζώτου-NO_x. Η καταστροφή που υφίσταται τότε το χαρτί οδηγεί στην εμφάνιση μίας κατανόχρωμης απόχρωσης, ενώ επίσης έντονα φθείρονται οι άκρες των σελίδων. Για παράδειγμα, τον περασμένο αιώνα η εκτεταμένη χρήση υγραερίου για φωτισμό είχε σαν συνέπεια την εμφάνιση υψηλών συγκεντρώσεων διοξειδίου του θείου-SO₂. Το διοξείδιο του θείου-SO₂, παρουσία μεταλλικών ιχών στο χαρτί, οξειδώνεται εύκολα προς τριοξείδιο του θείου-SO₃, το οποίο παρουσία υψηλών τιμών υγρασίας μετατρέπεται προς θειικό οξύ-H₂SO₄.

Άλλος σημαντικός παράγοντας αλλοίωσης, μπορεί να είναι η παρουσία υψηλής συγκέντρωσης όζοντος. Ο συνδυασμός όζοντος και υψηλής τιμής σχετικής υγρασίας οδηγεί στο σχηματισμό υπεροξειδίων. Παρουσία, δε, μεταλλικών ιχών, όπως Cu και Fe, οι ομάδες υπεροξειδίων αποσυντίθενται, με αποτέλεσμα την αποδόμηση των αλυσίδων της κυτταρίνης, λόγω παράπλευρων οξειδωτικών αντιδράσεων. Ωστόσο, ο μηχανισμός της επίδρασης του όζοντος στην ταχύτητα αποδόμησης των μεγαλομορίων της κυτταρίνης δεν είναι γνω-

στός, όπως επίσης δεν υπάρχουν και πειραματικά δεδομένα για τη συνδυασμένη δράση όζοντος και οξειδίων του αζώτου-NO_x

Η επίδραση του φωτός είναι επίσης σημαντική, αφού η επιβολή μεγάλων δόσεων ακτινοβολίας μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή των εκτιθέμενων αντικειμένων. Στην προκειμένη περίπτωση οι γυάλινες προθήκες δεν λειτουργούν προστατευτικά, αφού έχει διαπιστωθεί ότι οι χρωστικές βαφές, η λιγνίνη και τα υπάρχοντα μεταλλικά ιόντα απορροφούν ακτινοβολία μήκους κύματος στην περιοχή του υπεριώδους και ορατού. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε φωτοευαισθητοποίηση και αποδόμηση της κυτταρίνης, ειδικά παρουσία υψηλών τιμών υγρασίας και οξυγόνου.

Πέρα όμως από τους παράγοντες που μπορούν να προκαλέσουν αλλοίωση στο χαρτί και προκειμένου να ερευνηθούν όλες οι πιθανότητες αλλοίωσης των γραπτών κειμηλίων, το μελάνι, επίσης, μπορεί να υφίσταται σημαντικές μετατροπές. Υπάρχουν ελάχιστοι τύποι μελανιού, οι οποίοι να αποδεικνύονται ανθεκτικοί στο πέρασμα του χρόνου. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι τύποι που έχουν παραχθεί με βάση την άσφαλτο (bitumen), τον κόκκινο θειούχο ψευδάργυρο (cinnabar), το μόλυβδο (minium), το χρυσό και τον άργυρο. Πρόβλημα στην προκειμένη περίπτωση αποτελεί το γεγονός ότι τα μελάνια κατά την παρασκευή τους εμπεριείχαν μεγάλες ποσότητες οξέων, όπως υδροχλωρικού και οξικού, με αποτέλεσμα και το χρώμα να ξεθωριάζει στην πάροδο του χρόνου, αλλά και το χαρτί να καταστρέφεται. Υπάρχουν, δε, άπειρα παραδείγματα ιστορικών κειμένων, τα οποία παρουσιάζουν διαφορετικό βαθμό αλλοίωσης, διότι έχουν γραφτεί με πολλούς τύπους από μελάνι. Κλασικό παράδειγμα είναι το κείμενο της Διακήρυξης των Δικαιωμάτων, η οποία φυλάσσεται στη Βιβλιοθήκη του Κογκρέσσου. Το κείμενο αυτό σε άλλα τμήματά του φαίνεται ότι είναι πρόσφατο κείμενο, ενώ σε άλλα τμήματά του δεν είναι δυνατόν να διαβαστεί, προφανώς επειδή έχει γραφτεί με δύο διαφορετικούς τύπους μελανιού.

Τέλος, όσον αφορά το δέρμα, υλικό που συχνά απαντάται σε ιστορικά κείμενα, και αυτό κινδυνεύει από αλλοίωση, λόγω αφενός των όξινων ουσιών, που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διαδικασία παραγωγής του, και αφετέρου από τις έντονες περιβαλλοντικές συνθήκες κατά την αποθήκευσή του. Το ίδιο συμβαίνει και με τις περγαμινές. Αυτές, επειδή κατά τη διαδικασία παραγωγής τους διέρχονται από αλκαλικά διαλύματα, έχουν τελικά την ιδιότητα να εξουδετερώνουν τους όξινους αέριους ρύπους, στους οποίους εκτίθενται. Μάλιστα, είναι γνωστή η περίπτωση, όπου περγαμινές διατηρήθηκαν για διάστημα 2000 χρόνων, επειδή φυλάσσονταν σε χώρο ξηρό, με ιδιαίτερα χαμηλή θερμοκρασία.

Τεχνικές Συντήρησης των Βιβλίων

Λαμβάνοντας υπόψη όσα προαναφέρθηκαν και αφορούν το βιβλίο και τους παράγοντες που επιτείνουν τον κίνδυνο αλλοίωσής του με την πάροδο του χρόνου, αποδεικνύεται ότι αποφασιστικό ρόλο παίζουν οι επικρατούσες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας. Δεν είναι τυχαίο, ότι σημαντικά ιστορικά κείμενα, όπως η Διακήρυξη της Ανεξαρτησίας, το ιστορικό κείμενο που αναγράφει το Σύνταγμα των Η.Π.Α, καθώς και η Βίβλος του Ιωάννη Γουτεμβέργιου φυλάσσονται σε ειδικές προθήκες και κάτω από απόλυτα ελεγχόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας, σε αδρανή ατμόσφαιρα αερίου ήλιου-He.

Μεταξύ των τεχνικών που εφαρμόζονται για τη συντήρηση των Βιβλίων, η πλέον διαδεδομένη είναι εκείνη της *εξουδετέρωσης*. Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται από τις αρχές του αιώνα, προκειμένου να συντηρηθούν τα υπάρχοντα κείμενα. Έχει εφαρμοστεί από πολλούς γνωστούς ερευνητές, όπως τους Murray, Schierholz, W.J.Barrow, Gear και άλλους. Κατά την εφαρμογή της τεχνικής αυτής, το κείμενο βυθίζεται μέσα σε υδατικό αλκαλικό διάλυμα, συνήθως δικαυβονικού μαγνησίου ή ασβεστίου, έτσι ώστε να γίνει μόνιμη, και όχι παροδική, εξουδετέρωση της οξύτητας του χαρτιού. Η μεγάλη χημική συγγένεια των οργανικών μεγαλομορίων της κυτταρίνης με το νερό επιτρέπει στο διάλυμα να διεισδύει μεταξύ των ινών του χαρτιού. Έτσι, η σκληρότητα του χαρτιού αυξάνεται σημαντικά, διότι οι ίνες συνδέονται περισσότερο συνεκτικά και ο αλκαλικός παράγοντας αποτίθεται ομοιόμορφα σε όλη την επιφάνεια. Συγχρόνως, κατά την έκπλυση με νερό απομακρύνεται η καστανόχρωμη απόχρωση που έχει το χαρτί εξαιτίας παραπροϊόντων, που προέκυψαν κατά την αποδόμηση της κυτταρίνης, καθώς και η δυσάρεστη οσμή που έχει λόγω παλαιότητας.

Τονίζεται ότι η μονιμότητα της άρσης της οξύτητας είναι σημαντικότερη, αφού έχει αποδειχθεί ότι με τη χρήση διαλυμάτων αλκαλικών που περιέχουν αμμωνία και πτητικές αμίνες, επιτυγχάνεται μόνο παροδική εξουδετέρωση του υλικού. Επίσης, είναι εξίσου σημαντικό τα διαλύματα που χρησιμοποιούνται να μην προκαλούν διάλυση στο μελάνι.

Προκειμένου να συνδυαστεί η μόνιμη εξουδετέρωση της οξύτητας του χαρτιού με τη μη διάλυση του υλικού του μελανιού κατά την εφαρμογή της διαδικασίας, εφαρμόστηκαν τελικά μέθοδοι οι οποίες συνδύαζαν μη πτητικές βασικές χημικές ενώσεις, οι οποίες διαλύονταν σε μη πολικούς οργανικούς διαλύτες. Σαν παράδειγμα αναφέρεται η χρήση των παρακάτω διαλυμάτων: υδροξείδιο του βαρίου σε μεθανόλη, διάλυμα μεθοξειδίου του μαγνησίου, διάλυμα μεθοξειδίου του μαγνησίου σε μίγμα διαλυτών μεθανόλης και φρέον

και επίσης διάλυμα μεθοξειδίου του μαγνησίου σε διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο μετατρέπεται σε ανθρακικό μεθυλομαγνήσιο.

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι σημαντική είναι επίσης η εφαρμογή τεχνικών εξουδετέρωσης, οι οποίες θα μπορούν να εφαρμόζονται μαζικά για εκτεταμένο όγκο υλικού. Οι τεχνικές αυτές είναι αποτελεσματικές, στην περίπτωση που συνδυάζουν όλες τις προαναγραφόμενες απαιτήσεις συγχρόνως με χαμηλό κόστος. Οι σημαντικότερες κατηγορίες των τεχνικών αυτών είναι:

- (α) εκείνες που χρησιμοποιούν υγρό μέσο για να διασπείρουν τον αλκαλικό παράγοντα στο χαρτί και
- (β) εκείνες όπου ο ενεργός παράγοντας είναι πτητικός και εξατμιζόμενος διεισδύει στο υλικό και εξουδετερώνει την οξύτητα.

Στο συγκεκριμένο σημείο αξίζει να γίνει αναφορά στην τεχνική εξουδετέρωσης με χρήση αέριου διαιθυλιούχου ψευδαργύρου - gaseous diethyl zinc (DEZ). Η τεχνική αυτή ανήκει στην κατηγορία (β) των προαναφερομένων και είχε κριθεί από τις Η.Π.Α ως ιδιαίτερα αποδοτική στην εφαρμογή της, κυρίως για μεγάλης κλίμακας εξουδετέρωση. Ωστόσο, κατά την πιλοτική εφαρμογή της στις εγκαταστάσεις της NASA, ξέσπασε πυρκαγιά και το αρχικό σχέδιο για την εφαρμογή της τεχνικής της εξουδετέρωσης μαζικά σε εκτεταμένο όγκο υλικού εγκαταλείφθηκε. Οι αρμόδιοι οργανισμοί των Η.Π.Α και ειδικότερα η Βιβλιοθήκη του Κονγκρέσου έχει ζητήσει τη συνεργασία Χημικών Μηχανικών για εξεύρεση εναλλακτικής λύσης με την εφαρμογή χημικών διαδικασιών με χρήση άλλων οργανομεταλλικών ενώσεων, οι οποίες θα μπορούν να επιτυγχάνουν την σύγχρονη εξουδετέρωση 7500 έως 9000 βιβλίων.

Εξάλλου, είναι δεδομένο ότι η διαδικασία της εξουδετέρωσης σταθεροποιεί την ποιότητα του χαρτιού, πολλές φορές όμως το υλικό χάνει τις φυσικές του ιδιότητες και γίνεται εύθραυστο. Πρέπει τότε να εφαρμοστούν τεχνικές, μέσω των οποίων το χαρτί να επανακτήσει την ελαστικότητά του. Η πλέον μοντέρνα τεχνική είναι η ενίσχυση με υλικό που περιέχει μετάξι (silking), κατά την οποία χρησιμοποιείται μία αμυλώδης πάστα ή υλικό παραφίνης, οπότε το χαρτί διαποτιζόμενο με το υλικό αυτό επανακτά τις ιδιότητές του. Εξίσου διαδεδομένη, επίσης, είναι η χρήση της οξικής κυτταρίνης (cellulose acetate lamination), η οποία κρίνεται επιτυχής αφού βιβλία, τα οποία διορθώθηκαν με την τεχνική αυτή 20 χρόνια πριν βρίσκονται ακόμα σε πολύ καλή κατάσταση. Η Βιβλιοθήκη του Κονγκρέσου, ωστόσο, αναφέρεται ότι χρησιμοποιεί μία άλλη τεχνική, γνωστή ως επικάλυψη με πολυεστέρα (polyester encapsulation). Κατά την τεχνική αυτή το χαρτί καλύπτεται από στρώμα πολυεστέρα, και πλεονέκτημα της τεχνικής αυτής αποτελεί το γεγονός ότι είναι αντιστρεπτή; αφού μεταξύ χαρτιού και πολυεστέρα δεν υπάρχει πρόσφυση.

Μέθοδοι προστασίας και συντήρησης - Μέτρα ελέγχου ποιότητας ατμόσφαιρας

Είναι γεγονός ότι ο καθορισμός μέγιστων επιτρεπόμενων τιμών για τους αέριους ρυπαντές στους υπό εξέταση εσωτερικούς χώρους αποτελεί δύσκολο αντικείμενο ερευνητικής μελέτης, δεδομένης της έλλειψης πειραματικών μετρήσεων για το συσχετισμό της συγκέντρωσης των ρυπαντών και της προκαλούμενης αλλοίωσης των εκθεμάτων. Εξάλλου, σημαντική παράμετρος είναι η τιμή της σχετικής υγρασίας, ωστόσο ο καθορισμός της βέλτιστης τιμής είναι συνάρτηση του υλικού των εκθεμάτων υπό εξέταση.

Αποφασιστικός παράγοντας για τη διατήρηση και συντήρηση των εκθεμάτων είναι η καλή ποιότητα ατμόσφαιρας εσωτερικού χώρου. Τούτο επιτυγχάνεται, εάν σχεδιάζεται και συντηρείται σωστά το σύστημα κλιματισμού και θέρμανσης, έτσι ώστε οι όγκοι αέρα που εισέρχονται να υφίστανται καθαρισμό, χημικό ή φυσικό. Όσον αφορά το όζον, η προτεινόμενη συγκέντρωση για την περίπτωση των Πινακοθηκών κυμαίνεται μεταξύ 13 και <1 ppb, δηλαδή 0,013 και 0,001 ppm, με τις πιο πρόσφατες οδηγίες να προτείνουν τιμές πολύ κοντά στο 1 ppb. Η αιτία για τόσο χαμηλές προτεινόμενες συγκεντρώσεις O₃ είναι η ανάγκη για διατήρηση των εκθεμάτων σε καλή κατάσταση επί αιώνες.

Η προσθήκη κλίνης ενεργού άνθρακα στο σύστημα κλιματισμού έχει αποδειχθεί πολύ αποτελεσματική για τη δραστική μείωση των συγκεντρώσεων όζοντος. Η περιοδική αντικατάστασή της κρίνεται αναγκαία, όταν η απόδοσή της πέφτει κάτω από τα προκαθορισμένα όρια. Μείωση της απόδοσής της από 95% σε 50% έχει υπολογισθεί ότι επιφέρει δεκαπλασιασμό της συγκέντρωσης όζοντος στο εσωτερικό Μουσείων. Επειδή το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης ενός τέτοιου συστήματος είναι πολλές φορές απαγορευτικό για μικρά Μουσεία, μία εναλλακτική λύση είναι η χρήση ενός τυπικού συστήματος κλιματισμού για διατήρηση των ικανοποιητικών συνθηκών θερμοκρασίας, υγρασίας και συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων, αλλά με μειωμένους ρυθμούς ανανέωσης του εξωτερικού αέρα και σύγχρονη αύξηση του ρυθμού ροής του αέρα ανακυκλοφορίας. Το διπλά επιθυμητό αποτέλεσμα έγκειται αφενός στη μείωση της συγκέντρωσης του εισερχόμενου O₃ και αφετέρου στην αύξηση παραμονής του O₃ για αντίδραση και απομάκρυνση στις επιφάνειες του κτιρίου.

Η τεχνική αυτή είναι επικίνδυνη και απαιτεί προσεκτική ανάλυση πριν την εφαρμογή της στην περίπτωση παρουσίας εσωτερικών πηγών όζοντος (μηχανήματα αναπαραγωγής αντιγράφων, ηλεκτροστατικής καθίζισης) και άλλων επικίνδυνων για τα εκθέματα ρύπων, όπως για παράδειγμα φορμαλδεΐδη.

Άλλοι επικουρικοί τρόποι μείωσης της έκθεσης των επιρρεπών σε φθορά από όζον υλικών σε Μουσεία, Βιβλιοθήκες και Αρχαία είναι: η τοποθέτησή

τους σε ειδικό πλαίσιο από γυαλί, η χρήση κατάλληλων προσθετικών και επικαλυπτικών ουσιών στις επιφάνειες των ευαίσθητων πιγμέντων και η επιλογή - για τη δημιουργία και σύνθεση νέων έργων τέχνης- χρωστικών ουσιών που παρουσιάζουν αντοχή στην οξειδωση από όζον, όπως συμβαίνει με αρκετά σύγχρονα συνθετικά οργανικά χρώματα.

Συμπεράσματα - Προτάσεις

Τα έργα τέχνης όπως και τα άλλα αντικείμενα μεγάλης ιστορικής και πολιτισμικής σημασίας, κατά τη φύλαξή τους ακόμα και σε εσωτερικούς και προφυλασσομένους χώρους υφίστανται φθορά. Σημαντικός παράγοντας αυτής της φθοράς είναι οι αέριοι ρύποι, οι οποίοι προέρχονται τόσο από εξωτερικές πηγές όσο και από πηγές που δημιουργούνται μέσα στους χώρους φύλαξης κατά τις διαδικασίες λειτουργίας των χώρων, συντήρησης των εκθεμάτων, καθώς και από τα ίδια τα υλικά των εκθεμάτων.

Η φωτοχημική ρύπανση φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο στην όλη διαδικασία, και μία σειρά αξιόλογων μελετών έχει διεξαχθεί σε Πινακοθήκες και Μουσεία περιοχών με προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, αντίστοιχα με αυτά της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης. Η ανάληψη πρωτοβουλιών και η στήριξη και εφαρμογή αξιόπιστων προγραμμάτων ελέγχου των επιπέδων ρύπανσης σε αυτούς τους χώρους είναι υποχρέωση των αρμόδιων δημόσιων φορέων. Η εκτίμηση των συνθηκών φύλαξης και η καταγραφή των προβλημάτων θα βοηθήσει στην ορθή και έγκαιρη αντιμετώπιση τους.

Το Τμήμα Χημικών Μηχανικών του ΕΜΠ, αναπτύσσει μία νέα ερευνητική προσπάθεια και σύντομα θα είναι σε θέση να παρουσιάσει τα πρώτα αποτελέσματα σχετικά με την ικανότητα πρόβλεψης των επιπέδων ρύπανσης σε μουσειακούς χώρους, με χρήση ειδικών μαθηματικών μοντέλων που έχουν ήδη εφαρμοστεί με επιτυχία σε άλλες κατηγορίες εσωτερικών χώρων.

Βιβλιογραφία

1. Ch.J.Shahami & W.Wilson: "Preservation of Libraries and Archives", American Scientist, Vol. 75, pp. 240-251, 1987.
2. C.L.Shaver, G.Cass & J.Druzik: "Ozone and the Deterioration Of Works of Art", Envir. Sci. Technol., 17, 748 - 752, 1983.
3. Grosjean D., Whitmore P.M., Cass G.R. and Druzik J.R."Ozone fading of natural organic colorants: mechanisms and products of the reaction of ozone with indigos", Envir. Sci. Technol., 22, 292-298, 1988.

4. Grosjean D., Whitmore P.M., De Moor C.P., Cass G.R. and Druzik J.R. "Fading of alizarin and related artists' pigments by atmospheric ozone: reaction products and mechanisms" *Envir. Sci. Technol.*, 21, 635-643, 1987.
5. Grosjean D., Whitmore P.M., De Moor C.P., Cass G.R. and Druzik J.R. "Ozone fading of organic colorants: products and mechanisms of the reaction of ozone with curcumin".
6. Brimblecombe P.: "*The Big Smoke*", Methuen, London, 1987.
7. Brimblecombe P.: "*A theoretical approach to the pollution of air within museums*", *The Conservator*, No. 13, 15-19, , 1989.
8. Brimblecombe P. & B.Ramer: "*Museum Display Cases and the exchange of water vapour*", *Studies in Conservation*, 28, 179 - 188, (1983).
9. R.G.Derwent: "*Ozone measurements in an art gallery*", Warren Spring Laboratory, LR428AP, 1983.
10. H.J.Plenderleith & A.E.A.Werner: "*The Conservation of Antiquities and Works of Art*", 2nd Edition, Oxford, 1971.
11. Brimblecombe P.: "*The composition of museum atmospheres*", *Atmospheric Environment*, Vol.24B, No. 1, pp. 1-8, 1990.
12. W.W.Nazaroff & G.R.Cass: "*Mathematical Modelling of chemically reactive pollutants in indoor air*", *Environmental Science and Technology*, 20, 924-934, 1986.

6.	Η αψίδα του Γαλερίου στη Θεσσαλονίκη. Εργασίες συντήρησης των μαρμάρινων αναγλύφων Μ. Μήρτσου, Χ. Σαλβαρά, Μ. Τσιταμπάνη, Ν. Μπελογιάννης	61
7.	Η εξέλιξη της ποιότητας της ατμόσφαιρας στις περιοχές των ιστορικών μνημείων της Θεσσαλονίκης Κ. Νικολάου	71
8.	Όξινα συστατικά στην ατμόσφαιρα της Θεσσαλονίκης Κ. Σαμαρά-Κωνσταντίνου, Ρ. Τζήμου-Τσιτουρίδου	75
9.	Επιπτώσεις στην υγεία χημικών πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται στη συντήρηση των έργων τέχνης Π. Γύφτου, Σ. Ψαρρού, Α. Χαλουλάκου, Ν. Σπυρέλλης	87
10.	Η χρήση των laser και οι μέθοδοι διάγνωσης και επέμβασης στα ζωγραφικά έργα τέχνης Κ. Φωτάκης.....	95
11.	Επιπτώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων και του μικροκλίματος στα ζωγραφικά έργα τέχνης Μ. Δουλγερίδης, Γ. Κέκκερης, Β. Τορνάρη.....	97
12.	Επίδραση ατμοσφαιρικών ρύπων στα εκθέματα μουσείων και στο υλικό βιβλιοθηκών. Προϊόντα αλλοίωσης - μέτρα αντιμετώπισης - μέθοδοι ελέγχου Σ. Ψαρρού, Α. Χαλουλάκου, Ν. Σπυρέλλης.....	111
13.	Πυροπροστασία πολιτιστικής κληρονομιάς Κ. Παπαϊωάννου	125
14.	Διαφύλαξη των φωτογραφημάτων: Ο κίνδυνος από τους ατμοσφαιρικούς ρύπους Α. Ι. Μαρούλης, Κ. Μαρούλη-Χατζηαντωνίου.....	133
15.	Προκαταρκτική μελέτη των τοιχογραφιών της ανασκαφής της πλατείας Διοικητηρίου Θεσσαλονίκης Π. Κ. Σπαθής, Α. Στεργίου, Μ. Μαυρομάτη	147
16.	Άγιον Όρος - Άθω: Η επίδραση της τεχνολογίας ως παράγων αλλοίωσης του περιβάλλοντος και της πολιτιστικής κληρονομιάς Σ. Ι. Αθανασιάδης.....	165

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ,
ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ
ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΑΣ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ
"ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ '97"

ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ Ο.Τ.Α.
ΜΕΙΖΟΝΟΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΡΥΠΑΝΣΗΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ Α.Π.Θ.

ΔΗΜΟΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΓΕΡΜΑΝΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΓΟΕΤΗ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



10^ο ΣΕΜΙΝΑΡΙΟ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ
ΚΑΙ
ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗ
ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑ**

24 - 27 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 1997