

## ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΦΥΛΑΞΗΣ ΑΡΧΕΙΑΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ. ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΕΣ

Σπύρος Ζερβός

Χημικός, συντηρητής αρχειακού υλικού  
Τμήμα Αρχειονομίας, Βιβλιοθηκονομίας και Συστημάτων  
Πληροφόρησης, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

### CLIMATIC CONDITIONS FOR ARCHIVAL STORAGE. STANDARDS AND STORIES

Spiros Zervos / Professor / Department of Archival, Library & Information Studies / University of West Attica  
szervos@uniwa.gr / <http://users.teiath.gr/szervos/>

In this article, the evolution of the views and the related standards and recommendations concerning the ideal climatic conditions for the storage of archival materials is discussed, in the context of the evolution of the recommended museum storage conditions. Relevant literature indicates that significant changes in the existing tenets occurred during the last ten years, concerning mainly the lowering of the low limits of the recommended temperature and relative humidity range and also the relaxation of the rules requiring strict stability of the climatic conditions. The article discusses the most influential standards and publications, in an effort to shed light on the rationale behind the aforementioned changes.

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ιδανικές συνθήκες φύλαξης αρχειακού υλικού έχουν αποτελέσει και συνεχίζουν να αποτελούν αντικείμενο έρευνας και συζήτησης για την επιστημονική κοινότητα.<sup>1</sup> Διάφορα εθνικά και διεθνή πρότυπα προτείνουν ιδανικές τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας για τη φύλαξη του υλικού αρχείων, βιβλιοθηκών και μουσείων, καθώς και όρια μέσα στα οποία αυτές προτείνεται να μεταβάλλονται. Τα πρότυπα αυτά αναθεωρούνται ανά τακτά χρονικά διαστήματα, αλλά οι αλλαγές στις προτεινόμενες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας ήταν μέχρι πριν μερικά χρόνια συνήθως μικρές. Τα τελευταία όμως χρόνια έχουν προταθεί σημαντικές αναθεωρήσεις, οι οποίες σε μεγάλο βαθμό ανέτρεψαν καθιερωμένες απόψεις.

Το άρθρο διαπραγματεύεται τις εξελίξεις στις απόψεις που αφορούν τις συνθήκες φύλαξης αρχειακού υλικού στο γενικότερο πλαίσιο της εξέλιξης των απόψεων για τη φύλαξη μουσειακών αντικειμένων. Μέσω μιας κριτικής μελέτης της εξέλιξης σημαντικών και αντιπροσωπευτικών προτύπων και σχετικών επιστημονικών άρθρων που δημοσιεύθηκαν τα τελευταία 25 χρόνια, θα παρουσιάσει τις σύγχρονες απόψεις στο θέμα, επιχειρώντας παράλληλα να εξηγήσει τους λόγους που οδήγησαν την επιστημονική κοινότητα στην αναθεώρηση των καθιερωμένων απόψεων. Θα παρουσιάσει, επίσης, τις αρχές βάσει των οποίων ένας αρχειακός οργανισμός μπορεί να καθορίσει τις ιδανικές για αυτόν συνθήκες φύλαξης, λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητές του. Για να καταστούν όμως αυτά δυνατά, πρέπει αρχικά να παρουσιαστούν οι βάσεις στις οποίες έχουν στηριχθεί τα διάφορα πρότυπα.

### ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Ο έλεγχος της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας είναι παράγοντας μέγιστης σημασίας στη διατήρηση αρχειακών συλλογών. Είναι γεγονός ότι η εγκατάσταση, συντήρηση και λειτουργία επί 24ωρης βάσης ενός κλιματιστικού συστήματος είναι δαπανηρή και ίσως σήμερα μερικές φορές απαγορευτική.<sup>2</sup> Από την άλλη μεριά, είναι σημαντικό να αναγνωρισθεί ότι αποτελεί μία από τις κύριες μακροπρόθεσμες λύσεις, που θα επηρεάσουν θετικά το σύνολο των συλλογών ενός πολιτιστικού οργανισμού, παρατείνοντας σημαντικά τον χρόνο ζωής τους και προστατεύοντάς τες από ανεπιθύμητες φθορές.

Ο έλεγχος των κλιματικών συνθηκών των χώρων φύλαξης έχει κυρίως δύο στόχους: Αφενός τη δημιουργία συνθηκών που δεν ευνοούν την ανάπτυξη βιολογικών κινδύνων (μυκήτων, βακτηριδίων, εντόμων

1 J. P. Brown and W. B. Rose, Development of humidity recommendations in museums and moisture control in buildings, 1997, <https://cool.culturalheritage.org/byauth/brownjp/humidity1997.html#fn16>; J. Bickersteth, «Environmental conditions for safeguarding collections: What should our set points be?», *Studies in Conservation* 59/4 (2014), σ. 218-224; S. Michalski, «Climate Guidelines for Heritage Collections: Where we are in 2014 and how we got here», στο: *Proceedings of the Smithsonian Institution, Summit on the Museum Preservation Environment*, 13th-14th March 2016, σ. 7-33.

2 J. Rhys-Lewis, «The Maintenance of Archive Collections in Times of Constricting Budgets: Some Alternative Approaches under Development on the UK», *Atlanti* 26/2 (2016), σ. 105-112.

και τρωκτικών) και αφετέρου τη διατήρησή τους σε επίπεδα που επιβραδύνουν τις χημικές αντιδράσεις που αναπόφευκτα συμβαίνουν και ευθύνονται για τη «φυσική» γήρανση των υλικών.<sup>3</sup>

Ο κλιματικός έλεγχος είναι η βασική μέθοδος προφύλαξης κατά των βιολογικών παραγόντων, κυρίως των μυκήτων, που αποτελούν ίσως τον μεγαλύτερο βιολογικό κίνδυνο ειδικά για το χαρτί.<sup>4</sup> Κατά το παρελθόν, επικρατούσε η αντίληψη ότι η απολύμανση του προσβεβλημένου υλικού με δραστικά μυκητοκτόνα έλυσε το πρόβλημα. Η απολύμανση, εκτός των κινδύνων που εγκυμονεί για το προσωπικό και τους χρήστες λόγω υψηλής τοξικότητας των χρησιμοποιούμενων χημικών, κάνει το υλικό πιο ευάλωτο σε μελλοντικές μολύνσεις.<sup>5</sup> Εξάλλου, σπόρια μυκήτων και βακτηρίδια υπάρχουν σε αφθονία στον αέρα και τα ρούχα του προσωπικού και των χρηστών που έρχονται σε επαφή με το υλικό. Έτσι, η επαναμόλυνση του υλικού είναι βέβαιη. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες, κυρίως η σχετική υγρασία και δευτερευόντως η θερμοκρασία, καθορίζουν την ποσότητα του περιεχόμενου νερού των υγροσκοπικών υλικών. Αν αυτές ανεβάσουν το περιεχόμενο νερό σε τιμές που ευνοούν την ανάπτυξη των σπορίων των μυκήτων, εντός μερικών ημερών θα επακολουθήσει η εκρηκτική ανάπτυξη μούχλας. Η μόνη αποτελεσματική άμυνα είναι η ρύθμιση της σχετικής υγρασίας κάτω από το όριο του 65%, κατά προτίμηση μάλιστα αρκετά χαμηλότερα.<sup>6</sup>

Η φυσική γήρανση των υλικών οφείλεται σε χημικές αντιδράσεις οι οποίες συμβαίνουν με πολύ αργούς ρυθμούς σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος, και όσον αφορά τα οργανικά υλικά που φυλάσσονται σε αρχεία, κυρίως αντιδράσεις υδρόλυσης και οξειδωσης.<sup>7</sup> Είναι σημαντικό να γίνει κατανοητό ότι οι αντιδράσεις αυτές συμβαίνουν αναπόφευκτα και ότι οι ταχύτερες τους εξαρτώνται μεταξύ των άλλων από τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία.

### ΕΞΑΡΤΗΣΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΓΗΡΑΝΣΗΣ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΤΗ ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ

Πα να γίνει εμφανής η επίδραση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας στην ταχύτητα γήρανσης των υλικών, θα χρησιμοποιηθούν δεδομένα από μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στο χαρτί. Στον πίνακα 1 φαίνεται η επίδραση των μεταβολών της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας στην ταχύτητα γήρανσης του χαρτιού. Τα αριθμητικά δεδομένα έχουν προκύψει από πειράματα τεχνητής γήρανσης σε υψηλές θερμοκρασίες (60-100°C), μετά από αναγωγή σε χαμηλότερες θερμοκρασίες και διαφορετικές τιμές σχετικής υγρασίας με τη βοήθεια της εξίσωσης Arrhenius.<sup>8</sup> Η ταχύτητα της γήρανσης σε θερμοκρασία 20°C και σχετική υγρασία 50% τέθηκε ίση με το 1 και με βάση αυτή την παραδοχή υπολογίστηκαν οι σχετικές ταχύτητες στις άλλες συνθήκες. Όπως φαίνεται στον πίνακα αυτόν, αύξηση της θερμοκρασίας από τους 20 στους 25 βαθμούς υπό σταθερή σχετική υγρασία 50% επιταχύνει τη γήρανση κατά 1,8 φορές. Με ταυτόχρονη αύξηση της σχετικής υγρασίας στο 75%, η γήρανση επιταχύνεται κατά 2,6 φορές, ενώ η επιπλέον αύξηση και της θερμοκρασίας στους 30 βαθμούς επιταχύνει τη γήρανση κατά 4,5 φορές. Μπορεί να υπολογιστεί ότι υλικό που σε συνθήκες 50% RH και 20°C θα μπορούσε να ζήσει 200 χρόνια, σε συνθήκες 75% RH και 30°C θα ζήσει λιγότερο από 50 χρόνια. Ο προσεκτικός αναγνώστης θα μπορούσε να παρατηρήσει ότι η ελάττωση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας ελαττώνει περαιτέρω την ταχύτητα της γήρανσης. Ανάλογες μελέτες έχουν επίσης δημοσιευθεί για τα φιλμ οξικής κυτταρίνης και πολυεστέρα.<sup>9</sup>

θ°C	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
RH = 50%	0,11	0,19	0,33	0,58	1,00	1,80	3,00	5,50	9,00	16,00	28,00
RH = 75%	0,16	0,29	0,50	0,86	1,50	2,60	4,50	8,00	14,00	24,00	41,00

Πίνακας 1. Σχετικές ταχύτητες γήρανσης ενός τύπου χαρτιού σε διάφορες θερμοκρασίες και σε σχετικές υγρασίες 50% και 75%. Ο υπολογισμός των σχετικών ταχυτήτων στηρίχθηκε στην παραδοχή ότι η ταχύτητα της γήρανσης διπλασιάζεται κάθε περίπου 6,3°C. Η τιμή αυτή έχει προκύψει από συγκριτική μελέτη διαφόρων πειραμάτων τεχνητής γήρανσης του χαρτιού.<sup>10</sup>

3 S. Michalski, ό.π.

4 R. D. Smith, "Fumigation quandary: More overkill or common sense?", *The Paper Conservator* 10 (1986), σ. 46-47. M. Nitterus, "Fungi in archives and libraries", *Restaurator* 21/1 (2000), σ. 25-40.

5 N. Valentin, "Biodegradation of library materials: disinfection methods and new alternatives", *The Paper Conservator* 10 (1986), σ. 40-45.

6 J. Henderson, *Managing the library and archive environment*, Preservation Advisory Centre, British Library, 2013.

7 W. J. Barrow and R. C. Sproull, "Permanence in book papers", *Science* 129 (1959), σ. 1075-1084. W. K. Wilson and E. J. Parks, "An analysis of the ageing of paper: Possible reactions and their effects on measurable properties", *Restaurator* 3 (1979), σ. 37-61. C. Fellers, T. Iversen, T. Lindstrom, T. Nilsson and M. Rigdahl, *Ageing/degradation of paper, a literature survey*, FoU-projektet for papperskonservering, Stockholm 1989. X. Zou, N. Gurnagul, T. Uesaka and J. Bouchard, "Accelerated aging of papers of pure cellulose: mechanism of cellulose degradation and paper embrittlement", *Polymer Degradation and Stability* 43 (1994), σ. 393-402. A. Barański, J. M. Łagan and T. Łojewski, *Acid-catalysed degradation. Ageing and stabilization of paper*, στο: M. Strlič and J. Kolar (eds), Ljubljana National and University Library, 2005, σ. 93-109. S. Zervos, "Natural and accelerated ageing of cellulose and paper: A literature review", στο: *Cellulose: Structure and Properties, Derivatives and Industrial Uses*, A. Lejeune and T. Deprez (eds), Nova Publishing, New York 2010, σ. 155-203.

8 B. Browning and W. Wink, "Studies on the permanence and durability of paper - I. Prediction of paper permanence", *TAPPI Journal* 51 (1968), σ. 156-163. D. D. Roberson, "Permanence/ durability and preservation. Research at the Barrow laboratory", στο: *Preservation of paper and textiles of historic and artistic value II*, J. C. Williams (eds), American Chemical Society, Washington DC 1981, σ. 45-55. A. M. Emsley and G. C. Stevens, "Kinetics and mechanisms of the low-temperature degradation of cellulose", *Cellulose* 1 (1994), σ. 26-56. S. Zervos, ό.π.

9 A. T. Ram, "Archival preservation of photographic films—A perspective", *Polymer Degradation and Stability* 29/1 (1990), σ. 3-29.

10 E. L. Graminski, E. J. Parks and E. E. Toth, "The effects of temperature and moisture on the accelerated ageing of paper", στο: *Durability of macromolecular materials*, R. K. Eby (ed.), American Chemical Society, Washington DC 1979, σ. 341-355. W. K. Wilson, *Environmental guidelines for the storage of paper records (NISO TR01-95)*, National Information Standards Organization, Bethesda MD 1995.

Από την παραπάνω συζήτηση συνάγεται το συμπέρασμα ότι όσον αφορά τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία και το πώς αυτές επηρεάζουν την ταχύτητα των χημικών αντιδράσεων αλλά και τη βιολογική δραστηριότητα, προτιμώνται όσο το δυνατόν χαμηλότερες τιμές.

## ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ

Η σχετική και όχι η απόλυτη υγρασία καθορίζει την ποσότητα νερού που απορροφούν από την ατμόσφαιρα τα υγροσκοπικά υλικά, όπως το γαλάκτωμα (ζελατίνη) των φωτογραφιών και των φιλμ, το χαρτί, η περγαμινή, κ.ά. Η σχετική υγρασία εξαρτάται από τη θερμοκρασία: σε κλειστό χώρο και εφόσον δεν αλλάξει η ποσότητα των υδρατμών που περιέχονται σε αυτόν, δηλ. η απόλυτη υγρασία, ελάττωση της θερμοκρασίας προκαλεί αύξηση της σχετικής υγρασίας. Αν η θερμοκρασία πέσει κάτω από μια τιμή (σημείο δρόσου), στον κλειστό χώρο συμβαίνει υγροποίηση των υδρατμών του αέρα. Το σημείο δρόσου εξαρτάται από την απόλυτη υγρασία στον χώρο. Όσο μεγαλύτερη είναι η απόλυτη υγρασία (δηλαδή η ποσότητα υδρατμών), τόσο υψηλότερο είναι το σημείο δρόσου.

Από το ψυχομετρικό διάγραμμα μπορεί να υπολογισθεί ότι αν η σχετική υγρασία ενός κλειστού χώρου είναι 60% και η θερμοκρασία 25°C, μία πτώση της θερμοκρασίας 10 βαθμών (και εφόσον δεν εισέλθει ή εξέλθει από τον χώρο νέα ποσότητα υδρατμών) θα ανεβάσει τη σχετική υγρασία στο 100% και θα προκαλέσει την υγροποίηση 2 γραμμαρίων υδρατμού ανά κυβικό μέτρο του χώρου.<sup>11</sup>

Από την παραπάνω συζήτηση προκύπτει η πρώτη βασική ανάγκη για σταθερότητα της θερμοκρασίας, αφού ανεξέλεγκτες μεταβολές της μπορούν να προκαλέσουν ανεπιθύμητες και άκρως επικίνδυνες καταστάσεις, όπως υψηλές τιμές της σχετικής υγρασίας και υγροποίηση υδρατμών, με συνέπεια την εκρηκτική ανάπτυξη μούχλας.

Υπήρξε μία συζήτηση για το κατά πόσο οι αυξομειώσεις της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας ενεργοποιούν νέους (πιθανόν άγνωστους) μηχανισμούς χημικής φθοράς.<sup>12</sup> Νεότερες έρευνες έδειξαν ότι αυτό δεν συμβαίνει, και ότι η ταχύτητα της γήρανσης είναι περίπου αυτή που προκύπτει από τον μέσο όρο των ταχυτήτων στα άνω και τα κάτω άκρα της διακύμανσης.<sup>13</sup>

Πολύ νωρίς παρατηρήθηκε ότι οι απότομες μεγάλες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας μπορούν να προκαλέσουν μη αναστρέψιμες μηχανικές βλάβες.<sup>14</sup> Η αποβολή και πρόσληψη υγρασίας από τα υγροσκοπικά υλικά που φυλάσσονται σε μουσεία, αρχεία και βιβλιοθήκες μπορούν να προκαλέσουν βλάβες όπως ζάρωμα και παραμόρφωση του χαρτιού, των φωτογραφιών και των φιλμ, απολεπισμό μελανιών και γαλακτώματος φιλμ και φωτογραφιών, ρηγμάτωση των επιστρώσεων φιλμ και φωτογραφιών, απώλεια αντοχών.<sup>15</sup>

Ένα σημαντικό ερώτημα αφορά το μέγεθος των ανεκτών μεταβολών, ώστε τα παραπάνω προβλήματα να ελαχιστοποιηθούν. Το ερώτημα ταλάνισε για χρόνια τους πολιτιστικούς οργανισμούς, αλλά σήμερα τείνει να απαντηθεί. Τα πειράματα του Mecklenburg<sup>16</sup> έδειξαν ότι μεταβολές της σχετικής υγρασίας μεταξύ των ορίων 40% και 60% δημιουργούν ελάχιστη μηχανική καταπόνηση σε μια πληθώρα υλικών της πολιτιστικής κληρονομιάς, με εξαίρεση τα πολύ ευαίσθητα και πολύ γηρασμένα.<sup>17</sup>

## ΑΝΩ ΚΑΙ ΚΑΤΩ ΟΡΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

Έχει δείχθει ότι η αντοχή στις αναδιπλώσεις (folding endurance), που αποτελεί μέτρο της χρησιμότητας του χαρτιού,<sup>18</sup> εξαρτάται από τη σχετική υγρασία και ελαττώνεται θεαματικά με τη μείωσή της.<sup>19</sup> Έτσι, πολύ χαμηλή σχετική υγρασία που μπορεί να προκληθεί τον χειμώνα σε κεντρικά θερμαινόμενα κτήρια μπορεί να οδηγήσει στην ξήρανση και ψαθυροποίηση των υλικών.<sup>20</sup> Ειδικά για το χαρτί, το κάτω όριο είναι το 25%, αλλά για μικτές συλλογές θεωρείται πιο ασφαλές το 35%.<sup>21</sup>

Η υψηλή σχετική υγρασία αυξάνει την απορρόφηση του διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>) σε περιοχές ατμο-

11 Σ. Ζερβός, *Συντήρηση και Διατήρηση Χαρτιού, Βιβλίων και Αρχαιακού Υλικού*, Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, Αθήνα 2015.

12 C. Fellers, et al., ό.π. C. J. Shahani, F. H. Hengemihle and N. Weberg, "The effect of variations in relative humidity on the accelerated ageing of paper", στο: *Historic textile and paper materials II. Conservation and characterization*, S. H. Zeronian and H. L. Needles (eds), American Chemical Society, Washington DC 1989, σ. 63-80.

13 J. Bigourdan and J. Reilly, "Effects of fluctuating environments on paper materials — stability and practical significance for preservation", *La Conservation à l'Ère du Numérique, Actes des Quatrièmes Journées Internationales d'Études de l'ARSAG, Association pour la Recherche Scientifique sur les Arts Graphiques*, Paris 2002.

14 J. P. Brown and W. B. Rose, ό.π. S. Michalski, ό.π.

15 Henderson, J., ό.π.

16 M. F. Mecklenburg, *Determining the acceptable ranges of relative humidity and temperature in museums and galleries, part 1, structural response to relative humidity*, Smithsonian Museum Conservation Institute, 2007.

17 Βλ. και S. Michalski, ό.π.

18 S. Zervos and A. Moropoulou, "Methodology and criteria for the evaluation of paper conservation interventions. Literature review", *Restaurator* 27/4 (2006), σ. 219-274.

19 A. C. Sclawy, "The effect of varying relative humidity conditions on the folding endurance of aged paper samples", στο: *Preservation of paper and textiles of historic and artistic value II*, J. C. Williams (ed.), American Chemical Society, Washington DC 1981, σ. 217-222.

20 S. Ogden "Temperature, Relative Humidity, Light, and Air Quality: Basic Guidelines for Preservation", in *Preservation of Library and Archival Materials: A Manual*, Third Edition Section 2: The Environment, Leaflet 1, Northeast Document Conservation Center, 1999. S. Michalski, ό.π.

21 BSI [British Standards Institution] PD 5454 (2012), *Guide for the storage and exhibition of archival materials*.

σφαιρικά ρυπασμένες<sup>22</sup> και μετατρέπει τα αέρια όξινα οξείδια σε οξέα. Οι Slavin & Hanlan<sup>23</sup> έδειξαν ότι η υψηλή σχετική υγρασία επιταχύνει τη μετανάστευση όξινων συστατικών από όξινα εξώφυλλα και άλλα όξινα υλικά που γειτνιάζουν με το αποθηκευμένο χαρτί. Το άνω όριο της αποδεκτής σχετικής υγρασίας σχετίζεται κυρίως με την αποφυγή της μούχλας, και το 65% αποτελεί κατώφλι συναγερμού.<sup>24</sup>

Όσον αφορά τη θερμοκρασία, είναι επιθυμητό να είναι όσον το δυνατόν χαμηλότερη. Έτσι, έχει προταθεί η χρήση της βαθιάς ψύξης (θερμοκρασίες χαμηλότερες των 0°C) για τη διατήρηση πολύτιμων ή/και ευαίσθητων αντικειμένων. Γενικά, οι προτεινόμενες θερμοκρασίες αποτελούν συμβιβασμό μεταξύ του βέλτιστου και του οικονομικά εφικτού.<sup>25</sup> Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι χαμηλότερες θερμοκρασίες θα ήταν σαφώς καλύτερες αλλά πιθανόν οικονομικά απαγορευτικές. Παράδειγμα της στροφής προς τη χρήση χαμηλών θερμοκρασιών για τη φύλαξη του υλικού αποτελεί το πρόσφατα κατασκευασμένο κτήριο της Εθνικής Βιβλιοθήκης της Νορβηγίας, στο οποίο οι αποθηκευτικοί χώροι φύλαξης βιβλίων και οπτικοακουστικού υλικού διατηρούνται στους 8°C.<sup>26</sup>

Η σημαντική διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του εξωτερικού περιβάλλοντος και του εσωτερικού του κτηρίου μπορεί να προκαλέσει δομικές φθορές στην τοιχοποιία ιστορικών κτηρίων, συμπύκνωση υγρασίας στην εσωτερική πλευρά των τοίχων, και απαιτεί μόνωση που συνήθως δεν μπορεί να εγκατασταθεί στα ιστορικά κτήρια.<sup>27</sup> Επίσης, απαιτείται σταδιακός κλιματισμός των αντικειμένων που μεταφέρονται από τους χώρους φύλαξης, όπου διατηρούνται σε χαμηλές θερμοκρασίες, στα αναγνωστήρια που έχουν θερμότερο περιβάλλον, ώστε να μην υποστούν μηχανική καταπόνηση και να μην προκληθεί συμπύκνωση υδρατμών πάνω σε αυτά.

## ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΑΠΟΨΕΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΦΥΛΑΞΗΣ

Δεν είναι σαφές πότε οι συνθήκες φύλαξης αρχαικού υλικού αποτέλεσαν θέμα ξεχωριστής συζήτησης από τις γενικές συνθήκες φύλαξης αντικειμένων της πολιτιστικής κληρονομιάς. Στην πραγματικότητα, οι σημαντικότερες εξελίξεις ήταν αποτέλεσμα της αναζήτησης που αφορούσε τη φύλαξη μουσειακών αντικειμένων. Οπότε η συζήτηση που ακολουθεί θα κινηθεί σε αυτό το πλαίσιο και θα εξειδικευθεί στη φύλαξη αρχαικού υλικού. Είναι γεγονός ότι στα αρχαία τα πράγματα είναι πιο απλά από τα μουσεία και τις βιβλιοθήκες, γιατί δεν έχουν εκθεσιακούς χώρους ή χώρους επισκέψιμους από το κοινό αλλά κυρίως αποθηκευτικούς χώρους, και το υλικό τους είναι συνήθως πιο ομοιογενές και ανθεκτικό.

Η αρνητική επίδραση της υψηλής θερμοκρασίας και υψηλής σχετικής υγρασίας, καθώς και των διακυμάνσεων της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας στη διατήρηση των μουσειακών αντικειμένων ήταν γνωστή από το τέλος του 19ου αιώνα.<sup>28</sup> Ο McCabe<sup>29</sup> προτείνει για πρώτη φορά την περιοχή σχετικών υγρασιών από 55% έως 60% ως την καταλληλότερη για τη φύλαξη μουσειακών συλλογών. Ο MacIntyre<sup>30</sup> συμφωνεί με την πρόταση αυτή και προτείνει τους 16°C ως την καταλληλότερη θερμοκρασία. Η πρώτη αναφορά στα ανεκτά όρια μεταβολής της σχετικής υγρασίας προέρχεται από τον Buck,<sup>31</sup> ο οποίος προτείνει τα 45% και 65% ως άνω και κάτω όρια.

Στη δεύτερη έκδοση του βιβλίου του, ο Thomson<sup>32</sup> προτείνει δύο επιλογές (classes) για τις συνθήκες φύλαξης μουσειακών συλλογών. Η 1<sup>η</sup> συνιστά 50-55% RH ± 5% και 19°C τον χειμώνα και 24°C το καλοκαίρι. Η 2<sup>η</sup> συνιστά την περιοχή 40% έως 70% RH. Η κοινότητα εστίασε στην πρώτη επιλογή, και έτσι παγιώθηκε το 50% ± 5% RH ως η βέλτιστη τιμή και διακύμανση για τη σχετική υγρασία.<sup>33</sup> Διάφοροι ερευνητές συμφωνούν ότι οι προτεινόμενες τιμές δεν ήταν προϊόν έρευνας της επιστήμης των υλικών για τις επιδράσεις της σχετικής υγρασίας και των μεταβολών της σε αυτά, αλλά ότι προέκυψαν από εμπειρικές παρατηρήσεις και κυρίως από τις βέλτιστες δυνατότητες των συστημάτων κλιματισμού της εποχής εκείνης στη διατήρηση σταθερής υγρασίας εντός του διαστήματος ± 5%.<sup>34</sup>

Τα πρότυπα φύλαξης αρχαικού (αλλά και μουσειακού) υλικού, από την εμφάνισή τους μέχρι πριν 10 χρόνια περίπου, συνιστούσαν τιμές θερμοκρασίας γύρω στους 20°C ± 1°C και 50% ± 5% RH, με τάση υ-

22 A. Johansson, P. Kolseth and O. Lindqvist, "Uptake of air pollutants by paper", *Restaurator* 21/3 (2000), σ. 117-137.

23 J. Slavin and J. Hanlan, "An investigation of some environmental factors affecting migration-induced degradation in paper", *Restaurator* 13/2 (1992), σ. 78-94.

24 Henderson, J. ό.π.

25 W. K. Wilson, ό.π. Australian Standard AS 4390 (1996), *Records management, part 6, Storage*, appendix C. S. Ogden, ό.π.: BSI [British Standards Institution] BS 5454 (2000). *Recommendations for the storage and exhibition of archival documents*. BSI [British Standards Institution] PD 5454 (2012), ό.π.: State Records Authority of New South Wales (2012), *Standard: No. 11. Standard on the physical storage of State records issued under the State Records Act 1998*. ISO 11799 (2015), *Information and documentation — Document storage requirements for archive and library materials*. T. Taylor, "Preservation of cultural heritage: the design of low-energy archival storage", στο: *Advanced Technologies for Sustainable Systems*, Springer, 2017, σ. 11-18.

26 J. M. Reilly, *Storage Guide for Color Photographic Materials*, Image Permanence Institute, 1998.

27 J. P. Brown and W. B. Rose, ό.π.

28 S. Michalski, ό.π.

29 J. W. McCabe, "Humidification and Ventilation in Art Museums", *Museum News* (1931), 6. 7-8.

30 J. MacIntyre, *Some problems connected with atmospheric humidity. Some notes on atmospheric humidity in relation to works of art*, Courtauld Institute of Art, London 1934, σ. 7-16.

31 R. D. Buck, "A specification for museum airconditioning", *Museum News* 43/4 (1964), σ. 53-57.

32 G. Thomson, *The Museum Environment*, Butterworth-Heinemann, 1986.

33 J. Bickersteth, ό.π. S. Michalski, ό.π.

34 J. P. Brown and W. B. Rose, ό.π. S. Michalski, ό.π.



οθέτησης χαμηλότερων κάτω τιμών στη θερμοκρασία (έως 14°C) και τη σχετική υγρασία (έως 35%) με την πάροδο των χρόνων, αλλά με εμμονή στο θέμα της σταθερότητας.<sup>35</sup> Μεγάλος αριθμός πολιτιστικών οργανισμών σε ολόκληρο τον κόσμο εφαρμόζει τον κανόνα 20/50 με μικρές παραλλαγές (κυρίως λόγω των τοπικών κλιματικών συνθηκών).<sup>36</sup> Το πρότυπο ISO 11799<sup>37</sup> αναφέρεται emphaticά και για πρώτη φορά στο θέμα του κόστους: «Σε κάθε περίπτωση, και για όλων των ειδών τα υλικά, το αρχείο ή η βιβλιοθήκη πρέπει να επιλέξει τις κλιματικές συνθήκες που θα εφαρμόσει, λαμβάνοντας υπόψη τη φύση και την αξία των τεκμηρίων όπως επίσης και το οικονομικό κόστος της διατήρησης της θερμοκρασίας και της υγρασίας σε χαμηλά επίπεδα».

Παρότι διαφωνίες με τον κανόνα 20/50 είχαν εκφραστεί πολύ νωρίτερα, γύρω στο 2010 γενικεύεται η συζήτηση για πιθανές αναθεωρήσεις του. Σημαντικό κίνητρο αποτέλεσε η οικονομική δυσκολία διατήρησης των συνθηκών στα στενά όρια που προβλέπονται από τα διάφορα Πρότυπα, αλλά και τα προβλήματα διαδανεισμού μεταξύ μουσείων που προέκυπταν από τις μερικές φορές υπερβολικές απαιτήσεις των δανειστών προς τους δανειζόμενους για τις συνθήκες φύλαξης και έκθεσης του δανειζόμενου υλικού.<sup>38</sup> Η συζήτηση αυτή συνεχίζεται ακόμη και σήμερα, και πολλοί οργανισμοί δυσπισθούν στις νέες απόψεις για τη χαλάρωση των συνθηκών φύλαξης, προτιμώντας να κινηθούν με την αποδεδειγμένα ασφαλή λύση του παρελθόντος.

Πρότυπο	T (°C)	± T (°C)	RH (%)	± RH (%)
NISO TR01-1995	18 - 20	1	25 - 65	3
Αυστραλιανό Πρότυπο AS 1996 - 4390	20	1	50	5
Βρετανικό Πρότυπο BS 2000 - 5454	16 - 19	1	45 - 60	5
ISO 11799 – 2003 (Information and documentation - Document storage requirements for archive and library materials)	14 - 18	1	35 - 50	3
Βρετανικό Πρότυπο (Published Document) PD 5454 – 2012 (γενικές συλλογές)	13 - 20		35 - 60	
Βρετανικό Πρότυπο (Published Document) PD 5454 – 2012 (χαρτί)	5 - 25		25 - 60	
ISO 11799 – 2015 (Information and documentation — Document storage requirements for archive and library materials) (χαρτί)	2 - 18	1	30 - 50	3

Πίνακας 2. Εξέλιξη των προτεινόμενων τιμών θερμοκρασίας (T) και σχετικής υγρασίας (RH), όπως καταγράφεται σε διάφορα σημαντικά Πρότυπα. Είναι εμφανής η τάση ελάττωσης των κάτω ορίων θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, καθώς και το άνοιγμα του διαστήματος μεταξύ άνω και κάτω ορίου τιμών.

Στη συζήτηση που αφορά τις συνθήκες φύλαξης, σημαντική ήταν η συνδρομή πολλών επιστημόνων, αλλά οι έρευνες των Mecklenburg<sup>39</sup> και Michalski<sup>40</sup> ήταν καθοριστικές. Οι ερευνητές αυτοί προτείνουν χαλάρωση των ορίων που θέτουν τα διάφορα πρότυπα, στηριζόμενοι στο εξής πολύ σημαντικό εύρημα: η μεγάλη πλειονότητα των αντικειμένων που φυλάσσονται σε μουσεία, αρχεία και βιβλιοθήκες δεν κινδυνεύει από μεταβολές της σχετικής υγρασίας, αρκεί αυτές να είναι μεταξύ των ορίων 40% και 60%, ακόμα και αν οι μεταβολές αυτές συμβαίνουν εντός ενός 24ώρου και είναι της τάξης του ±10% (αφορά τις εσωτερικές τάσεις που αναπτύσσονται στα αντικείμενα). Σχετικά με τις μεταβολές της θερμοκρασίας μεταξύ ενός ελάχιστου και ενός μέγιστου ορίου, θεωρείται ότι δεν αποτελούν πρόβλημα, αν αυτές συμβούν με αργό ρυθμό (π.χ. 1 με 2 βαθμούς τον μήνα). Αυτό δίνει τη δυνατότητα στους πολιτιστικούς οργανισμούς να κινούνται μεταξύ μιας ελάχιστης (χειμώνας) και μιας μέγιστης (καλοκαίρι) θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του έτους, με συνολικό αποτέλεσμα όσον αφορά τις επιδράσεις στο υλικό περίπου ισοδύναμο με τη διατήρηση του μέσου όρου των δύο ακραίων θερμοκρασιών.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η μεγάλη πλειοψηφία του υλικού μπορεί να φυλάσσεται σε λιγότερο αυστηρές συνθήκες, ενώ το πιο ευαίσθητο ή/και υποβαθμισμένο υλικό σε πιο σταθερές (προτείνονται κλειστά περιβλήματα, κυρίως αρχαιακά κουτιά που εξασφαλίζουν εντός τους σταθερότερο μικροκλίμα), με αποτέλεσμα πολύ μεγαλύτερη ευελιξία και μικρότερο κόστος διατήρησης των ενδεδειγμένων συνθηκών φύλαξης.

Το PD 5454 (2012)<sup>41</sup> προτείνει δύο επιλογές όσον αφορά τα φιλμ και το φωτογραφικό υλικό:

- Δροσερή αποθήκευση (cool storage): 5-18°C, 30-50% RH
- Ψυχρή αποθήκευση (cold storage): -15°C, ± 5°C

Για την πρώτη επιλογή αναφέρεται ότι «μπορεί να χρησιμοποιηθεί» για φύλαξη ασπρόμαυρων φωτογραφιών και φιλμ με βάση πολυεστέρα, ενώ για τη δεύτερη ότι «συνιστάται» για τη φύλαξη φιλμ και υποστρωμάτων οξικής και νιτρικής κυτταρίνης και για έγχρωμα φιλμ και φωτογραφίες. Για τη δεύτερη επιλογή συνιστάται προκλιματισμός πριν την ψύξη σε περιβάλλον με 50% RH για 24 ώρες και εγκλεισμός του υλικού σε σφραγισμένες αεροστεγείς σακούλες ή κουτιά από πολυπροπυλένιο ή πολυαιθυλένιο.

35 W. K. Wilson, ό.π. Australian Standard AS 4390, ό.π. BSI [British Standards Institution] BS 5454 (2000), ό.π. ISO 11799, ό.π.

36 J. Bickersteth, ό.π.

37 ISO 11799, ό.π.

38 J. Bickersteth, ό.π. S. Michalski, ό.π.

39 M. F. Mecklenburg, ό.π.

40 S. Michalski, ό.π.

41 BSI [British Standards Institution] PD 5454 (2012), ό.π.

Νεότερα πρότυπα φύλαξης αρχειακού υλικού αποτυπώνουν τις τάσεις αυτές, δεν παραθέτουν συγκεκριμένες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, αλλά προτείνουν σχετικές εκτεταμένες περιοχές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, συμβουλεύοντας τους οργανισμούς να μελετήσουν όλες τις παραμέτρους και να αποφασίσουν μόνοι τους για τις βέλτιστες συνθήκες που τους ταιριάζουν.<sup>42</sup>

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Διεθνείς οργανισμοί προτυποποίησης, επαγγελματικές και επιστημονικές οργανώσεις και σύνδεσμοι μουσείων προτείνουν σήμερα χαμηλότερα κάτω όρια θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας. Ταυτόχρονα φαίνεται μια τάση χαλάρωσης όσον αφορά τις αποδεκτές διακυμάνσεις, με παράλληλη αποδοχή των αργών εποχιακών μεταβολών της θερμοκρασίας. Λαμβάνονται, πλέον, σοβαρά υπόψη οικονομικές και περιβαλλοντικές παράμετροι, στο πνεύμα των αρχών της βιώσιμης ανάπτυξης.

Χαμηλότερη θερμοκρασία και σχετική υγρασία συντελούν στη μακρόχρονη διατήρηση, αλλά πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλοί ακόμη παράγοντες. Έτσι, για τον καθορισμό τιμών και ορίων θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας λαμβάνονται υπόψη:<sup>43</sup>

- Η επίδραση των συνθηκών φύλαξης στην ταχύτητα γήρανσης των υλικών
- Οι βιολογικοί κίνδυνοι (κυρίως μούχλα)
- Η μηχανική καταπόνηση των αντικειμένων από εσωτερικά στρες (αφορά τις διακυμάνσεις κυρίως της σχετικής υγρασίας)
- Οικονομικοί και περιβαλλοντικοί παράγοντες (κυρίως το κόστος διατήρησης των συνθηκών)
- Πιθανά προβλήματα που μπορεί να δημιουργηθούν στο κτήριο
- Οι τοπικές κλιματικές συνθήκες
- Η συνύπαρξη ευαίσθητων ή/και πολύ γηρασμένων υλικών με άλλες απαιτήσεις βέλτιστης αποθήκευσης (π.χ. έγχρωμες φωτογραφίες, υποστρώματα φιλμ και φωτογραφικοί νιτρικοί και οξικοί κυτταρίνη, που πρέπει να φυλάσσονται σε θερμοκρασίες κοντά ή κάτω από 0°C)<sup>44</sup>

Μεγάλοι οργανισμοί (Canadian Conservation Institute) και σημαντικοί επιστήμονες όπως ο Michalski, αναφερόμενοι σε διάφορα σύγχρονα πρότυπα φύλαξης, διαπιστώνουν ότι «αντί πια να προτείνονται συγκεκριμένες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, αναπτύσσεται ένα σκεπτικό για το πώς μπορεί ένας οργανισμός να αποφασίσει για τις βέλτιστες συνθήκες που ταιριάζουν σε αυτόν».<sup>45</sup>

Οι γενικές οδηγίες για τον καθορισμό των βέλτιστων συνθηκών φύλαξης σε έναν πολιτιστικό οργανισμό περιλαμβάνουν τα εξής:

- Τη συγκέντρωση στοιχείων πολλών ετών για τις κλιματικές συνθήκες (εντός και εκτός κτηρίου)
- Λαμβάνεται υπόψη η μέση ετήσια θερμοκρασία (εντός του κτηρίου)
- Επιλέγεται ένας στόχος (για επιθυμητή τιμή) θερμοκρασίας και υγρασίας εντός των ορίων των Προτύπων
- Επιτρέπεται μια αργή εποχιακή μεταβολή της θερμοκρασίας γύρω από την επιθυμητή τιμή της (εντός των ορίων που καθορίζονται από τα Πρότυπα)
- Εκτιμάται η ανάγκη εγκατάστασης κλιματισμού, και ακόμα καλύτερα ενός Συστήματος Διαχείρισης Κτηρίου (Building Management System, BMS)
- Πρέπει να ληφθεί ειδική μέριμνα για τα πιο ευαίσθητα αντικείμενα
- Απαιτείται ρεαλιστική εκτίμηση του κόστους λειτουργίας και συντήρησης

Ανακεφαλαιώνοντας τα διάφορα Πρότυπα και λαμβάνοντας υπόψη τις δημοσιεύσεις των Mecklenburg<sup>46</sup> και Michalski,<sup>47</sup> τις συστάσεις διάφορων διεθνών οργανισμών (όπως των NMDC [National Museum Directors' Conference], AAMD [Association of Art Museum Directors], ASHRAE [American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers])<sup>48</sup>, καθώς και τη συζήτηση που προηγήθηκε, για τα χάρτινα υποστρώματα (που δεν είναι πολύ ευαίσθητα και σε πολύ προχωρημένη κατάσταση γήρανσης), οι προτεινόμενες συνθήκες είναι:

- Για χαρτί από 5 έως 25°C ± 2-5°C και 25 έως 60% RH ± 10%
- Για γενικές (μικτές) συλλογές από 13 έως 20°C ± 2-5°C και 35 έως 60% RH ± 10%
- Η αποδεκτή διακύμανση (± 2-5°C και ± 10% RH) αφορά ημερήσιες αυξομειώσεις γύρω από μία τιμή στόχο που έχει τεθεί μεταξύ των προτεινόμενων ορίων για τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία (π.χ. για τη θερμοκρασία, η τιμή στόχος πρέπει να ορισθεί μεταξύ των τιμών 13 έως 20°C). Η ημερήσια διακύμανση δεν πρέπει να ξεφεύγει από τα επιτρεπτά όρια τιμών (δηλ. για τη θερμοκρασία, πρέπει οι ακραίες τιμές να μην ξεφεύγουν κάτω και πάνω από τα όρια των 13 και 20°C αντίστοιχα). Μεταξύ των ορίων αυτών, επιτρέπεται μια αργή εποχιακή μεταβολή.

42 British Standards Institution. PAS 198 (2012): *Specifications for Managing Environmental Conditions for Cultural Collections*. BSI [British Standards Institution] PD 5454 (2012), ό.π. State Records Authority of New South Wales, ό.π. J. Henderson, ό.π. ISO 11799, ό.π. J. Ashley-Smith, *An Overview of a Process and Specification: The British Standards Institute Publicly Available Specification (PAS) 198, "Specification for Managing Environmental Conditions for Cultural Collections"*, Summit on the Museum Preservation Environment, 57, 2016.

43 BSI [British Standards Institution] PD 5454 (2012), ό.π.

44 P. Z. Adelstein, *IPI media storage quick reference*, 2009.

45 S. Michalski, ό.π.

46 M. F. Mecklenburg, ό.π.

47 S. Michalski, ό.π.

48 Στο ίδιο, σ. 16, πίνακας 1.