



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΩΝ ΤΕΧΝΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Αφαίρεση αλάτων από την ζωγραφική επιφάνεια των τοιχογραφιών:
βιβλιογραφική ανασκόπηση των μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενων μεθόδων.**

Όνοματεπώνυμο: Μητρονάσιος Δημήτριος

Αριθμός Μητρώου: 18676060

Επιβλέπων καθηγητής: Χατζηγιάννης Δημήτριος

Τόπος κατάθεσης: Αθήνα

Μήνας κατάθεσης: Μάρτιος

Έτος κατάθεσης: 2023

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αφαίρεση αλάτων από την ζωγραφική επιφάνεια των τοιχογραφιών:
βιβλιογραφική ανασκόπηση των μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενων μεθόδων.

ΜΕΛΗ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ:

Χατζηγιάννης Δημήτριος Χατζηδάκη Μαρία

X

X

Στεφανής Νικόλαος - Αλέξιος

X



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ

Αίτηση Ανάληψης Πτυχιακής Εργασίας

ΤΜΗΜΑ : ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΩΝ ΤΕΧΝΗΣ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ : Β

ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ

Ημερομηνία: 06/04/2022

Αρ. Πρωτ.:

ΕΠΩΝΥΜΟ : Μητρονάσιος :
Όνομα : Δημήτριος :
Όνομα Πατέρα : Περικλής :
Τηλέφωνο Επικοινωνίας : 6973893720 :
Email Επικοινωνίας : mitronatsiosd@gmail.com :
Εξάμηνο Σπουδών : 8ο (Η') :
Αριθμός Μητρώου : 18676060 :

Παρακαλούμε να ενεργήσετε για την έγκριση της εκπόνησης της ακόλουθης πτυχιακής εργασίας
Τίτλος πτυχιακής στην ελληνική γλώσσα

Αφαίρεση αλάτων από την ζωγραφική επιφάνεια των τοιχογραφιών: βιβλιογραφική ανασκόπηση των μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενων μεθόδων.

Τίτλος πτυχιακής στην αγγλική γλώσσα

Salts removal from the surface of mural paintings: a literature review of the already used conservation methods

Περίληψη

Τα άλατα αποτελούν μια από τις κυριότερες φθορές των τοιχογραφιών αλλά και ένα από τα δυσεπίλυτα προβλήματα που αντιμετωπίζει ο συντηρητής. Μια σειρά μεθόδων έχει εφαρμοστεί για την αντιμετώπιση του φαινομένου. Οι μέθοδοι αυτές περιλαμβάνουν τη χρήση διαλυτών ή αντιδραστηρίων σε συνδυασμό με διάφορους φορείς εφαρμογής (χαρτοπολτό, γέλες κλπ.). Το συγκεκριμένο πεδίο είναι συνεχώς εξελισσόμενο. Μέσα από τη μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας, η πτυχιακή αυτή εργασία καλείται να συνοψίσει αυτές τις μεθόδους, να τις παρουσιάσει, να εντοπίσει τους περιορισμούς τους και τα πεδία για μελλοντική έρευνα.

Στην οικογένειά μου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα άλατα αποτελούν έναν από τις κυριότερους παράγοντες φθοράς των τοιχογραφιών, αλλά και ένα από τα δυσεπίλυτα προβλήματα που αντιμετωπίζει ο συντηρητής. Η πολυπλοκότητα του μηχανισμού σχηματισμού των αλάτων σε συνάρτηση με τη συνεχή μεταφορά τους στο εσωτερικό μιας τοιχογραφίας, καθιστούν το φαινόμενο ακόμη και σήμερα αρκετά δύσκολο να εξηγηθεί απολύτως, όσον αφορά τη δράση και τη φθορά που αυτό επιφέρει. Ωστόσο, κάτι τέτοιο, πρακτικά δεν έχει σταθεί εμπόδιο όσον αφορά την αφαίρεσή τους. Εδώ και αρκετές δεκαετίες, οι συντηρητές μέσα από τον συνεχή πειραματισμό και την δοκιμή ολοένα και περισσότερων υλικών και μέσων, έχουν καταφέρει να εφαρμόσουν και να εδραιώσουν μία σειρά μεθόδων για την αντιμετώπιση του φαινομένου. Οι μέθοδοι αυτές περιλαμβάνουν τη χρήση διαλυτών ή αντιδραστηρίων σε συνδυασμό με διάφορους φορείς εφαρμογής (χαρτοπολτό, γέλες κλπ.). Το συγκεκριμένο πεδίο είναι συνεχώς εξελισσόμενο και όσο η επιστήμη μελετά και ανακαλύπτει ολοένα και περισσότερα στοιχεία για το μηχανισμό ανάπτυξης και δράσης των αλάτων στην τοιχογραφία, τόσο πιο επιτυχημένες μέθοδοι θα ανακαλύπτονται για την αφαίρεσή τους. Μέσα από τη μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας, αυτή η πτυχιακή εργασία καλείται να συνοψίσει αυτές τις μεθόδους, να τις παρουσιάσει, να εντοπίσει τους περιορισμούς τους και τα πεδία για μελλοντική έρευνα.

Λέξεις – κλειδιά: άλατα, τοιχογραφία, συντήρηση, μέθοδοι

ABSTRACT

Salts are one of the main causes of deterioration of wall paintings, but also one of the most intractable problems that a conservator faces. The complexity of the formation mechanism of the salts in conjunction with their transfer to the masonry with every mean of transport, make this phenomenon even today, very difficult to explained absolutely, concerning the effect and the decay that causes. For several decades, the conservators through continuous experimentation and testing of materials and methods, they have achieved to apply and standardized a spectrum of methods for the treatment of this phenomenon. These methods include the use of water or reactants combined with different carriers (pulp, gels, etc.). This specific field is constantly evolving and as the scientists research and discover more and more data about the growth and decay mechanisms of salts in wall paintings, more successful methods will discovered about salt removal and treatment. Throughout the research of the literature review, this thesis is called to sum up these methods, to present them and highlight their restrictions and the fields for future research.

Keywords: salts, wall painting, conservation, methods

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή.....	10
ΕΝΟΤΗΤΑ 1.1: Σκοπός και στόχοι της εργασίας.....	10
Αναγκαιότητα εκπόνησης της εργασίας.....	10
Σκοπός και στόχοι της εργασίας.....	10
Μεθοδολογία και ανάλυση δομής της εργασίας.....	10
ΕΝΟΤΗΤΑ 1.2:Τοιχογραφία.....	11
Ορισμός.....	11
Υλικά και τεχνολογία κατασκευής.....	11
Παθολογία των τοιχογραφιών.....	13
ΕΝΟΤΗΤΑ 1.3: Βασική χημεία των αλάτων.....	14
Εισαγωγή.....	14
Διαλυτότητα.....	14
ΕΝΟΤΗΤΑ 1.4:Τα άλατα στην τοιχογραφία.....	15
Προέλευση και μεταφορά των ιόντων.....	15
Μηχανισμός σχηματισμού.....	20
Μηχανισμός φθοράς.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Το νερό στην αφαίρεση των αλάτων.....	25
ΕΝΟΤΗΤΑ 2.1: Το νερό ως διαλύτης.....	25
ΕΝΟΤΗΤΑ 2.2: Το νερό ως φορέας αντιδραστηρίων.....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Φορείς συστημάτων αφαίρεσης αλάτων.....	27
ΕΝΟΤΗΤΑ 3.1: Εισαγωγή.....	27
3.1.1: Γενικά στοιχεία.....	27
3.1.2: Αρχή λειτουργίας.....	28
Μέθοδοι που βασίζονται στη διάχυση(diffusion).....	28
Μέθοδοι που βασίζονται στην οριζόντια μεταφορά(advection).....	28
Η δράση του φορέα: ύγρανση της τοιχογραφίας και αφαίρεση αλάτων.....	29

Αφαίρεση αλάτων με διάχυση.....	30
Αφαίρεση αλάτων με οριζόντια μεταφορά.....	30
Τροποποίηση των ιδιοτήτων των φορέων κατά την εφαρμογή.....	31
Σύνοψη.....	31
ΕΝΟΤΗΤΑ 3.2: Πολτοί.....	32
Εισαγωγή.....	32
Βασικές κατηγορίες υλικών.....	33
Εφαρμογή.....	33
3.2.1: Κυτταρινικά προϊόντα.....	35
Εισαγωγή.....	35
Ροφητικές ικανότητες.....	36
Μέγεθος κυτταρινικών ινών και ο ρόλος του.....	36
Ρύθμιση ιδιοτήτων του πολτού με έλεγχο του πάχους.....	37
Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα.....	37
3.2.2: Ορυκτές άργιλοι.....	38
Εισαγωγή.....	38
Σεπιόλιθος και Ατταπουλγίτης.....	39
ΕΝΟΤΗΤΑ 3.3: Γέλες.....	41
Εισαγωγή.....	41
Ταξινόμηση των γελών.....	42
Πλεονεκτήματα	43
3.3.1: Κυτταρινικοί αιθέρες.....	43
Εισαγωγή.....	43
Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα.....	44
Ιξώδες.....	44
Μεθυλοκυτταρίνη(MC).....	45
Καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη(CMC).....	46

3.3.2: Υδρογέλες.....	47
3.3.2.1: Άγαρ.....	47
Εισαγωγή.....	47
Συγκέντρωση.....	48
Πάχος.....	48
Ιξώδες και θερμοκρασία.....	49
Προετοιμασία και εφαρμογή.....	49
3.3.2.2: PVA-B.....	50
Εισαγωγή.....	50
Χαρακτηριστικά λειτουργίας.....	50
Ιδιότητες.....	51
ΕΝΟΤΗΤΑ 3.4: Σύνοψη - Συμπεράσματα.....	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Αντιδραστήρια συστημάτων καθαρισμού.....	51
ΕΝΟΤΗΤΑ 4.1: Ιοντικοί εναλλάκτες.....	52
Εισαγωγή.....	52
Ανθρακικά άλατα.....	53
Ρητίνες ανταλλαγής ιόντων.....	54
Χαρακτηριστικά ρητινών ιοντοανταλλαγής.....	55
Πλεονεκτήματα ρητινών ιοντοανταλλαγής.....	56
Μειονεκτήματα ρητινών ιοντοαταλλαγής.....	56
Ιοντικοί εναλλάκτες LDH και ZrP.....	57
Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χρήσης LDHs και ZrPs.....	57
ΕΝΟΤΗΤΑ 4.2: Χηλικά αντιδραστήρια.....	58
Εισαγωγή.....	58
Χρήση των χηλικών αντιδραστηρίων στην αφαίρεση αλάτων από τοιχογραφίες....	59
EDTA.....	60

Πλεονεκτήματα χρήσης χηλικών.....	61
Μειονεκτήματα χρήσης χηλικών.....	61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συστήματα αφαίρεσης αλάτων.....	61
Εισαγωγή.....	61
Ferroni – Dini.....	61
AB57.....	62
Συστήματα ανθρακικών αμμωνιών.....	63
Συστήματα αφαίρεσης αλάτων με ιοντοανταλλαγή.....	63
Συστήματα αφαίρεσης αλάτων με LDHs και ZrPs.....	63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Αξιολόγηση αποτελεσματικότητας και κριτήρια επιλογής υλικών και μεθόδων.....	64
ΕΝΟΤΗΤΑ 6.1: Τρόποι αξιολόγησης αποτελεσματικότητας μεθόδων.....	64
Οπτική παρατήρηση.....	64
Έλεγχος αγωγιμότητας	64
Εξέταση με αναλυτικές τεχνικές.....	65
ΕΝΟΤΗΤΑ 6.2: Κριτήρια επιλογής υλικών.....	65
Ασφάλεια και υγεία του συντηρητή.....	66
Αλλοίωση της τοιχογραφίας.....	66
Ταχύτητα.....	67
Κόστος.....	67
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Σύνοψη – Επίλογος.....	68
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	70
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	74

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή

ΕΝΟΤΗΤΑ 1.1: Σκοπός και στόχοι της εργασίας

Αναγκαιότητα εκπόνησης της εργασίας

Τα άλατα αποτελούν έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες φθοράς των μνημείων και των αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς (π.χ. λίθινων, κεραμικών, γυάλινων τεχνουργημάτων και έργων τέχνης), συμπεριλαμβανομένων και των τοιχογραφιών. Οι τοιχογραφίες αποτελούν εξαιρετικά σημαντικά δείγματα της παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς που η ίδια η φύση τους (πορώδης δομή, χρήση ορυκτών υλικών και παραγώγων τους, άμεση επαφή με το φυσικό περιβάλλον κλπ) τις καθιστά ιδιαίτερα ευπαθείς στη δράση των αλάτων. Τα ίδια τα άλατα, ο μηχανισμός προσβολής μιας τοιχογραφίας και οι φθορές που αυτά μπορούν να προκαλέσουν αποτελούν σύνθετο και πολυδιάστατο φαινόμενο. Για αυτό το λόγο απασχόλησαν από νωρίς συντηρητές και ερευνητές, τόσο όσον αφορά την κατανόηση του φαινομένου, όσο και για την ανεύρεση μεθόδων αντιμετώπισής του. Έτσι μέχρι σήμερα έχει διερευνηθεί σε μεγάλο βαθμό το φαινόμενο της προσβολής των τοιχογραφιών από άλατα και έχει καθιερωθεί μια σειρά μεθόδων για την αφαίρεσή τους.

Σκοπός και στόχοι της εργασίας

Σκοπός αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι, μέσω της μελέτης της ήδη υπάρχουσας βιβλιογραφίας, να παρουσιαστούν τα υλικά και οι μέθοδοι αφαίρεσης αλάτων από τη ζωγραφική επιφάνεια των τοιχογραφιών. Στόχοι της εργασίας είναι, μέσω της μελέτης των υλικών και της κατανόησης της λειτουργίας τους να προκύψουν, τα πεδία εφαρμογής που υστερούν ή υπερτερούν έναντι άλλων υλικών και εν συνεχεία, η αποτελεσματικότητα εφαρμογής κάθε μεθόδου.

Μεθοδολογία και ανάλυση δομής της εργασίας

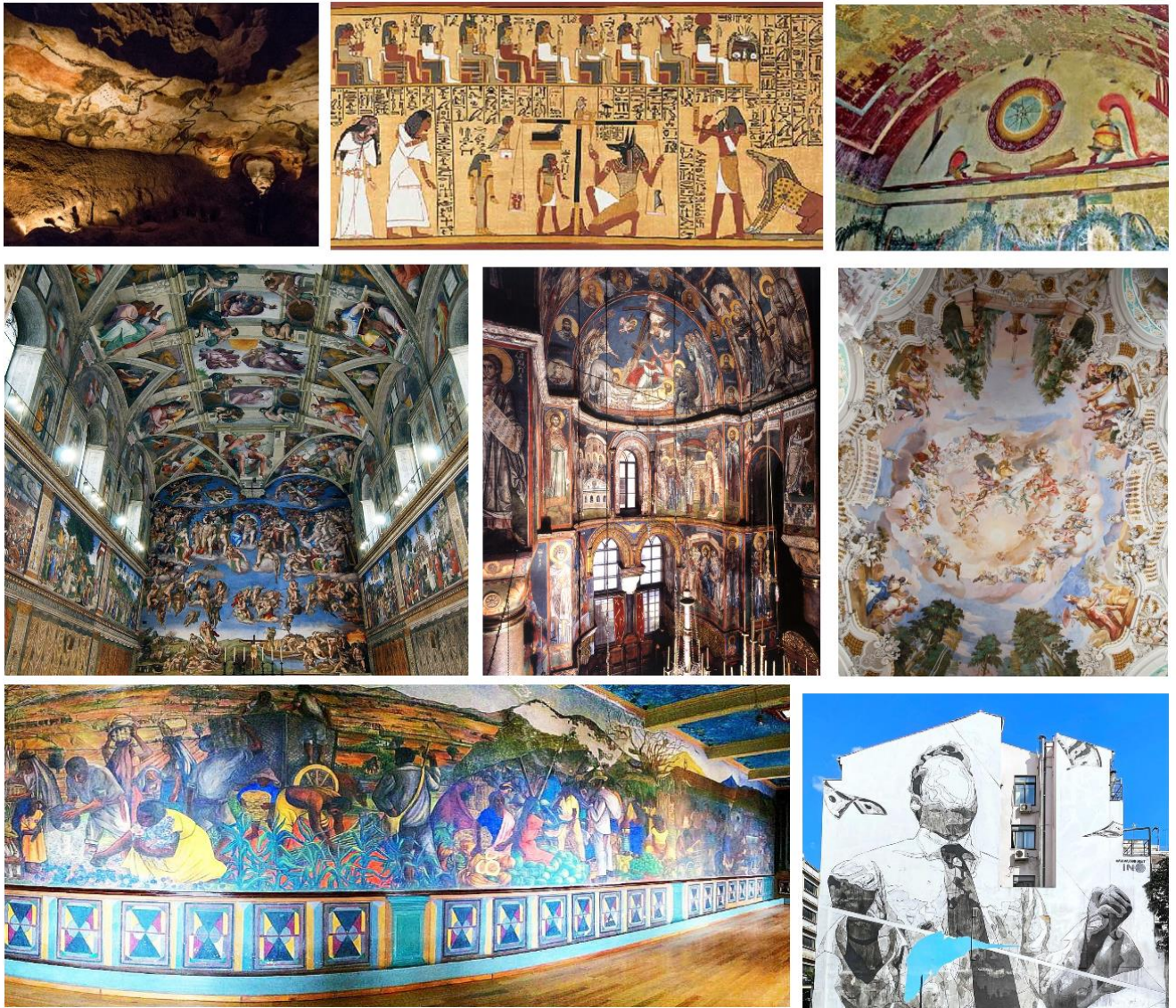
Η εργασία εισάγει τον αναγνώστη στο φαινόμενο των αλάτων, της δράσης τους και των επιπτώσεων τους στην τοιχογραφία. Στην συνέχεια, γίνεται παρουσίαση των βασικών κατηγοριών υλικών που αποτελούν ένα σύστημα αφαίρεσης αλάτων, της λειτουργίας τους και του ρόλου που επιτελούν σε αυτό. Ακολούθως, περιγράφεται η συνδυαστική-συνεργατική χρήση των υλικών που συνθέτουν ένα σύστημα αφαίρεσης αλάτων. Η εργασία ολοκληρώνεται με μία κριτική αποτίμηση των υλικών και των μεθόδων καθώς και με μία αναφορά στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων μίας μεθόδου. Τέλος, γίνεται παράθεση των συμπερασμάτων και προβληματισμών που προκύπτουν μέσα από τη γενικότερη έρευνα όσον αφορά το πεδίο της αφαίρεσης αλάτων.

Μεθοδολογικά, η εργασία στο σύνολό της βασίζεται σε εξέταση και παράθεση πληροφοριών της μέχρι σήμερα βιβλιογραφίας. Γίνεται μία ταξινόμηση των πληροφοριών που αφορούν το φαινόμενο, τα υλικά και τις μεθόδους, ώστε η εργασία να αποτελεί ένα οδηγό περιγραφής κάθε κατηγορίας υλικού που λαμβάνει μέρος σε μία μέθοδο αφαίρεσης αλάτων. Ο τρόπος δόμησης των πληροφοριών αποσκοπεί τόσο στη σύγκριση μεταξύ υλικών, όσο και στην κατανόηση του ρόλου της κάθε κατηγορίας συστατικών και της δημιουργίας ενός συστήματος.

ΕΝΟΤΗΤΑ 1.2: Τοιχογραφία

Ορισμός

Ως τοιχογραφία ορίζεται η ζωγραφική πάνω σε σταθερά, ακίνητα ή δομημένα υποστηρίγματα, όπως σπήλαια, οικίες, ναοί, τάφοι, δημόσια κτήρια, κ.α. Φέρεται να είναι το παλαιότερο είδος εικαστικής τέχνης και έκφρασης που διασώζεται και αναπαράγεται μέχρι σήμερα, από τις πρώτες προϊστορικές εγχάρακτες και έγχρωμες βραχογραφίες έως και τη σημερινή τέχνη του δρόμου και τα γκραφίτι. (Mora, Mora, & Philipprot, 1984) (Λαμπρόπουλος, Νταλούκα, Παπαθανασίου, & Χατζηδάκη, 1999)



Εικ. 1.2.1: Διάφορες μορφές της τοιχογραφίας ανά τον κόσμο και τους αιώνες στο πέρασμα των χρόνων

(1. <http://www.mentality10.com/>, 2. <https://dialogos.com.cy/>, 3. <https://enromiosini.gr/>, 4. <https://parathyro.politis.com.cy/>, 5. <https://www.pemptousia.gr/>, 6. <https://gr.depositphotos.com/>, 7. <https://www.oaxaca.media/>, 8. <https://impermanent-art.tumblr.com/>)

Υλικά και τεχνολογία κατασκευής

Στρωματογραφικά μία τοιχογραφία αποτελείται από το **υποστήριγμα**, το **υπόστρωμα** και τη **ζωγραφική επιφάνεια**.

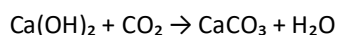
Υποστηρίγματα τοιχογραφιών: Η τοιχοποιία αποτελεί το συνηθέστερο υποστήριγμα μιας τοιχογραφίας. Αποτελείται συνήθως από μια λιθοδομή, αποτελούμενη κυρίως από πωρόλιθους (CaCO_3), ασβεστόλιθους (CaCO_3) ή και μάρμαρο

(CaCO₃, MgCO₃). Ωστόσο, υπάρχουν και παραδείγματα κατασκευών με πλινθοδομή, από οπτόπλινθους ή ωμόπλινθους (αργιλοπυριτικής σύστασης υλικά με βασικές ενώσεις τα SiO₂, AlO₂). Η στερήωση των λίθων γινόταν συνήθως με ασβεστοκονίαμα (μείγμα ασβέστη με αδρανή υλικά ασβεστολιθικής ή πυριτικής σύστασης). Έχουν εντοπιστεί βέβαια και κονιάματα με βάση την άργιλο αλλά και τον γύψο (Ca₂SO₄·2H₂O). (Mora, Mora, & Philiprot, 1984) (Κωροναίος & Πουλάκος, 2006) (Μαμαλούκος, 2005).

Υποστρώματα τοιχογραφιών: Το υπόστρωμα μιας τοιχογραφίας αποτελείται από πολλαπλά στρώματα κονιαμάτων με κοκκομετρική διαβάθμιση. Εφαρμόζεται πάνω στην τοιχοποιία και προηγείται του ζωγραφικού στρώματος. Το κονίαμα δημιουργείται με ανάμιξη συνδετικής κονιάς και αδρανών υλικών. Η συνηθέστερη συνδετική κονία των παραδοσιακών κονιαμάτων των τοιχογραφιών είναι η υδράσβετος (Ca(OH)₂ το οποίο μετά την ανθρακοποίησή του και την αντίδραση με το CO₂ της ατμόσφαιρας μετατρέπεται σε CaCO₃). Και πάλι βέβαια συναντώνται και κονιάματα με συνδετική κονία την άργιλο και τον γύψο. Τα αδρανή υλικά αποτελούνται συνήθως από άμμο (ποταμίσια ή νταμαρίσια) με βάση το CaCO₃ αλλά και το SiO₂ και βέβαια μπορεί να περιέχουν και πολλές άλλες ορυκτής φύσεως προσμίξεις, αλλά και από μαρμαρόσκονη (CaCO₃). Γενικά, το πρώτο στρώμα κονιάματος είναι χονδρόκοκο, ενώ τα ακόλουθα στρώματα είναι πιο λεπτόκοκκα και φίνα έως και το τελευταίο, στο οποίο εναποτίθεται το ζωγραφικό στρώμα. (Mora, Mora, & Philiprot, 1984) (Μαμαλούκος, 2005) (Winfield, 1968) (Κωροναίος & Πουλάκος, 2006)

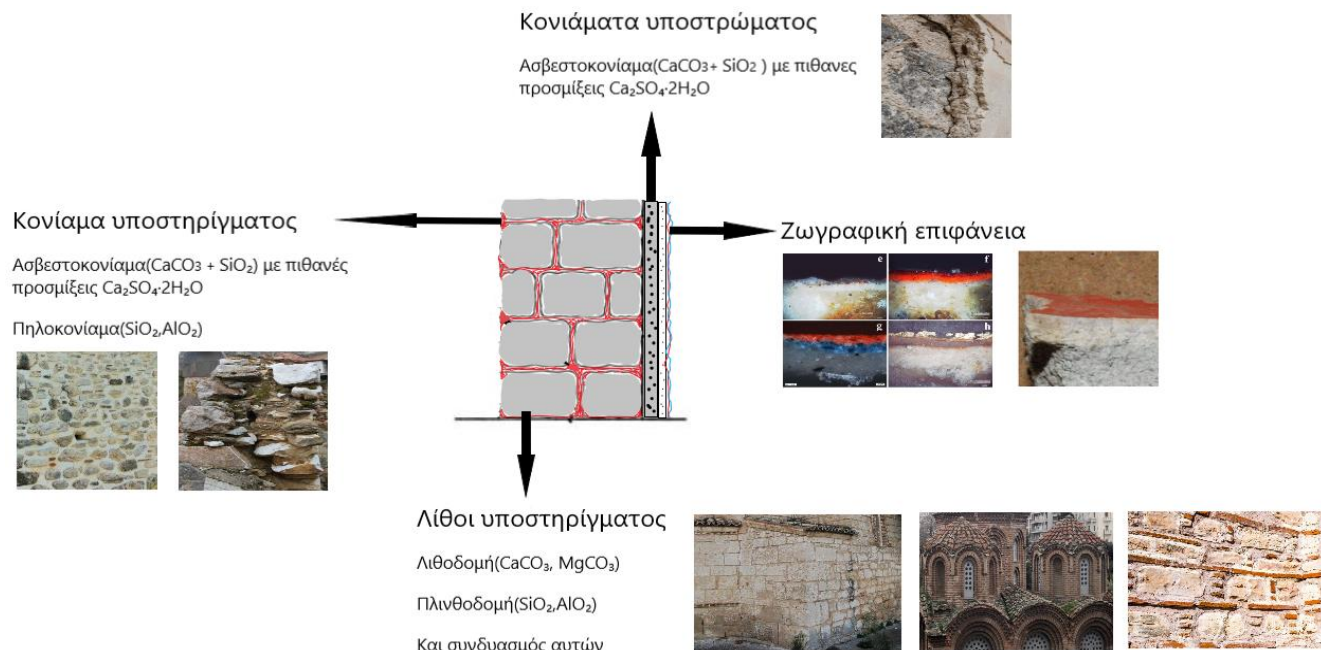
Ζωγραφική επιφάνεια τοιχογραφιών: υπάρχουν δύο βασικές τεχνικές ζωγραφικής, η τεχνική του **Fresco(νωπογραφία)** και η τεχνική του **Secco(ξηρογραφία)**.

- **Fresco(νωπογραφία)**: Ετυμολογικά, το *fresco* αναφέρεται σε κάθε ζωγραφική που εκτελείται σε φρέσκο κονίαμα ενώ είναι ακόμα νωπό, με τέτοιο τρόπο όπου οι χρωστικές στερεώνονται από την ενανθράκωση του ασβέστη που περιέχεται στο κονίαμα υποστρώματος. Οι χρωστικές αναμιγνύονται με νερό και εφαρμόζονται με πινέλο στην επιφάνεια του υποστρώματος. Όταν το τελευταίο στρώμα αρχίζει να στεγνώνει, το κορεσμένο διάλυμα υδροξειδίου του ασβεστίου μεταναστεύει προς την επιφάνεια, όπου αντιδρά με το διοξείδιο του άνθρακα στον αέρα για να σχηματίσει διοξείδιο του ασβεστίου, καθώς το νερό εξατμίζεται:



Κατά τη διάρκεια αυτής της αντίδρασης, οι χρωστικές δεσμεύονται από την κρυστάλλωση του επιφανειακού ανθρακικού ασβεστίου, το οποίο τις στερεώνει σαν να γίνονται ένα αναπόσπαστο κομμάτι του υποστρώματος. Η ενανθράκωση λαμβάνει χώρα από την επιφάνεια προς τα μέσα και μετά από ένα ορισμένο χρονικό διάστημα σχηματίζει μία επιφανειακή κρούστα η οποία επιβραδύνει την αντίδραση προς το εσωτερικό. Αντί της ανάμιξης με καθαρό νερό, οι χρωστικές μπορούν να αναμειχθούν και με ασβεστόνερο.

- **Secco(ξηρογραφία)**: Υπό αυτό τον όρο ομαδοποιούνται όλες οι μορφές ζωγραφικής που εκτελούνται σε ξηρό υπόστρωμα, όπου οι χρωστικές εφαρμόζονται με τη βοήθεια ενός συνδετικού μέσου. Τα κυρίως συνδετικά που χρησιμοποιούνται στις τοιχογραφίες είναι το αυγό, η καζεΐνη, οι ζωικές κόλλες και ορισμένα φυσικά κόμματα. Ακόμα, ως συνδετικά έχουν χρησιμοποιηθεί τα ξηραίνόμενα έλαια (λινέλαιο, παπαρουνέλαιο) και το κερί. (Mora, Mora, & Philiprot, 1984)



Εικ. 1.2.2: Τυπική στρωματογραφία τοιχογραφίας

Παθολογία των τοιχογραφιών

Η τοιχογραφία, ως μέρος ενός μνημείου που έρχεται σε άμεση επαφή με το περιβάλλον και τον άνθρωπο, έχει ως αποτέλεσμα μία πολυπαραγοντική παθολογία η οποία σχετίζεται με τα υλικά και την τεχνική κατασκευής, τις περιβαλλοντικές συνθήκες, καθώς και τη χρήση και λειτουργία της.

Οι κυριότεροι παράγοντες φθοράς μίας τοιχογραφίας είναι:

- Η θερμοκρασία
- Η υγρασία
- Βιολογικοί παράγοντες
 - Μικροοργανισμοί
 - Χλωρίδα
- Ο ανθρώπινος παράγοντας
 - Βανδαλισμός
 - Χρήση
 - Επεμβάσεις συντήρησης/επισκευές/προσθήκες
- Οι φυσικές καταστροφές
 - Σεισμός
 - Πυρκαγιά
 - Πλημμύρα

• Οι σωματιδιακοί ρύποι

Οι φθορές που προκαλούνται σε μια τοιχογραφία, ως αποτέλεσμα μεμονωμένης ή συνδυαστικής δράσης, των ανωτέρων παραγόντων είναι:

- Απώλεια υποστηρίγματος
- Αποκόλληση υποστρώματος από το υποστήριγμα
- Αποσάθρωση υποστρώματος

- Απώλεια ζωγραφικού στρώματος
- Απολέπιση ζωγραφικού στρώματος
- Κονιορτοποίηση χρωστικών
- Αισθητική αλλοίωση
- Εξανθήσεις και κρούστες αλάτων

Τα άλατα είναι μία από τις σημαντικότερες φθορές των τοιχογραφιών. Η παρουσία τους μπορεί να οδηγήσει σε όλες τις πιθανές φθορές που περιγράφηκαν παραπάνω.

ΕΝΟΤΗΤΑ 1.3: Βασική χημεία των αλάτων

Εισαγωγή

Ως άλας ορίζεται μία χημική ένωση που σχηματίζεται από την αντίδραση εξουδετέρωσης ενός οξέως με μία βάση. Τα άλατα είναι ιοντικές ενώσεις, δηλαδή ενώσεις μεταξύ ανιόντων (αρνητικά φορτισμένων ατόμων ή ομάδας ατόμων) και κατιόντων (θετικά φορτισμένων ατόμων ή ομάδας ατόμων), ώστε η χημική ένωση που προκύπτει να είναι ηλεκτρικά ουδέτερη.

Τα άλατα χαρακτηρίζονται από κρυσταλλική δομή, δηλαδή ένα αυστηρά διατεταγμένο σχηματισμό μορίων. Η κρυσταλλική δομή και ο ισχυρός ιοντικός δεσμός καθορίζουν τις ειδικές ιδιότητες των αλάτων. Οι ιοντικοί κρύσταλλοι των αλάτων τείνουν να είναι σκληροί και εύθραυστοι εξαιτίας των ισχυρών ιοντικών δεσμών μέσα στον κρύσταλλο. Επιπλέον, τα άλατα έχουν υψηλά σημεία βρασμού και τήξεως, γιατί απαιτείται αρκετή ενέργεια ώστε να διασπαστούν οι δεσμοί και να αλλαχθεί η κατάσταση της ύλης τους.

Οι διαδικασίες ζωτικής σημασίας σε όλο το περιβάλλον (έδαφος, οργανισμοί, αέρας, νερό, κλπ) απαιτούν την παρουσία αλάτων στη μορφή ιόντων. Στα φυσικά συστήματα, τα άλατα καταναλώνονται ή απορροφούνται από τους ζωντανούς οργανισμούς για ανάπτυξη και διατήρηση, έχοντας δομικές λειτουργίες και λειτουργίες ρύθμισης του pH, της οσμωτικής πίεσης και των βιοχημικών αντιδράσεων.

Διαλυτότητα

Η διαλυτότητα είναι μία πολύ σημαντική ιδιότητα των αλάτων, καθώς καθορίζει την ευκολία διάλυσης ενός άλατος και άρα τη δυνατότητα μεταφοράς του μέσω της υγρασίας, αλλά και συνδέεται άμεσα με τις συνθήκες κρυστάλλωσής του.

Ως διαλυτότητα μιας ουσίας, ορίζεται η μέγιστη δυνατή ποσότητα της ουσίας που μπορεί για ορισμένη θερμοκρασία να διαλυθεί σε ορισμένη ποσότητα διαλύτη. Συνήθως, η διαλυτότητα εκφράζεται ως τα γραμμάρια του άλατος που μπορούν να διαλυθούν σε 100 γραμμάρια νερού. Τα άλατα μπορούν να διαλυθούν στο νερό ή άλλους πολικούς διαλύτες δημιουργώντας ηλεκτρολυτικά διαλύματα, δηλαδή δίστανται στα ανιόντα και κατιόντα τους. Η ενέργεια πλέγματος και οι συνεκτικές δυνάμεις μεταξύ αυτών των ιόντων καθορίζουν τη διαλυτότητα. Τα άλατα ανάλογα με τη διαλυτότητα τους στο νερό διακρίνονται σε ευδιάλυτα και δυσδιάλυτα. Επομένως, όλα τα άλατα είναι σε κάποιο βαθμό ουσίες διαλυτές στο νερό. Τα ιοντικά διαλύματα που προκύπτουν από τη διάλυση των αλάτων, μεταφέρονται μέσω της ροής της υγρασίας.

άλατα	ευδιάλυτα	δυσδιάλυτα
Ammonium Group-I metals	All salts (A few exceptions)	None
Carbonates	Ammonium ((NH ₄) ₂ CO ₃) Sodium (Na ₂ CO ₃) Potassium (K ₂ CO ₃)	All others
Chlorides	All except	Lead (II) (PbCl ₂) Silver (AgCl)
Sulfates	All except	Lead (II) (PbSO ₄) Barium (BaSO ₄) Calcium (CaSO ₄)
Nitrates	All nitrates	None

Εικ. 1.3.1: Διαλυτότητα των αλάτων

(<https://psiberg.com/>)

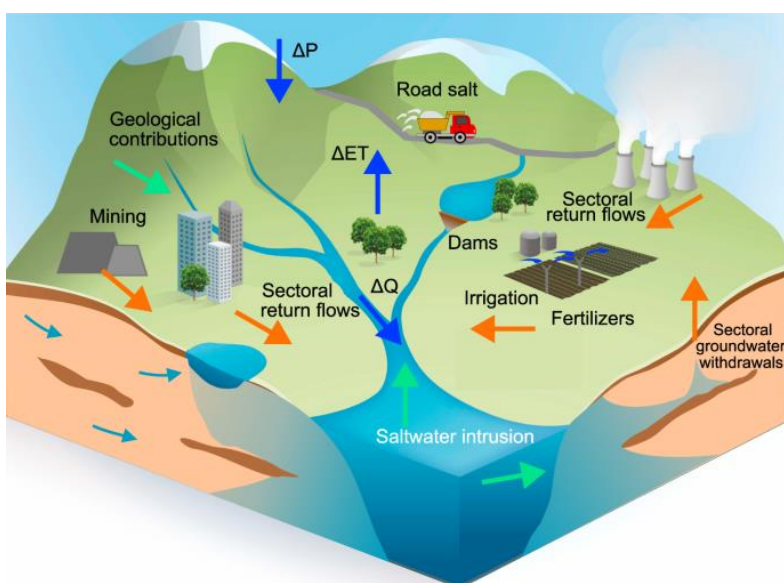
ΕΝΟΤΗΤΑ 1.4: Τα άλατα στην τοιχογραφία

Προέλευση και μεταφορά των ιόντων

Σε μία τοιχογραφία η προέλευση των αλάτων μπορεί να είναι είτε **εξωγενής**, είτε **ενδογενής**. Τόσο στη δομή μιας τοιχογραφίας όσο και στο περιβάλλον υπάρχουν χημικές ενώσεις που αποτελούν άλατα και επομένως διαλύονται στο νερό. Τα άλατα μεταφέρονται μέσω της υγρασίας σε διαλύματα ιόντων. Οποιαδήποτε μορφή κυκλοφορίας της υγρασίας συνεπάγεται και τη μεταφορά ιόντων αλάτων. Η υγρασία είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες φθοράς των τοιχογραφιών και μπορεί να πλήξει ένα μνημείο με πολλαπλούς τρόπους, όπως:

- Τριχοειδής αναρρίχηση από το έδαφος
- Μέσω του ατμοσφαιρικού αέρα
- Από τα υδατώδη μετέωρα (βροχή, χιόνι, χαλάζι, κ.α.)

Οι ποικίλοι τρόποι εισροής της υγρασίας σε ένα μνημείο, καθιστούν την παρουσία της στη δομή μιας τοιχογραφίας βέβαιη.



Εικ. 1.4.1: Ο υδρολογικός κύκλος της μεταφοράς των αλάτων

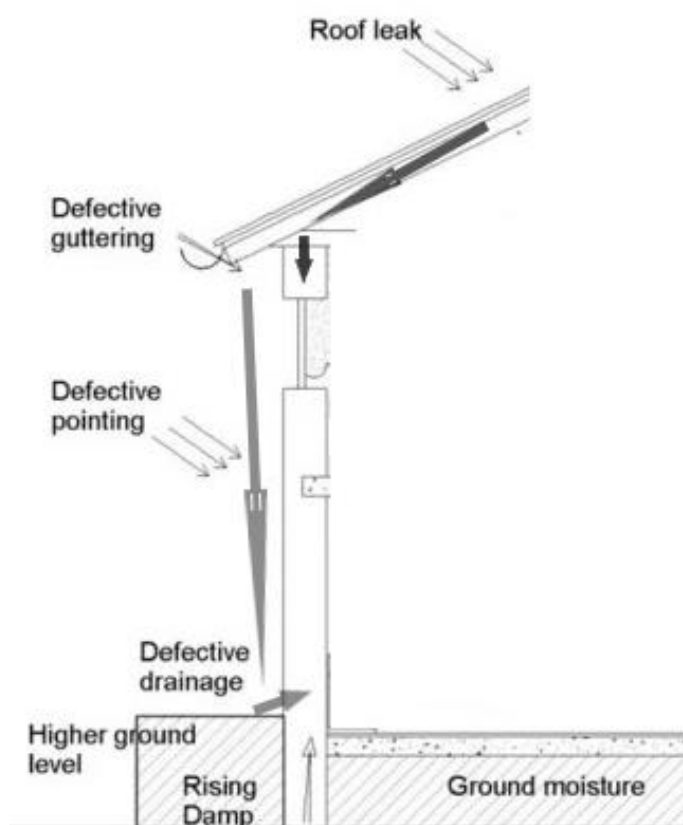
(<https://www.netsolwater.com/>)

Σημαντικό ποσοστό υγρασίας εισέρχεται στον τοίχο από το υπέδαφος, μέσω του φαινομένου της **τριχοειδούς αναρρίχησης** της υγρασίας. (εικ. 1.4.2) Με το ίδιο φαινόμενο, γίνεται είσοδος υγρασίας και στα μνημεία όπου είναι χτισμένα στο ύψος του **υδροφόρου οριζοντα** (παραθαλάσσια, παραποτάμια, παραλίμνια, ή σε βαλτότοπους). (εικ. 1.4.4, 1.4.5) Η είσοδος της υγρασίας είναι πιο άμεση καθώς το υπέδαφος έχει πληρότητα σε υγρασία. Επίσης, **λιμνάζοντα ύδατα** λόγω αστοχίας της περιμετρικής κλίσης του εδάφους, αλλά και **όμβρια ύδατα** που στάζουν από τη στέγη μεταξύ του εδάφους και του τοίχου, εισέρχονται με το ίδιο φαινόμενο από τη βάση της τοιχοποιίας. (εικ. 1.4.3, 1.4.6)

Σε μνημεία που υπάρχει **φθορά ή αστοχία δομικών υλικών στη σκεπή/στέγη**, συνήθως σπασμένα κεραμίδια ή πλάκες, παρατηρείται χρόνια παροχή υγρασίας μέσω βροχής και χιονιού. (εικ. 1.4.7)

Στα μνημεία που βρίσκονται είτε παραθαλάσσια, είτε σε κοντινή απόσταση από τη θάλασσα η κύρια προέλευση υγρασίας είναι κυρίως μέσω των αερολυμάτων της θάλασσας, με το φαινόμενο της **αλατονέφωσης**. Τα άλατα της θάλασσας (κυρίως NaCl) μπορούν και μεταφέρονται σε κοντινές αποστάσεις μέσω των αερολυμάτων με το φαινόμενο της αλατονέφωσης. (εικ. 1.4.8, 1.4.9)

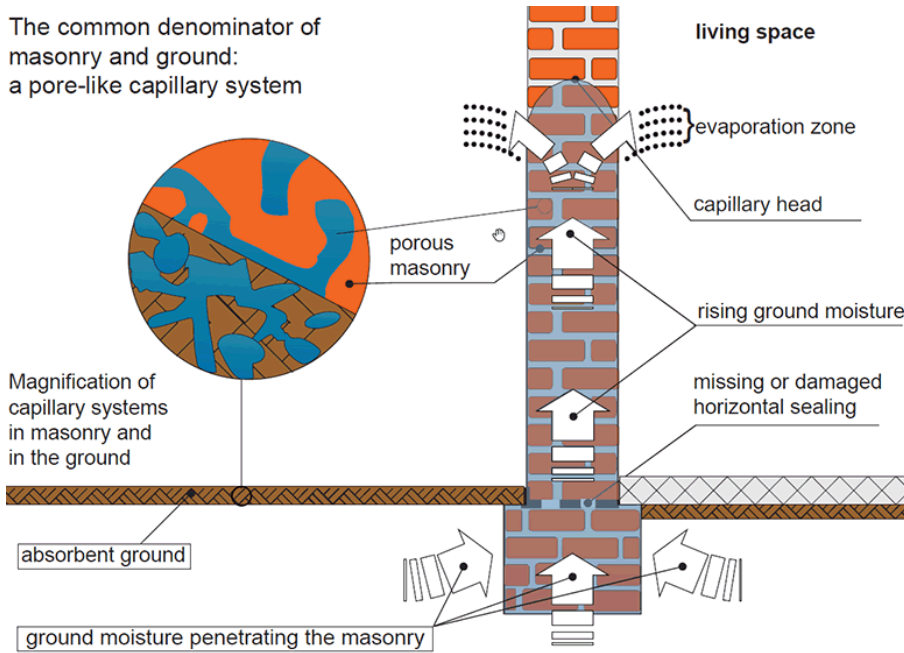
Οι επεμβάσεις **συντήρησης** είναι ένας παράγοντας ο οποίος μεταφέρει υγρασία και ιόντα σε μία τοιχογραφία, αλλά και ενεργοποιεί μέσω των επεμβάσεων τα ήδη υπάρχοντα. Οι επεμβάσεις στερέωσης με χρήση ασβεστοκονιαμάτων και τσιμεντοκονιαμάτων, αλλά και οι επεμβάσεις καθαρισμού που εισάγουν και διατηρούν αρκετή ποσότητα υγρασίας, εκτός από τη μεταφορά επιπλέον ιόντων, οδηγούν σε περαιτέρω διάλυση και κρυστάλλωση των ήδη υπαρχόντων ιόντων σε μία τοιχογραφία. (εικ. 1.4.10, 1.4.11)



Εικ. 1.4.3: Βασικές μορφές εισόδου υγρασίας

(TimHutton, <https://www.buildingconservation.com/>)

The common denominator of masonry and ground: a pore-like capillary system



Εικ. 1.4.2: Τριχοειδής αναρρίχηση υγρασίας
(<https://www.aquapol.co.za/>)



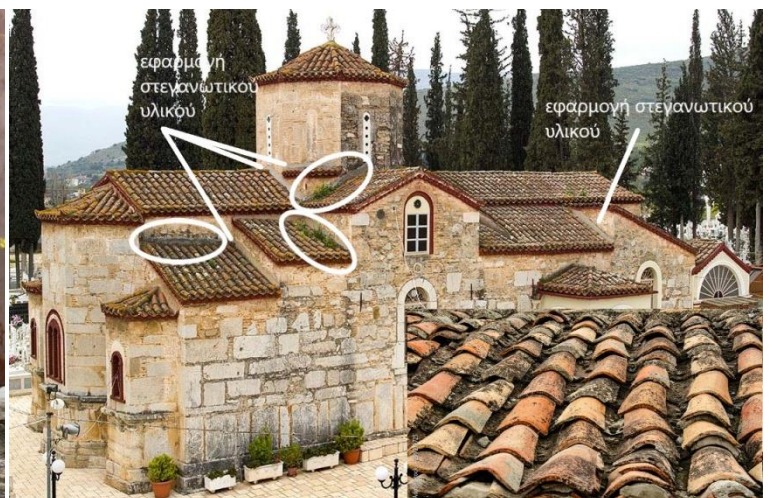
Εικ. 1.4.4: Παραποτάμια περίπτωση
(<https://gr.depositphotos.com/>)



Εικ. 1.4.5: Παραθαλάσσια περίπτωση
(<https://www.shutterstock.com/>)



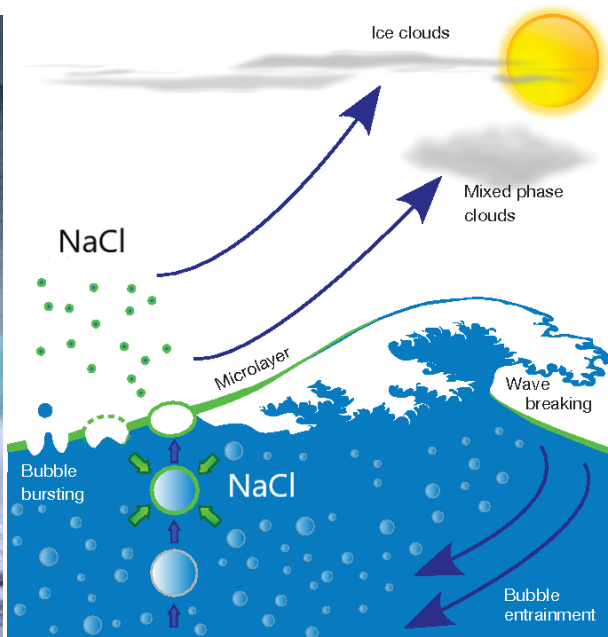
Εικ. 1.4.6: Υγρασία από περιμετρικά νερά
(PavlosThomaidis, (2019), <https://www.linkedin.com/>)



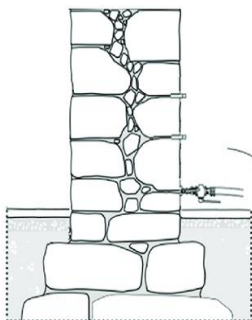
Εικ. 1.4.7: Είσοδος υγρασίας από την στέγη και ανάπτυξη βιολογικών παραγόντων που την επιβεβαιώνουν
(<https://argolikivivliothiki.gr/>, <https://stock.adobe.com/>)



Εικ. 1.4.8: Δημιουργία αερολυμάτων μέσω των κυμάτων
(Anne Manning, (2015), <https://source.colostate.edu/>)



Εικ. 1.4.9: Φαινόμενο αλατονέφωσης
(Wilson, (2015), <https://www.ohiolink.edu/>)



Εικ. 1.4.10: Διοχέτευση στερεωτικού ενέματος σε τοιχοποιία
(L. Baltazar et al. , (2019), <https://www.researchgate.net/>)



Εικ. 1.4.11: Εξανθήσεις λόγω στερέωσης με Portland
(<http://dripdropstop.com.au/>)

Τα ανιόντα που εντοπίζονται στην τοιχογραφία είναι τα ανθρακικά(CO_3^-), τα θειικά(SO_4^-), τα χλωριούχα(Cl^-), τα νιτρικά(NO_3^-) και τα οξαλικά(C_2O_4), ενώ τα κατιόντα είναι αυτά του νατρίου(Na^+), του καλίου(K^+), του μαγνησίου(Mg^{2+}) και του αμμωνίου(NH_4^+).

Carbonates	Calcite	CaCO_3	Boussingaultite	$(\text{NH}_4)_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	
	Dolomite	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	Syngenite	$\text{K}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	
	Magnesite	MgCO_3	Gorgeyite	$\text{K}_2\text{Ca}_3(\text{SO}_4)_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$	
	Nesquehonite	$\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Aphthitalite	$\text{K}_2\text{Na}(\text{SO}_4)_2$	
	Lansfordite	$\text{MgCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Ettringite	$\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SO}_4)_6(\text{OH})_{12} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$	
	Hydromagnesite	$\text{Mg}_5[\text{OH}(\text{CO}_3)_2]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Thaumasite	$\text{Ca}_3\text{Si}(\text{OH})_6(\text{CO}_3)(\text{SO}_4) \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	
	Natron	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	Chlorides	Bischofite	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
	Thermonatrite	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$		Antarcticite	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
	Nahcolite	NaHCO_3		Tachyhydrite	$\text{CaMg}_2\text{Cl}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
	Trona	$\text{Na}_2\text{H}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$		Halite	NaCl
	Kalicinite	KHCO_3		Sylvite	KCl
	Sulfates	Gypsum	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Nitrates	Nitrocalcite
Bassanite		$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$	Nitromagnesite		$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Epsomite		$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Nitratite		NaNO_3
Hexahydrite		$\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Niter		KNO_3
Kieserite		$\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Ammonium Nitrate		NH_4NO_3
Darapskite		$\text{Na}_3(\text{SO}_4)(\text{NO}_3) \cdot \text{H}_2\text{O}$	Oxalates	Whewellite	$\text{Ca}(\text{C}_2\text{O}_4) \cdot \text{H}_2\text{O}$
Mirabilite		$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$		Weddellite	$\text{Ca}(\text{C}_2\text{O}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Thenardite		Na_2SO_4			
Arcanite		K_2SO_4			
Bloedite		$\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$			
Picromerite		$\text{K}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$			

Εικ. 1.4.12: Τα βασικά άλατα που εντοπίζονται στους τοίχους

(A. Arnold, K. Zehnder, (1991))

Πρακτικά, όλοι οι τοίχοι περιέχουν ανθρακικά(CO_3^-) και πιθανόν θειικά(SO_4^-) ιόντα, λόγω των **υλικών** της **λιθοδομής**, των συνδετικών κονιών και των διαφόρων **αδρανών** των **κονιαμάτων**. Ακόμα, τα κονιάματα που περιέχουν άμμο θαλάσσης και οι λίθοι που βρίσκονταν σε θαλάσσια συστήματα(πχ. κογχυλιάτης, ψαμμίτης, κ.α), έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε χλωριούχα ιόντα (Cl^-). Επομένως, η υγρασία που εισέρχεται διαλύει τα ήδη υπάρχοντα ιόντα της τοιχοποιίας, οδηγώντας σε κρυστάλλωση τους στη δομή ή την επιφάνεια της τοιχογραφία.(εικ. 1.4.13)

Στα μνημεία που βρίσκονται εντός μεγαλουπόλεων ή κοντά σε βιομηχανική περιοχή, δύναται να υπάρχουν θειικά(SO_4^-) και νιτρικά(NO_3^-) ιόντα στον τοίχο λόγω των **αέριων ρύπων** που επικάθονται στην επιφάνεια, έως ότου θα μεταφερθούν στο εσωτερικό του μνημείου μέσω μετέωρων υδάτων ή μεταφέρονται απευθείας μέσω του φαινομένου της **όξινης βροχής**. (εικ. 1.4.14, 1.3.15)

Ακόμα, στην ύπαιθρο και ειδικότερα σε περιοχές με αγροτική ανάπτυξη, γίνεται απορρόφηση των **λιπασμάτων** και διαφόρων **προϊόντων αποσύνθεσης έμβιας ύλης** στο έδαφος και μεταφορά φωσφορικών(PO_4^-), και νιτρικών(NO_3^-) ιόντων, μέσω του υδροφόρου ορίζοντα σε μνημεία.

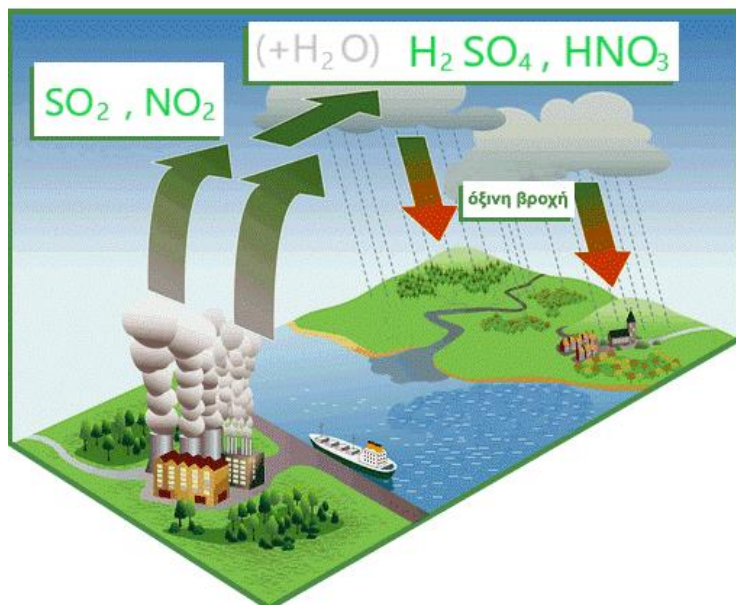


Εικ. 1.4.13: Ενδεικτική πορεία μεταφοράς ενδογενών αλάτων μέσω των δομικών υλικών και των κονιαμάτων

(1. <https://commons.wikimedia.org/> 2. <http://www.patrisnews.com/> 3. <https://ventum.lv/> 4. <https://www.mojmojster.net/>)



Εικ. 1.4.14: Επικαθήσεις ρύπων και καυσαερίων
(<https://el.wikipedia.org/>, <https://www.lifo.gr/>)



Εικ. 1.4.15: Μεταφορά ιόντων από βιομηχανική περιοχή
(<http://www.allrefer.com/>)

Μηχανισμός σχηματισμού

Όλα τα ιόντα των αλάτων μεταφέρονται στη δομή της τοιχογραφίας μέσω της υγρασίας σε υδατικά διαλύματα. Όταν η υγρασία εξατμίζεται, αυξάνεται η συγκέντρωση του διαλύματος. Όταν το διάλυμα φτάσει σε υπερκορεσμό, τότε τα ιόντα ενώνονται σχηματίζοντας κρυστάλλους αλάτων. Έτσι, σχηματίζονται κρυπτοεξανθήσεις ή εξανθήσεις κρυστάλλων αλάτων, αναλόγως της περιοχής κρυστάλλωσής τους, κάτω ή άνω της ζωγραφικής επιφάνειας, αντίστοιχα.

Υπάρχει όμως μία σχέση μεταξύ των αλλαγών της σχετικής υγρασίας του χώρου και της διάλυσης και κρυστάλλωσης των αλάτων στις τοιχογραφίες. Κάθε άλας κρυσταλλώνεται όταν ο περιβάλλοντας χώρος αγγίξει ένα συγκεκριμένο ποσοστό σχετικής υγρασίας και σε μία συγκεκριμένη θερμοκρασία. Η υγρασία στην οποία κρυσταλλώνεται ένα άλας σε μία συγκεκριμένη θερμοκρασία ορίζεται ως σχετική υγρασία ισορροπίας (RH_{eq}). Ένας άλας θα κρυσταλλωθεί όταν η σχετική υγρασία του χώρου (RH) γίνει χαμηλότερη από τη σχετική υγρασία ισορροπίας (RH_{eq}) του άλατος στη συγκεκριμένη θερμοκρασία.

$$RH \leq RH_{eq}$$

Εικ. 1.4.16: Συνθήκη κρυστάλλωσης άλατος
(A. Arnold, K. Zehnder, (1989))

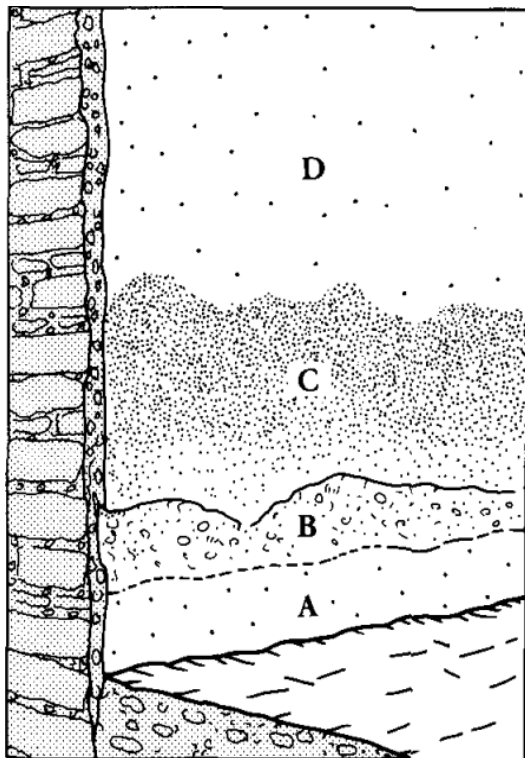
Όπως παρατηρείται στον παρακάτω πίνακα, υπάρχουν άλατα ($Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$, $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$, KNO_3 , K_2SO_4) τα οποία έχουν τόσο υψηλές σχετικές υγρασίες ισορροπίας, όπου απαιτείται μία πολλή μεγάλη μεταβολή των κλιματολογικών συνθηκών σε βάθος χρόνου ώστε να διαλυθούν, καθώς η σχετική υγρασία του χώρου θα είναι συνεχώς χαμηλότερη σε σχετικά σταθερές συνθήκες. Από την άλλη, υπάρχουν άλατα ($CaCl_2 \cdot 6H_2O$, $MgCl_2 \cdot 6H_2O$) με πολύ χαμηλές σχετικές υγρασίες ισορροπίας, τα οποία είναι δύσκολο να κρυσταλλωθούν, εφόσον οι περιβαλλοντικές συνθήκες δεν επιτρέψουν μία μεγάλη μείωση της σχετικής υγρασίας του χώρου. Ολόκληρος ο μηχανισμός σχηματισμού των αλάτων από την άνοδο της υγρασίας, έως και την κρυστάλλωση, είναι μία περίπλοκη διαδικασία εμπλοκής θερμοκρασιακών και υγρασιακών μεταβολών που καθορίζουν ποια άλατα, σε ποια περιοχή και σε πιο εύρος θα κρυσταλλωθούν, αλλά και σε ποιο βαθμό θα βλάψουν μία τοιχογραφία.

Salt	0 °C	5 °C	10 °C	15 °C	20 °C	25 °C	30 °C
CaCl ₂ • 6H ₂ O	41	37.7	33.7		30.8	28.6	22.4
MgCl ₂ • 6H ₂ O	33.7	33.6	33.5	33.3	33.1	32.8	32.4
K ₂ CO ₃ • 2H ₂ O	43.1	43.1	43.1	43.2	43.2	43.2	43.2
Ca(NO ₃) ₂ • 4H ₂ O	59	59.6	56.5	54	53.6	50.5	46.8
Mg(NO ₃) ₂ • 6H ₂ O	60.4	58.9	57.4	55.9	54.4	52.9	51.4
NH ₄ NO ₃						61.8	
NaNO ₃		78.6	77.5	76.5	75.4	74.3	73.1
NaCl	75.5	75.7	75.7	75.6	75.5	75.3	75.1
Na ₂ SO ₄					82	82.8	84.3
KCl	88.6	87.7	86.8	85.9	85.1	84.3	83.6
MgSO ₄ • 7H ₂ O			86.9		90.1	88.3	88
Na ₂ CO ₃ • 10H ₂ O				96.5	97.9	88.2	83.2
Na ₂ SO ₄ • 10H ₂ O				95.2	93.6	91.4	87.9
KNO ₃	96.3	96.3	96	95.4	94.6	93.6	92.3
K ₂ SO ₄	98.8	98.5	98.2	97.9	97.6	97.3	97

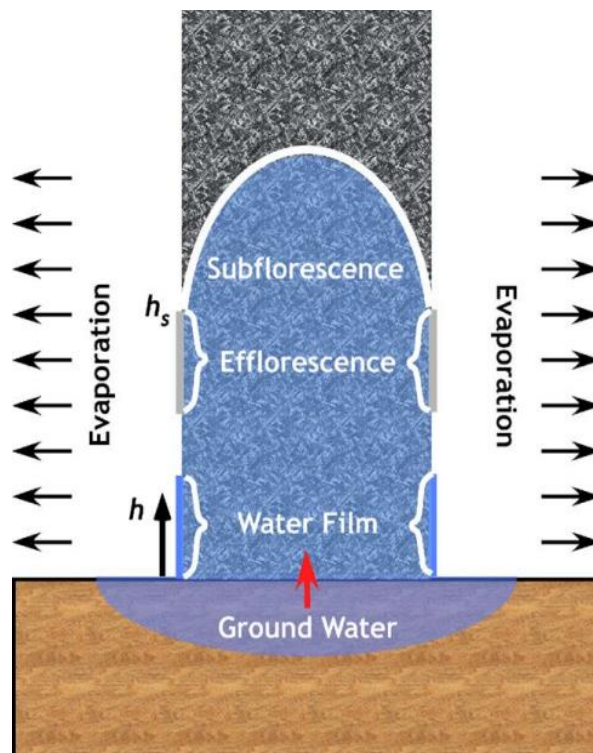
Εικ. 1.4.17: Σχετικές υγρασίες ισορροπίας αλάτων για διαφορετικές θερμοκρασίες, που έχουν εντοπιστεί σε τοίχους (Gmelin (1966), Greenspan (1977) and Wylie (1965))

Σε αρκετές περιπτώσεις, οι τοιχογραφίες δέχονται μεγαλύτερη αλλοίωση έως και πλήρη απώλεια στη βάση τους και όσο το ύψος αυξάνεται, τόσο η φθορά εξασθενεί. Καθώς υπάρχουν ευνοϊκές συνθήκες, γίνεται άνοδος του νερού από το υπέδαφος και ακολουθεί εξάτμιση του, κατά την οποία συμβαίνει μία χωροταξική κλασμάτωση, των διαφόρων αλάτων στα διάφορα ύψη της τοιχογραφίας. Αρχικά, γίνονται υπέρκορα στο διάλυμα τα άλατα με τη χαμηλότερη διαλυτότητα, όπου συσσωρεύονται και κρυσταλλώνονται χαμηλότερα, με αποτέλεσμα να προκαλείται μεγαλύτερη φθορά, ενώ αυτά με τη μεγαλύτερη διαλυτότητα συνεχίζουν ανοδικά στον τοίχο, έως ότου το διάλυμα φτάσει στο βαθμό διαλυτότητάς τους και κρυσταλλωθούν και αυτά, κάτω ή πάνω από την ζωγραφική επιφάνεια. Το φαινόμενο παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχεδιάγραμμα των ζωνών χωροταξικής κλασμάτωσης αλάτων. Οι κατώτερες ζώνες Α και Β παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη φθορά, με απώλειες ζωγραφικού στρώματος και απώλειες υποστρώματος, αντίστοιχα. Η C παρουσιάζει κρυστάλλωση διαλυτών αλάτων στην επιφάνεια και κάτω από αυτή, ενώ στη D τα ιόντα παραμένουν ακόμα στο διάλυμα καθώς δεν πληρούνται ακόμα οι συνθήκες κρυστάλλωσής τους.(Arnold&Zehnder, 1984)(Arnold&Zehnder, 1987)(Arnold&Zehnder, 1991)

Ωστόσο, το φαινόμενο αυτό δεν αποτελεί κανόνα, καθώς σε αρκετά μνημεία παρουσιάζονται απώλειες στα ψηλά, ως αποτέλεσμα συνεχούς και στοχευόμενης παροχής υγρασίας, από πηγές που σχετίζονται με φθορές ή αστοχίες στην τοιχοποιία, τη στέγη και τα παράθυρα.



Εικ. 1.4.18: Ζώνες χωροταξικής κλασμάτωσης αλάτων (Arnold&Zehnder, 1991)

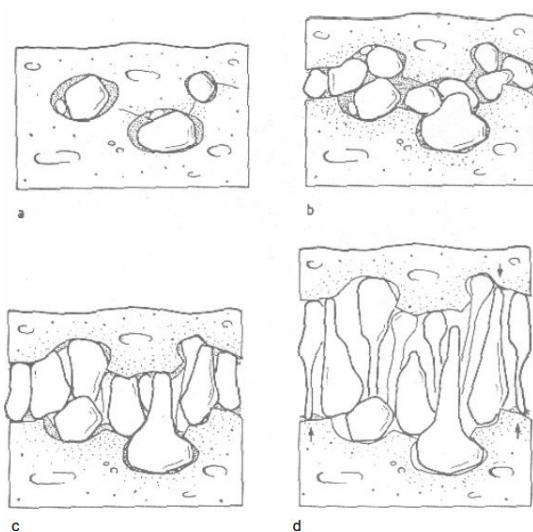


Εικ. 1.4.19: Φαινόμενο τριχοειδούς αναρρίχησης (Benaventeetal., 2001)

Μηχανισμός φθοράς

Η φθορά σε μία τοιχογραφία συμβαίνει λόγω της κρυστάλλωσης των αλάτων. Οι κρύσταλλοι αναπτύσσονται είτε **μέσα σε πόρους**, είτε **πάνω στην ζωγραφική επιφάνεια**.

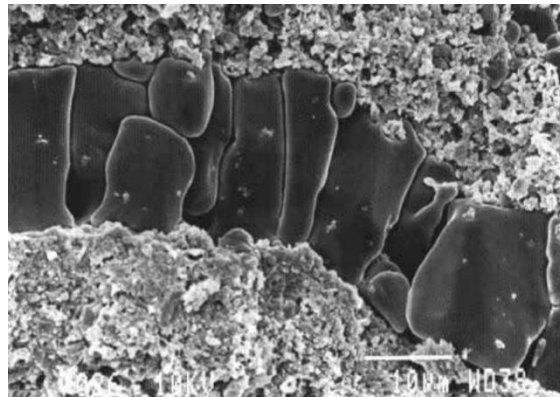
Κατά την κρυστάλλωσή τους μέσα σε πόρους, με τη μορφή κρυπτοεξανθήσεων, τα άλατα ασκούν μηχανικές πιέσεις στα τοιχώματα, καθώς η μορφολογία τους αλλάζει και το μέγεθος αυξάνεται, προκαλώντας φθορές στο υπόστρωμα και τη ζωγραφική επιφάνεια. Όταν το φαινόμενο λαμβάνει χώρα σε περιβάλλοντα με συχνές μεταβολές των περιβαλλοντικών συνθηκών, συμβαίνει ο κύκλος της κρυστάλλωσης, η πιο επιζήμια διαδικασία για μία τοιχογραφία. Τα άλατα κρυσταλλώνονται και διαλύονται, με αυξομείωση της θερμοκρασίας και της υγρασίας και καθώς η διαδικασία



Εικ. 1.4.20: Μοντέλο ανάπτυξης και επίδρασης των διαλυτών αλάτων σε πόρους και κοιλότητες του τοίχου (Arnold&Zehnder, 1989)

κρυστάλλωσης (πίεση - διάσπαση) συμβαίνει ανά τακτά χρονικά διαστήματα, η φθορά στην τοιχογραφία είναι συνεχής.

Τα άλατα κατά την κρυστάλλωσή τους στη ζωγραφική επιφάνεια, με τη μορφή εξανθήσεων και κρουστών, προκαλούν αισθητική αλλοίωση, καλύπτοντας το περιεχόμενο των τοιχογραφιών και αποκρύπτοντας την αναγνωσιμότητά των παραστάσεων από το θεατή. Επιπλέον, η δράση τους μπορεί να είναι έμμεση μέσω του ανθρώπινου παράγοντα, καθώς μία ενδεχόμενη επέμβαση διάλυσης και αφαίρεσης τους μπορεί να οδηγήσει σε μερική ή ολική απώλεια αυθεντικού υλικού.



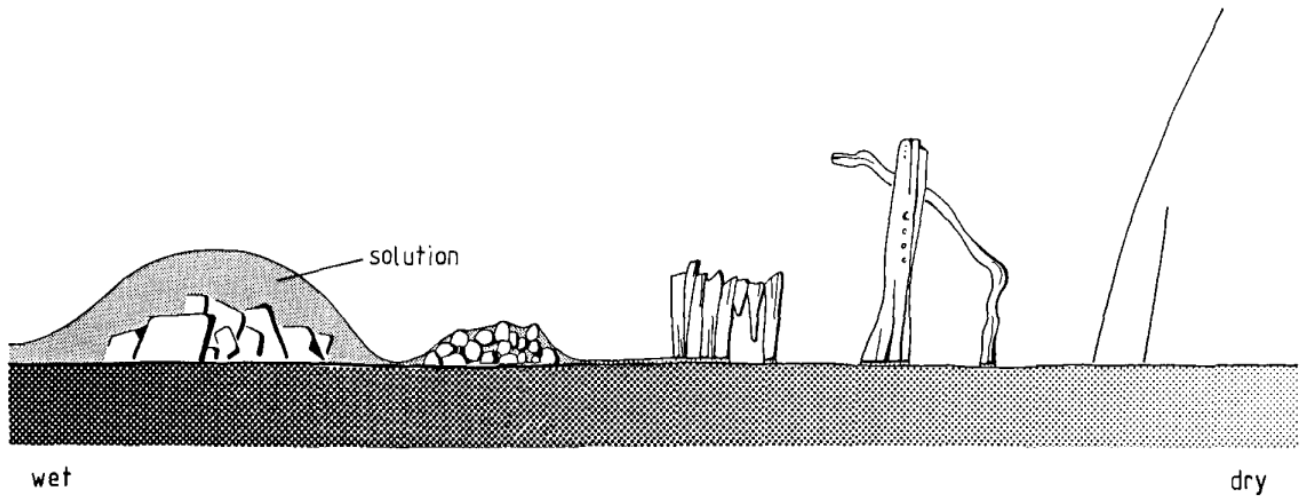
Εικ. 1.4.21: Ανάπτυξη κρυπτοεξανθήσεων διαλυτών αλάτων, μεταξύ υποστρώματος και χρωστικής. Αρχή μηχανισμού δράσης. Εικ. 1.4.22: Λεπτομέρεια

(Arnold&Zehnder, 1991)

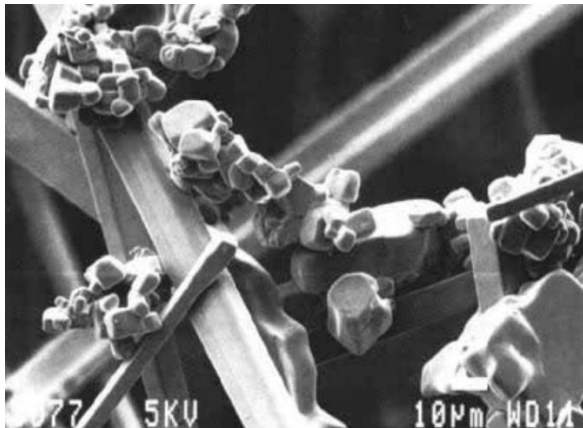
Το ίδιο άλας μπορεί να χαρακτηρίζεται από διαφορετική μορφολογία κρυστάλλων ανάλογα με τις συνθήκες, είτε για παράδειγμα σαν κρούστα ισομετρικών κόκκων, είτε σαν βελονοειδείς χνουδωτές εξανθήσεις. Η μορφολογία των κρυστάλλων καθορίζεται από ορισμένους παράγοντες όπως το κρυσταλλικό πλέγμα, ο υπερκορεσμός, η σύνθεση, το σχήμα και η ροή του διαλύματος που θρέφει τους αναπτυσσόμενους κρυστάλλους. (Charola&Bläuer, 2015)(Arnold&Zehnder, 1991) Οι Arnold και Zehnder, περιγράφουν τα στάδια του μηχανισμού φθοράς αναφερόμενοι στη συσχέτιση της σχετικής υγρασίας με τη μορφολογία των κρυστάλλων τόσο στην επιφάνεια μιας τοιχογραφίας όσο και στο εσωτερικό της δομής της. (Arnold&Zehnder, 1991):

1. Τα άλατα έχουν τη μορφή ενός υπέρκορου ιοντικού διαλύματος
2. Το νερό του διαλύματος αρχίζει να εξατμίζεται και οι κρύσταλλοι αναπτύσσονται, αλλάζουν μορφολογικά και έρχονται σε συνοχή με τους γειτονικούς κρυστάλλους.
3. Όσο ταχύτερα προχωράει η εξάτμιση, τόσο πιο γρήγορα αναπτύσσονται καθ' ύψος οι κρύσταλλοι, καθώς θρέφονται μόνο από τη υγρασία που έχει απομείνει στη βάση τους.
4. Καθώς χάνεται οποιοδήποτε ίχνος υγρασίας, οι κρύσταλλοι αρχίζουν να λαμβάνουν τις τελικές τους μορφές.

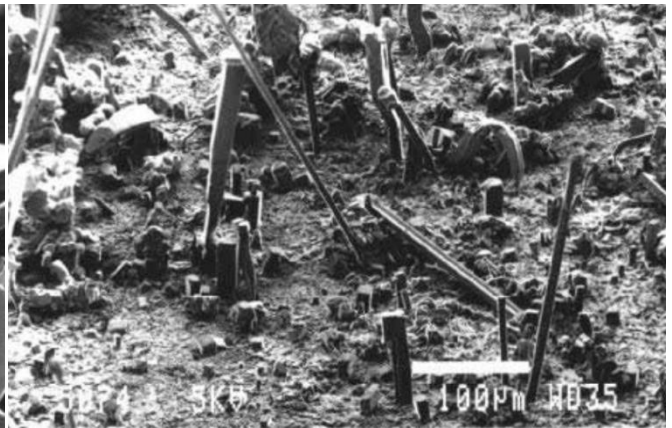
Έτσι, η μορφολογία των κρυστάλλων αλάτων σε μία τοιχογραφία, παρέχει πληροφορίες για τις συνθήκες υπό τις οποίες κρυσταλλώθηκε αυτό το άλας. Αν η κρυστάλλωση συμβεί όταν η επιφάνεια είναι υγρή και είναι διαθέσιμη αρκετή ποσότητα νερού ώστε αυτοί να «θραφούν», τότε θα αναπτυχθούν μεγάλοι κρύσταλλοι. Όσο λιγότερο νερό, υπάρχει διαθέσιμο στον τοίχο, τόσο μικρότερου μεγέθους κρύσταλλοι θα σχηματίζονται. Μία απότομη μείωση του διαθέσιμου νερού οδηγεί σε σχηματισμό κρουστών ινωδών κρυστάλλων, ενώ οι κολωνοειδής κρύσταλλοι αναπτύσσονται κάθετα στην επιφάνεια και μακριά από αυτή. (Charola&Bläuer, 2015)



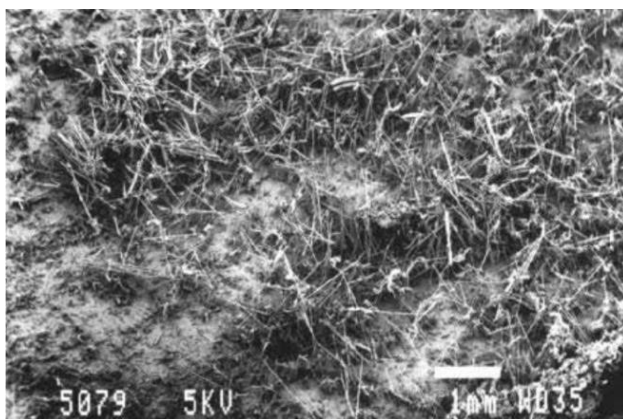
Εικ. 1.4.23: Στάδια κρυστάλλωσης αλάτων
(Arnold&Zehnder, 1991)



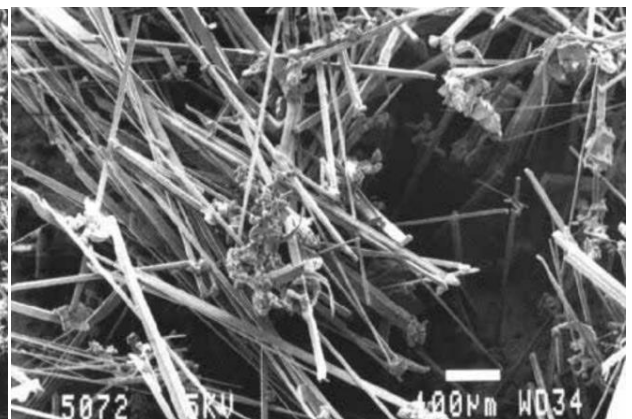
Εικ. 1.4.24: Βελονοειδήςμεισομετρικούς(κύβους) κρύσταλλοι NaCl



Εικ. 1.4.25: Εξανθήσεις μεμονωμένων βελονοειδών και ισομετρικών κρυστάλλων NaCl

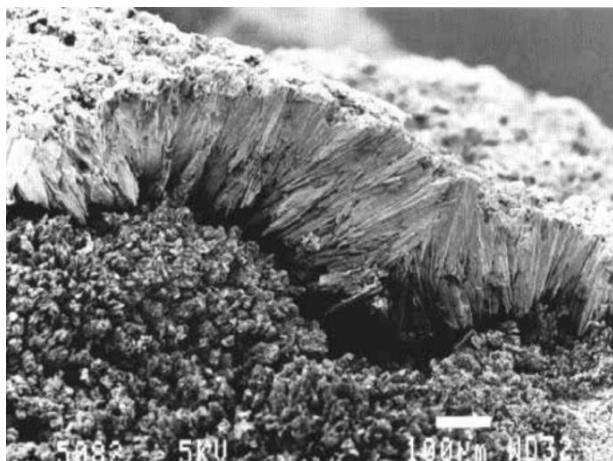


Εικ. 1.4.26: Χνουδωτές εξανθήσεις κρυστάλλων NaCl



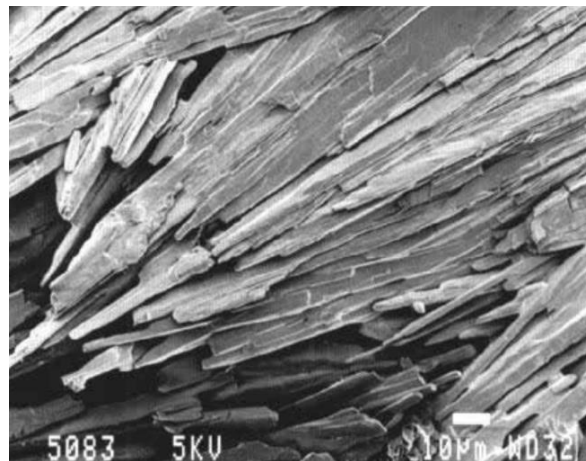
Εικ. 1.4.27: Λεπτομέρεια χνουδωτών εξανθήσεων από χαλαρούς βελονοειδείς κρυστάλλους

(Arnold&Zehnder, 1991)



Εικ. 1.4.28: Εξανθήσεις πρισματικών κρυστάλλων $MgCO_3$ σε μορφή κρούστας

(Arnold&Zehnder, 1991)



Εικ. 1.4.29: Λεπτομέρεια εξανθήσεων σε μορφή κρούστας

Η παρουσία και η δράση των αλάτων στις τοιχογραφίες είναι ένα περίπλοκο ζήτημα που ακόμα δεν έχει γίνει κατανοητό στο σύνολο του. Τα άλατα επηρεάζονται από αρκετούς παράγοντες, ώστε να δημιουργείται ένας πλουραλισμός διαφορετικών τύπων, ειδών εξανθήσεων και διαλυτότητας αυτών στην έκταση μίας επιφάνειας. Στην πραγματικότητα, τα συστήματα αλάτων αποτελούνται από περίπλοκα μείγματα ιόντων αλάτων και οι τιμές για των σχετικών υγρασιών ισορροπίας δεν είναι αυτές που ισχύουν θεωρητικά για το κάθε άλας μεμονωμένα, αλλά είναι προσεγγιστικές. Επομένως, οι πραγματικές τιμές εξάγονται εμπειρικά με εφαρμογή μεθόδων αφαίρεσης.

Διάφορα υλικά έχουν χρησιμοποιηθεί για τη διάλυση και την αφαίρεση των αλάτων από τοιχογραφίες, τα οποία συχνά χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα, ώστε να λειτουργούν συνεργατικά, συνθέτοντας ένα **σύστημα** υλικών. Στα επόμενα κεφάλαια θα παρουσιαστούν τα βασικά υλικά που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία της αφαίρεσης των αλάτων. Τα υλικά ταξινομούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τους **φορείς** και τα **αντιδραστήρια**. Πριν της παρουσίασης των φορέων και των αντιδραστηρίων θα προηγηθεί η αναφορά στο ρόλο του **νερού** στην όλη διαδικασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Το νερό στην αφαίρεση των αλάτων

Το νερό (H_2O) είναι ένα υλικό που συναντάται σε όλες τις μεθόδους αφαίρεσης διαλυτών αλάτων από τοιχογραφίες. Η μόνιμη παρουσία του νερού στις μεθόδους, οφείλεται στην εκ φύσεως σχέση που υπάρχει ανάμεσα σε αυτό και τα άλατα. Αυτή η σχέση μεταξύ άλλων, περιλαμβάνει τη διττή λειτουργία του νερού ως διαλύτης και μεταφορέας αλάτων ταυτόχρονα. Στο ακόλουθο κεφάλαιο, περιγράφονται αυτές οι δύο έννοιες του νερού που το καθιστούν βασικό υλικό αφαίρεσης αλάτων και ένα απαραίτητο συστατικό σε κάθε μέθοδο.

ΕΝΟΤΗΤΑ 2.1: Το νερό ως διαλύτης

Τα άλατα ως ουσίες είναι ηλεκτρολύτες, δηλαδή διαλύονται στο νερό και δίστανται στα ιόντα και στα κατιόντα από τα οποία αποτελούνται. Επομένως, στα υδατικά διαλύματα των αλάτων περιέχονται ελεύθερα κινούμενα ιόντα που έχουν προέλθει από τη διάλυση του άλατος στο νερό.

Η σταδιακή απώλεια του νερού από ένα ιοντικό διάλυμα, οδηγεί σε υπερκορεσμό του διαλύματος και στην κρυστάλλωση των αλάτων στην τοιχογραφία. Αντίθετα, η πρόσληψη νερού από τα κρυσταλλωμένα άλατα οδηγεί στην επαναδιάλυσή τους και τη δημιουργία ιοντικού διαλύματος. Αυτός ο κύκλος συνεχών κρυσταλλώσεων-διαλύσεων που

συμβαίνει σε μεγάλη κλίμακα στα φυσικά συστήματα, λαμβάνει χώρα στη πορώδη δομή και στην επιφάνεια των τοιχογραφιών. Οι ιδιότητες αυτές καθιστούν το νερό ως το βασικό υλικό διάλυσης, μεταφοράς, αλλά και αφαίρεσης αλάτων από τοιχογραφίες. Έτσι, οι περισσότερες μέθοδοι αφαίρεσης αλάτων βασίζονται στη διαλυτική δράση του νερού.

Πολλά από τα υλικά και τις μεθόδους που εφαρμόζονται για την αφαίρεση αλάτων, στοχεύουν στην υποβοήθηση της διαλυτικής δράσης του νερού. Για να επιτευχθεί αυτή η βελτίωση, το νερό αναμειγνύεται με υλικά που επηρεάζουν ορισμένα χαρακτηριστικά του, όπως η αύξηση του χρόνου εξάτμισης, η παραμονή στην κάθετη επιφάνεια του τοίχου, κ.α., ώστε να μπορέσει να διαλύσει, αλλά και να αφαιρέσει αποτελεσματικότερα τα άλατα. Τα υλικά αυτά ονομάζονται φορείς και αποτελούν ουσιαστικά το μέσο με το οποίο μεταφέρεται το νερό, αλληλεπιδρά με τα άλατα και τέλος τα αφαιρεί από την τοιχογραφία. Επομένως, το νερό «εισάγεται» σε **φορείς**, ώστε να λειτουργήσει συνεργατικά μαζί τους, δημιουργώντας ένα σύστημα αφαίρεσης αλάτων.

Συμπερασματικά, η λειτουργία των μεθόδων βασίζεται στο βασικό τους υλικό το νερό και ειδικότερα στη διαλυτική του δράση κατά των αλάτων. Συχνά, τα υπόλοιπα υλικά συμμετέχουν σε ένα σύστημα βελτιώνοντας τα επιμέρους στάδια ή την γενικότερη λειτουργία που επιτελεί το νερό στην αφαίρεση των αλάτων.

ΕΝΟΤΗΤΑ 2.2: Το νερό ως φορέας αντιδραστηρίων

Όπως περιγράφηκε και στην εισαγωγή, κάθε άλας κρυσταλλώνεται σε διαφορετικές συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας. Αντίστοιχα και για τη διάλυση ισχύουν ορισμένες τιμές, όπου βάσει αυτών ορίζεται ένα άλας ως ευδιάλυτο ή δυσδιάλυτο. Όπως φαίνεται και από τον παρακάτω πίνακα, η διαλυτότητα των αλάτων που εμφανίζονται στις τοιχογραφίες ποικίλει. Υπάρχουν άλατα τα οποία, είναι τόσο ευδιάλυτα ώστε διαλύονται λόγω των διακυμάνσεων των περιβαλλοντικών συνθηκών, αλλά υπάρχουν και άλατα τα οποία είναι τόσο δυσδιάλυτα, ώστε το νερό από μόνο του να μην είναι ικανό να τα διαλύσει, σε ένα εύλογο χρονικό διάστημα και υπό φυσιολογικές συνθήκες.

Άλας	Διαλυτότητα (g/l , 25°C)
Ασβεστίτης CaCO_3	0,013
Γύψος $\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	2-2,5
Θειικό κάλιο K_2SO_4	120
Θεναρδίτης Na_2SO_4	281
Αλίτης NaCl	359
Νιτρικό κάλιο KNO_3	380
Νιτρικό Νάτριο NaNO_3	912

Εικόνα 2.2.1: Πίνακας διαλυτότητας ορισμένων αλάτων που συναντώνται στις τοιχογραφίες

Η ύπαρξη και η ανάγκη για αφαίρεση των δυσδιάλυτων αλάτων, οδήγησε τους συντηρητές στο να αντιληφθούν τους περιορισμούς που έθετε η απλή χρήση του νερού για την αφαίρεσή τους και στην προσθήκη αντιδραστηρίων στα συστήματα αφαίρεσης αλάτων για να υποβοηθήσουν και να βελτιώσουν ακόμη περισσότερο τη διαδικασία.

Μιας και τα περισσότερα από αυτά τα αντιδραστήρια είναι υδατοδιαλυτά, ο καταλληλότερος φορέας των αντιδραστηρίων, δεν θα μπορούσε να είναι άλλος από το νερό. Τα αντιδραστήρια αναμειγνύονται με το νερό και γίνονται μέρος της λειτουργίας του, παίζοντας βοηθητικό ή και κεντρικό ρόλο. Η λειτουργία του νερού σε ένα σύστημα

παραμένει σταθερή, είτε διαλύοντας το ίδιο άλατα, είτε μεταφέροντας αντιδραστήρια για τη διάλυση τους. Αυτός ο διττός χαρακτήρας του νερού ως διαλύτης αλάτων και φορέας αντιδραστηρίων, συνιστά ένα μοναδικό συνδυασμό, καθιστώντας το αναντικατάστατο υλικό στις μεθόδους μέχρι σήμερα.

Να διευκρινιστεί ότι στο πλαίσιο αυτής της εργασίας, η έννοια του «φορέα» αφορά υλικά που λειτουργούν ως φορείς του νερού και των λοιπών αντιδραστηρίων και όχι την μεταφορική λειτουργία του νερού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Φορείς συστημάτων αφαίρεσης αλάτων

ΕΝΟΤΗΤΑ 3.1: Εισαγωγή

Ο φορέας είναι το μεταφορικό μέσο των συστημάτων αφαίρεσης αλάτων. Ο σκοπός της χρήσης φορέων στις μεθόδους αφαίρεσης αλάτων είναι:

- Μεταφορά και διατήρηση του συστήματος στην κάθετη επιφάνεια της τοιχογραφίας.
- Αύξηση του χρόνου παραμονής και αποτροπή της εξάτμισης του νερού
- Υποβοήθηση της όλης διαδικασίας της διάλυσης και αφαίρεσης των αλάτων από την τοιχογραφία.

Οι δύο μεγάλες ομάδες υλικών που χρησιμοποιούνται ως φορείς συστημάτων αφαίρεσης αλάτων είναι οι **πολτοί** και οι **γέλες**. Στο κεφάλαιο που ακολουθεί γίνεται μία παρουσίαση των βασικών υλικών που δημιουργούν πολτούς και γέλες και μια περιγραφή του μηχανισμού λειτουργίας τους.

3.1.1: Γενικά στοιχεία

Οι φορείς μεταφοράς των συστημάτων καθαρισμού δημιουργούνται με την ανάμειξη ενός ή περισσότερων στερεών υλικών, με το νερό, τα οποία ονομάζονται πυκνωτικά ή πηκτικά μέσα. Η δυσκολία διατήρησης των συστημάτων αφαίρεσης αλάτων στις κάθετες επιφάνειες, καθώς και η μη ελεγχόμενη δράση τους, οδήγησε τους συντηρητές στην ανάγκη δημιουργίας φορέων. Τα υλικά δεν μπορούσαν να σταθούν και να αντιδράσουν αποτελεσματικά διαλύοντας τα άλατα και τις λοιπές επικαθήσεις, καθώς είτε το υγρό αντιδραστήριο λόγω της βαρύτητας έρεε γρήγορα προς τα κάτω προκαλώντας φθορά στις ασυντήρητες επιφάνειες και απαιτώντας πολλαπλές εφαρμογές, είτε εξατμίζονταν αμέσως. Η λύση δόθηκε με την εισαγωγή των συστημάτων σε φορείς.

Η χρήση των φορέων προσφέρει τα εξής πλεονεκτήματα στις διαδικασίες αφαίρεσης διαλυτών αλάτων:

- Επιβραδύνουν την εξάτμιση του συστήματος, αυξάνοντας παράλληλα το χρόνο επαφής του με την επιφάνεια.
- Εξασφαλίζουν την ελεγχόμενη απελευθέρωση των συστημάτων στον τοίχο.
- Διασφαλίζουν την ακεραιότητα της ζωγραφικής επιφάνειας, διατηρώντας την υγρή φάση στη δομή τους και στην περιοχή προς εφαρμογή.

Οστόσο, για να είναι εφαρμόσιμος ένα φορέας σε μία τοιχογραφία θα πρέπει να πληροί τα ακόλουθα γενικά χαρακτηριστικά:

- Τα υλικά σύνθεσής του να μην επηρεάζουν τη χημική και φυσική σύσταση του αυθεντικού ζωγραφικού στρώματος
- Το ιξώδες και η υφή του να έχουν προσαρμοστεί στην κατάσταση διατήρησης της επιφάνειας εξασφαλίζοντας την ελάχιστη δυνατή απώλεια αυθεντικού υλικού κατά την αφαίρεση του
- Το πάχος του να ευνοεί την ασφαλή επαφή και διατήρηση του συστήματος στην κάθετη επιφάνεια

- Η λειτουργία του να μην οδηγεί σε αντίστροφα από τα επιθυμητά αποτελέσματα, δηλαδή την αναδιανομή ή επανεμφάνιση των αλάτων

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί, παρουσιάζεται ένας μεγάλος αριθμός υλικών δημιουργίας φορέων, όπου βάσει των ιδιοτήτων και των πλεονεκτημάτων τους, χρησιμοποιούνται στην αφαίρεση αλάτων από τοιχογραφίες.

3.1.2: Αρχή λειτουργίας

Η λειτουργία των φορέων βασίζεται σε δύο θεμελιώδεις αρχές, που καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο το σύστημα νερού-φορέα-αντιδραστηρίων θα δράσει ώστε να επιτευχθεί διάλυση και αφαίρεση των αλάτων. Οι δύο αρχές είναι η **διάχυση** και η **οριζόντια μεταφορά**.

Οι Pel, Sawdy και Voronina (2010) και οι Verges - Belmin και Siedel (2005), που περιγράφουν την αρχή λειτουργίας της διάχυσης και της οριζόντιας μεταφοράς, αναφέρονται στη χρήση πολτών. Ωστόσο, οι βασικές αρχές λειτουργίας που διατυπώνουν μπορούν να θεωρηθούν έγκυρες για όλους τους τύπους φορέων.

Μέθοδοι που βασίζονται στη διάχυση (diffusion)

Η διάχυση ορίζεται ως η κίνηση των μορίων μιας ουσίας από μια περιοχή υψηλότερης συγκέντρωσης σε μια περιοχή χαμηλότερης συγκέντρωσης. Είναι αποτέλεσμα των κινητικών ιδιοτήτων των μορίων της εκάστοτε ουσίας, τα οποία μετακινούνται προς τη χαμηλότερη συγκέντρωση, ώστε να εξισωθεί η διαφορά μεταξύ των δύο συγκεντρώσεων. Έτσι, για κάποιο διάστημα τα μόρια θα είναι ομοιόμορφα διανεμημένα και η μετακίνηση από κει και έπειτα θα προχωρά με σταθερό ρυθμό. Ο όρος «διάχυση» προέρχεται από τη λατινική λέξη *diffundere*, που σημαίνει «να εξαπλωθεί».

Κατά την αφαίρεση αλάτων από τοιχογραφίες με βάση την αρχή της διάχυσης, εισάγεται στην τοιχογραφία νερό, μέσω του φορέα. Μεταξύ του φορέα και των αλάτων της τοιχογραφίας, δημιουργείται διαφορά συγκέντρωσης, η οποία οδηγεί σε μετακίνηση των ιόντων από την τοιχογραφία στο φορέα.

Ενώ είναι πιθανή η ολοκληρωτική αφαίρεση των αλάτων από ένα έργο με τη μέθοδο της διάχυσης, γενικά είναι μία αργή διαδικασία. Για να επισπευστεί η διαδικασία αφαίρεσης χρησιμοποιώντας ένα φορέα, απαιτείται μία γρηγορότερη διαδικασία ιοντικής μεταφοράς. (Verges-Belmin & Siedel, 2005) (Pel, Sawdy, & Voronina, 2010)

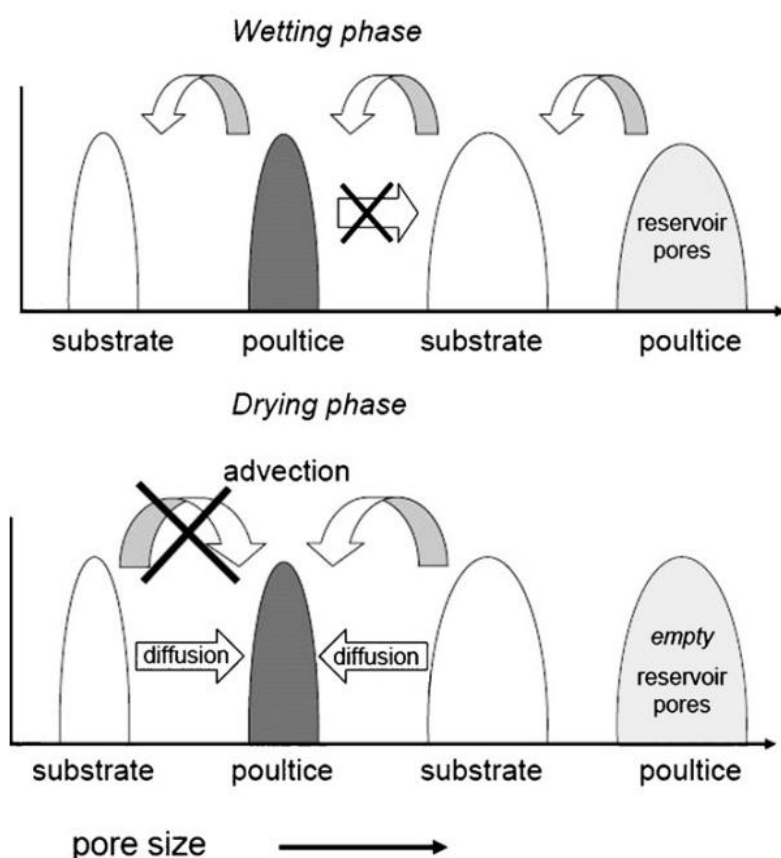
Μέθοδοι που βασίζονται στην οριζόντια μεταφορά (advection)

Ο όρος οριζόντια μεταφορά αναφέρεται στη μεταφορά μορίων μιας ουσίας με ένα κινούμενο μέσο. Ένα καλό παράδειγμα οριζόντιας μεταφοράς είναι η μεταφορά ρύπων σε ένα ποτάμι: η ροή του νερού μεταφέρει τις ακαθαρσίες κατάντη. Αυτό μπορεί επίσης να λάβει χώρα σε ένα πορώδες υλικό, όπου διαλυμένα ιόντα μπορούν να μεταφερθούν μέσω της ροής της υγρασίας. Ως εκ τούτου, αν υπάρχει μία ροή υγρασίας από την τοιχογραφία προς τον φορέα, τότε μπορεί να γίνει αφαίρεση των διαλυμένων αλάτων μέσω της οριζόντιας μεταφοράς.

Η ροή της υγρασίας με βάση την οριζόντια μεταφορά καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από το μέγεθος των πόρων, καθώς η υγρασία θα κινηθεί από τους μεγαλύτερους πόρους προς τους μικρότερους μέσω του τριχοειδούς φαινομένου. Επομένως, για να είναι λειτουργική μία μέθοδος αφαίρεσης αλάτων που βασίζεται στην αρχή της οριζόντιας μεταφοράς, θα πρέπει ο φορέας να διαθέτει πόρους μικρότερους από αυτούς της τοιχογραφίας. (Pel, Sawdy, & Voronina, 2010) Η οριζόντια μεταφορά είναι γενικά πιο γρήγορη από τη διάχυση, επομένως και οι μέθοδοι αφαίρεσης αλάτων που βασίζονται στην οριζόντια μεταφορά μπορούν να είναι και αυτές πιο γρήγορες.

Η δράση του φορέα: ύγρανση της τοιχογραφίας και αφαίρεση αλάτων

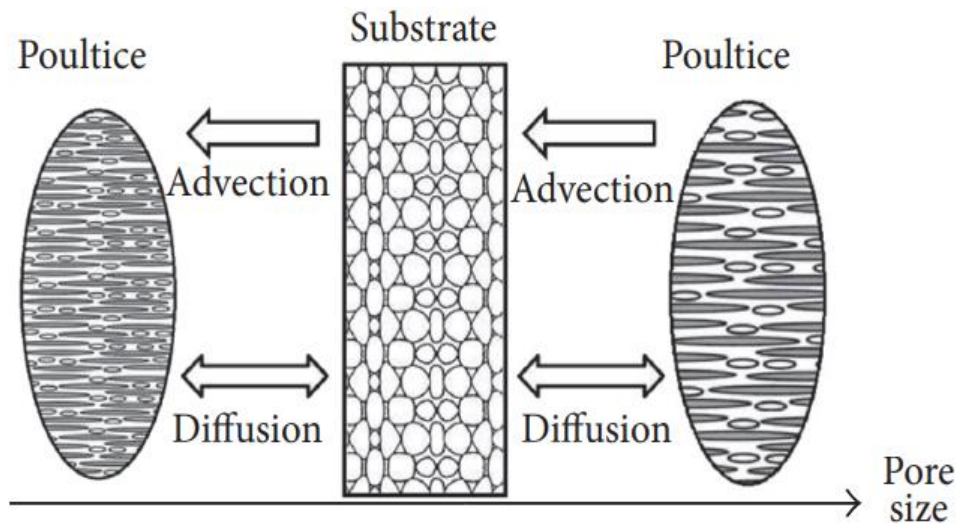
Σε γενικές γραμμές η αφαίρεση αλάτων περιλαμβάνει δύο βήματα. Στο πρώτο βήμα, το νερό διεισδύει από το φορέα στο πορώδες υλικό και διαλύει το άλας. Στο δεύτερο, τα ιόντα αλάτων μεταφέρονται από τον τοίχο στο φορέα, είτε μέσω διάχυσης, είτε μέσω της οριζόντιας μεταφοράς. Είναι μάλλον προτιμότερο αν το δεύτερο βήμα βασίζεται στην οριζόντια μεταφορά καθώς είναι γρηγορότερη από τη διάχυση. Ωστόσο, για να πετύχει αυτό, οι διαδικασίες ύγρανσης και αφαίρεσης απαιτούν τελείως διαφορετικές ιδιότητες φορέα. Στη διαδικασία της ύγρανσης, ο φορέας θα πρέπει να έχει πόρους μεγαλύτερους από αυτούς της τοιχογραφίας, έτσι ώστε η υγρασία να μετακινηθεί από τον φορέα προς την τοιχογραφία.



Εικ. 3.1.2.2: Σχηματική αναπαράσταση των συνδυαστικών απαιτήσεων σε ένα φορέα με μία κατανομή μεγέθους πόρων κατάλληλη μαζί και για την ύγρανση και για την αφαίρεση αλάτων με οριζόντια μεταφορά.

(Pel, Sawdy, & Voronina, 2010)

Από την άλλη όμως, ο φορέας χρειάζεται να έχει και μικρότερους πόρους από εκείνους της τοιχογραφίας, ώστε η υγρασία να επιστρέψει πίσω στον φορέα και να λάβει χώρα η αφαίρεση αλάτων μέσω της οριζόντιας μεταφοράς. Ως εκ τούτου, αν ο φορέας προορίζεται να έχει το διπλό σκοπό της ύγρανσης και της αφαίρεσης αλάτων μαζί, θα πρέπει να διαθέτει μεγάλους πόρους που να μπορούν να δράσουν σαν δεξαμενές για την ύγρανση της τοιχογραφίας και μικρούς πόρους για να διασφαλίσουν ότι η οριζόντια μεταφορά από τον τοίχο στο φορέα θα συμβεί. Στην πράξη, τα φαινόμενα της διάχυσης και της οριζόντιας μεταφοράς δρουν παράλληλα και συχνά ανταγωνιστικά. (Pel, Sawdy, & Voronina, 2010)



Εικ. 3.1.2.3: Η συμπεριφορά των φορέων ως προς την λειτουργία του μεγέθους των πόρων τους συγκριτικά με το μέγεθος των πόρων του τοίχου

(Delgado, Guimarães, de Freitas, Antepará, Kolí, & Cerný, Salt Damage and Rising Damp Treatment in Building Structures, 2016)

Αφαίρεση αλάτων με διάχυση

Πλεονεκτήματα:

- Όταν υπάρχει επαρκής διαθέσιμος χρόνος, αυτή η μέθοδος μπορεί να έχει 100% αποτελεσματικότητα.
- Η μέθοδος λειτουργεί ανεξάρτητα από το μέγεθος του πόρου. Συνεπώς, ο ίδιος φορέας μπορεί να δουλέψει στο πορώδες κάθε τοίχου και κάθε φορέα.

Μειονεκτήματα:

- Αργή μέθοδος: γενικά, χρειάζεται βδομάδες ή μήνες για να είναι αποτελεσματική.
- Ο φορέας πρέπει να ανανεώνεται συχνά προκειμένου να συνεχίζει να αφαιρεί άλατα.
- Πρέπει να διατηρείται καλή επαφή μεταξύ του φορέα και του τοίχου κατά τη διάρκεια εφαρμογής της μεθόδου.
- Το έργο θα πρέπει να παραμένει απολύτως κορεσμένο με νερό για πολύ μεγάλη χρονική περίοδο. Ως εκ τούτου, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε επιπλέον αλλοίωση του έργου, της διόγκωσης των οργανικών συστατικών, της χημικής μεταβολής των χρωστικών και συνδετικών μέσων, βιοπροσβολή, καθώς και άλλες υδατοσχετιζόμενες διαδικασίες φθοράς.
- Κατά το τέλος της εφαρμογής το έργο είναι υγρό και πρέπει να στεγνώσει, με αποτέλεσμα να διατρέχεται ο κίνδυνος κατά την διάρκεια του στεγνώματος κάθε εναπομένων άλας να μεταφερθεί πίσω στην επιφάνεια.

Αφαίρεση αλάτων με οριζόντια μεταφορά

Πλεονεκτήματα:

- Γρήγορη μέθοδος, δηλαδή η χρονική περίοδος αφαίρεσης είναι στον βαθμό ωρών ή ημερών.
- Εισάγεται λιγότερη υγρασία στο έργο.
- Η επιφάνεια του τοίχου είναι στεγνή μετά τη διαδικασία

Μειονεκτήματα:

- Η μέθοδος βασίζεται στο μέγεθος του πόρου, δηλαδή θα δουλέψει μόνο εάν ο φορέας περιέχει μία σημαντική ποσότητα πόρων που είναι μικρότεροι από εκείνους του τοίχου, επομένως ο φορέας πρέπει να προσαρμοστεί να ταιριάζει στο υλικό για το οποίο προορίζεται να χρησιμοποιηθεί.

- Απαιτείται καλή επαφή μεταξύ του φορέα και του τοίχου.
- Λόγω της φύσης της οριζόντιας μεταφοράς, τα άλατα θα αφαιρεθούν μόνο από την περιοχή της επιφάνειας του τοίχου.
- Συνήθως υπάρχει εναπομείνασα υγρασία στο βάθος μέσα στον τοίχο και έτσι μπορεί να συμβεί περαιτέρω μεταφορά άλατος και υγρασίας στην επιφάνεια.
- Κατά τη διάρκεια της αφαίρεσης η αυξανόμενη συσσώρευση αλάτων θα επηρεάσει το βαθμό ξήρανσης χαμηλώνοντας την πίεση ατμών του διαλύματος άλατος μέσα στον φορέα και έτσι μειώνοντας το ποσοστό της απώλειας υγρασίας από εξάτμιση. Ως αποτέλεσμα μειώνεται το ποσοστό οριζόντιας μεταφοράς.
- Με την αύξηση των συσσωματωμάτων αλάτων στο φορέα, προάγεται επίσης το ποσοστό της οπισθοδιάχυσης από το φορέα στον τοίχο. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητη νέα εφαρμογή φορέα, ο χρόνος της οποίας θα πρέπει να καθοριστεί με δοκιμές, δηλαδή δεν μπορεί να αφεθεί ο φορέας στον τοίχο μέχρι και οι δύο να είναι απολύτως στεγνοί.

Τροποποίηση των ιδιοτήτων των φορέων κατά την εφαρμογή

Κάθε περίπτωση τοιχογραφίας παρουσιάζει ιδιομορφία όσον αφορά τα δομικά χαρακτηριστικά και την κατάσταση διατήρησης της, απαιτώντας ειδική μεταχείριση. Συχνά χρειάζεται, οι συντηρητές να τροποποιούν τις ιδιότητες των φορέων, ώστε αυτοί να προσαρμόζονται όσο το δυνατόν καλύτερα γίνεται στην εκάστοτε επιφάνεια. Για να επιτευχθεί αυτό μπορούν να γίνουν οι ακόλουθες ρυθμίσεις:

- Στη σύσταση του φορέα
 - Ρύθμιση των συγκεντρώσεων των πηκτικών υλικών
 - Συνδυασμός διαφόρων υλικών
- Στην εφαρμογή του φορέα
 - Ρύθμιση του πάχους του επιθέματος
 - Κάλυψη του επιθέματος με μεμβράνη
 - Ρύθμιση της θερμοκρασίας του μείγματος

Οι ανωτέρω ρυθμίσεις αποσκοπούν στην τροποποίηση των ακόλουθων ιδιοτήτων:

- Ιξώδες
- Υφή
- Ρυθμός απελευθέρωσης υγρής φάσης
- Βαθμός διείσδυσης υγρής φάσης
- Ρυθμός εξάτμισης

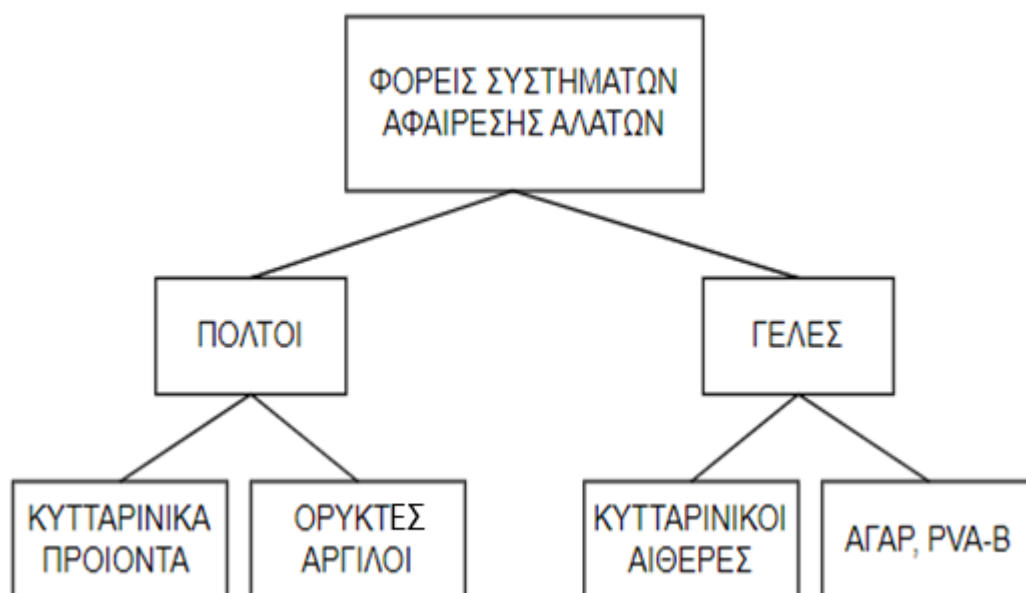
Επομένως, εφόσον οι συντηρητές έχουν πλήρη επίγνωση των υλικών και της κατάστασης διατήρησης που έχουν να αντιμετωπίσουν, τροποποιώντας καταλλήλως τις ιδιότητες του φορέα, μπορούν να δημιουργήσουν ένα αποτελεσματικό και παράλληλα ασφαλές σύστημα αφαίρεσης αλάτων.

Σύνοψη

Όλες οι μέθοδοι αφαίρεσης αλάτων βασίζονται στην λειτουργία των φορέων τους στις δύο παραπάνω αρχές λειτουργίας. Οι περισσότεροι φορείς όμως, όσον αφορά τη συντήρηση των τοιχογραφιών, για μεγαλύτερη ασφάλεια του έργου και εξοικονόμηση χρόνου, λειτουργούν βασιζόμενοι στην οριζόντια μεταφορά.

Υπάρχουν και φορείς, όπου υπάρχει η δυνατότητα να εντάξουν στο σύστημα τους και να λειτουργήσουν και με τις δύο αρχές, λαμβάνοντας όμως τόσο τα πλεονεκτήματα όσο και τα μειονεκτήματα και των δύο αρχών. Ωστόσο, οι μέθοδοι που βασίζονται στη διάχυση καλό θα είναι να εφαρμόζονται με σύνεση σε ζωγραφικά έργα, λόγω της παραμονής του αντικειμένου σε υγρό περιβάλλον για μεγάλο διάστημα. Επομένως, στην συντήρηση τοιχογραφιών είναι μάλλον ασφαλέστερες οι μέθοδοι των πολτών που βασίζονται στην οριζόντια μεταφορά.

Στις ακόλουθες ενότητες θα γίνει μία παρουσίαση των δύο βασικών κατηγοριών φορέων μεταφοράς συστημάτων αφαίρεσης αλάτων, των **πολτών** και των **γελών**.



Εικ. 3.1.1: Οι βασικές κατηγορίες φορέων συστημάτων αφαίρεσης αλάτων από τοιχογραφίες που παρουσιάζονται στις επόμενες ενότητες και τα υλικά που τις αποτελούν

ΕΝΟΤΗΤΑ 3.2: Πολτοί

Εισαγωγή

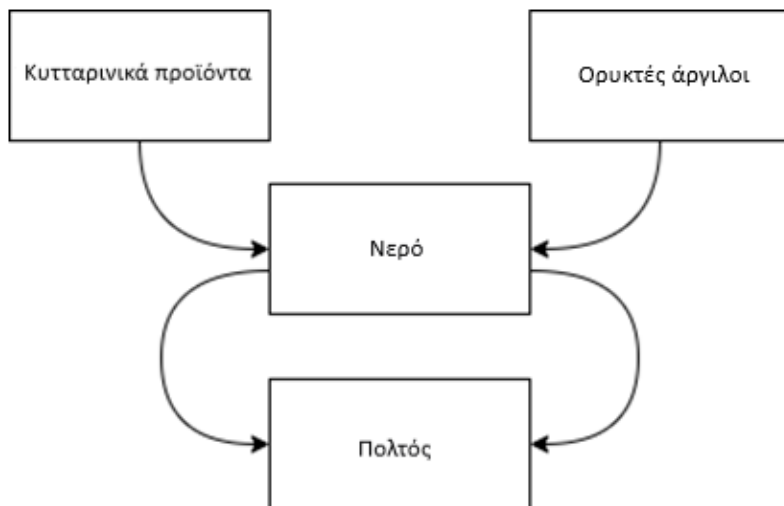
Ο όρος πολτός έχει τις ρίζες του στον τομέα της ιατρικής, όπου αναφέρεται στην εφαρμογή ενός σκευάσματος καθαρισμού στο σώμα προκειμένου να θεραπεύσει μία μόλυνση. Ένας πολτός τυπικά αποτελείται από δύο υλικά, ένα πηκτικό υδρόφιλο μέσο και το νερό και δημιουργείται με ανάμειξη αυτών. Η αφαίρεση αλάτων με πολτούς θεωρητικά είναι απλή διαδικασία, καθώς γίνεται με εφαρμογή ενός υγρού πολτώδους υλικού στην επιφάνεια που χρήζει επέμβασης. Το υλικό μένει στην επιφάνεια κάποιο διάστημα και έπειτα αφαιρείται. Έχουν διεξαχθεί εκτενείς έρευνες για το μηχανισμό μεταφοράς των αλάτων προς τον πολτό κατά τη διάρκεια της επέμβασης και έχει τονιστεί η σημασία της ρύθμισης της κατανομής μεγέθους πόρων του πολτού. Παρά την απόλυτη κατανόηση της διαδικασίας, υπάρχουν ακόμα αρκετά προβλήματα που σχετίζονται με τη μέθοδο, συγκεκριμένα όσον αφορά τις πιο ευαίσθητες και φίνες επιφάνειες, όπως αυτές των τοιχογραφιών. (Bartholdy, KlenczLarsen, & Brajer, 2021)

Βασικές κατηγορίες υλικών

Τα υλικά δημιουργίας πολτών για αφαίρεση αλάτων, βασίζονται κυρίως σε δύο διαφορετικές ομάδες υλικών:

- Κυτταρινικά προϊόντα
- Ορυκτές άργιλοι

Η σύσταση ενός φορέα μπορεί να περιλαμβάνει υλικά και από τις δύο αυτές ομάδες. (Verges-Belmin&Siedel, 2005)



Εικ. 3.2.1: Τυπική σύσταση των πολτών

Εφαρμογή

Γενικά, η μεθοδολογία εφαρμογής ενός πολτού είναι σχετικά απλή: ο υγρός πολτός εφαρμόζεται στην επιφάνεια όπου μένει εκεί για κάποια χρονική περίοδο και έπειτα αφαιρείται. Ένα ενδιάμεσο στρώμα ιαπωνικού χαρτιού ή χαρτοβάμβακα μπορεί να εφαρμοστεί μεταξύ του τοίχου και του πολτού, ώστε να αποτρέψει τυχόν υπολείμματα να προσκολληθούν στην επιφάνεια κατά την αφαίρεση. Πρέπει να δοθεί ειδική φροντίδα στην διεπαφή μεταξύ πολτού και υποστρώματος. Αν ο πολτός αποσπάται από το υπόστρωμα, διακόπτεται γενικότερα η όποια αλληλεπίδραση μεταξύ αυτού και της τοιχογραφίας.

Η εφαρμογή των πολτών δεν πρέπει να είναι πολύ μικρής κλίμακας. Μία ζώνη κάποιων δεκάδων εκατοστών γύρω από μία παρατηρήσιμη συσσώρευση αλάτων θα πρέπει να καλύπτεται από πολτούς. Σε διαφορετική περίπτωση μία μεταφορά αλάτων σε γειτονικές περιοχές μπορεί να λάβει χώρα.

Ενώ προτιμάται η δια χειρός εφαρμογή για τοιχογραφίες και άλλα έργα τέχνης(γλυπτά), υπάρχει και η μηχανική εφαρμογή με μηχανήματα κονιαμάτων με ψεκασμό του πολτού, όπου χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση κυρίως μεγαλύτερων μη ανάγλυφων ή ζωγραφισμένων τοιχοποιιών. (Sawdy, Lubelli, Voronina, & Pel, 2010)(Pel, Sawdy, & Voronina, 2010)



Εικ. 3.2.2: Τυπικά στάδια εφαρμογής των πολτών

(Baglioni, Chelazzi, & Giorgi, 2015)



Εικ. 3.2.3: Εφαρμογή προστατευτικού στρώματος χαρτομβάμβακα ή ιαπωνικού χαρτιού



Εικ. 3.2.4: Εφαρμογή αργλικού πολτού

(<https://www.insider.com/>)



Εικ. 3.2.5: μηχανική εφαρμογή πολτού με ψεκασμό
(Pater, 2021)



Εικ. 3.2.6: χειροποίητη εφαρμογή του πολτού
(Escisi&CaglarEryurt, 2019)

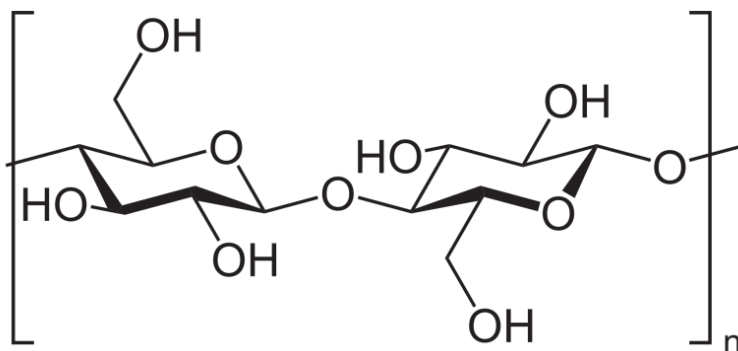
3.2.1: Κυτταρινικά προϊόντα

Εισαγωγή

Οι πολτοί κυτταρίνης είναι οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι στις διαδικασίες αφαίρεσης αλάτων. Η κυτταρίνη είναι η πιο διαδεδομένη οργανική ένωση στη φύση, αποτελώντας το κύριο δομικό συστατικό των τοιχωμάτων των φυτικών κυττάρων. Ονομάζεται αλλιώς κελλουλόζη και ο χημικός της τύπος είναι $(C_6H_{10}O_5)_n$. Τα κυτταρινικά προϊόντα σε σκόνη χρησιμοποιούνται ως φορείς μεταφοράς συστημάτων καθαρισμού για τοιχογραφίες από τα τέλη του 1950, πρώτα στην Αγγλία και έπειτα στις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες. (Redman, 1999) Στην ευρύτερη κατηγορία πολτών με βάση την κυτταρίνη μπορούν να συμπεριληφθούν πολτοί από υλικά όπως το βαμβάκι, το στυπόχαρτο και φυσικά οι κυτταρινικές ίνες σε σκόνη, όπου είναι και το πιο σύνηθες. Τα κυτταρινικά προϊόντα σε σκόνη αποτελούνται από ψιλές ίνες και εμφανίζονται στο γυμνό μάτι σαν λευκή χνουδωτή σκόνη. Αποτελούνται από καθαρή υδρόφιλη κυτταρίνη, η οποία δεν διαλύεται στο νερό και είναι αδιάλυτη στους περισσότερους διαλύτες. Οι κυτταρινικές ίνες προέρχονται από το ξύλο και λαμβάνονται μέσα από διάφορες φυσικοχημικές διαδικασίες όπως το άλεσμα, την εξαγωγή λιγνίνης και τη λεύκανση. (Redman, 1999)



Εικ. 3.2.1.1: Προέλευση κυτταρινικών προϊόντων



Εικ. 3.2.1.2: Το μόριο της κυτταρίνης

(<https://www.britannica.com/>)



Εικ. 3.2.1.3: Εφαρμογή χαρτοπολτού σε τοιχογραφία
(<https://courtauld.ac.uk/>)



Εικ. 3.2.1.4: Αφαίρεση του χαρτοπολτού από τοιχογραφία

Ροφητικές ικανότητες

Οι διαφορετικές τάξεις κυτταρινικών ινών φαίνεται να έχουν διαφορετικές ροφητικές ικανότητες, με την κάθε μία να μπορεί να απορροφά και να απελευθερώνει διαφορετική ποσότητα υγρού. Οι πολτοί με βάση την κυτταρίνη εμφανίζονται να έχουν συγκεκριμένα υψηλή υδροαπορροφητική ικανότητα, περιέχοντας πάνω από 4,5 φορές το ξηρό τους βάρος σε νερό ενώ ακόμα παραμένουν εργάσιμοι δίχως να χάνουν την καλή συνοχή. Είναι χαρακτηριστικό ότι οι κυτταρινικοί πολτοί καθώς προσεγγίζουν το μέγιστο περιεχόμενο απορρόφησής τους σε νερό, παραμένουν προσκολλημένοι στην επιφάνεια της τοιχογραφίας και δεν κατακρημνίζονται από την επιφάνεια του τοίχου, αντιθέτως παρουσιάζουν μία αξιοσημείωτη συνοχή υγρής κατάστασης. Χάρη τις εξαιρετικές ροφητικές τους ικανότητες, ένας κυτταρινικός πολτός, πάχους 1 cm και περιεχόμενου βάρους 1:4,5 ξηρού υλικού σε νερό, μπορεί δυνητικά να απελευθερώσει στην τοιχογραφία 10 λίτρα νερού ανά τετραγωνικό μέτρο, το οποίο είναι σχεδόν τρεις φορές η ποσότητα που απελευθερώνεται από ένα παρόμοιο παχύ πολτό ορυκτών αργίλων που έχει υγρανθεί στο βέλτιστο περιεχόμενό του σε νερό. (Vergès-Belmin, Heritage, & Bourgès, 2011)

Μέγεθος κυτταρινικών ινών και ο ρόλος του

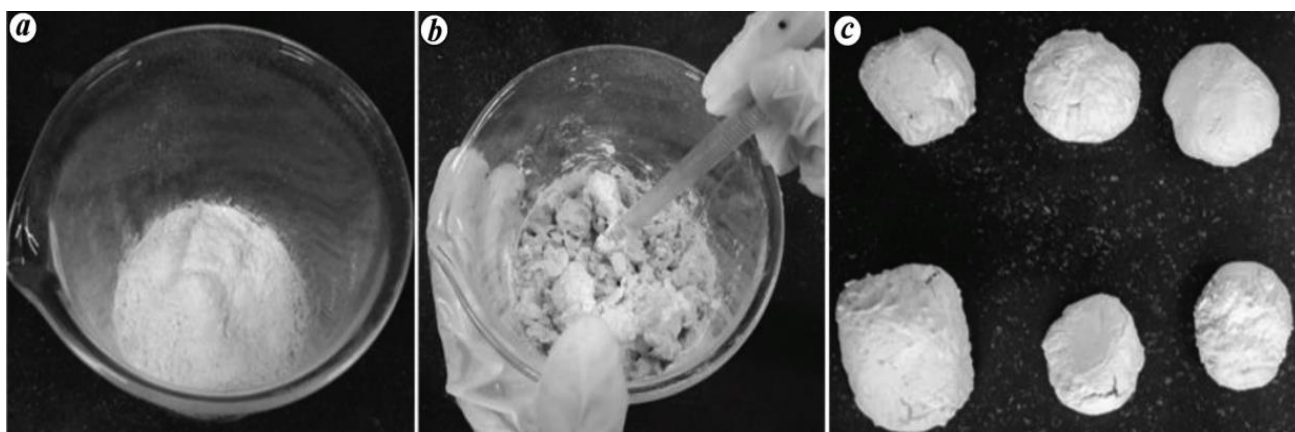
Στην πράξη, οι συντηρητές συνηθίζουν να αναμιγνύουν διαφορετικού μήκους κυτταρινικές ίνες, προκειμένου να τροποποιήσουν τις ιδιότητες εργασιμότητας του κάθε πολτού. Βάσει της βιβλιογραφίας υπάρχουν αρκετά παραδείγματα συνταγών που ενσωματώνουν δύο τάξεις κυτταρινικών ινών. (Vergès-Belmin, Heritage, & Bourgès, 2011) Πολλά διαφορετικά προϊόντα βρίσκονται στο εμπόριο, η διαφορά μεταξύ των οποίων αφορά το μέσο μήκος της ίνας. Ήδη από το 1999 στην Αγγλία ήταν δημοφιλές ανά τους συντηρητές τοιχογραφιών ο πολτός με μείγματα ινών 700 μκ και 300μκ. (Redman, 1999) Οι τρεις πιο κοινώς χρησιμοποιούμενες κυτταρινικές ίνες είναι αυτές με μήκος 700μκ, 200μκ και 300μκ, ωστόσο είναι διαθέσιμα στο εμπόριο και άλλα μήκη ινών. (Vergès-Belmin, Heritage, & Bourgès, 2011)



Εικ. 3.2.1.5: Ίνες μήκους 700 μm
(<https://www.kremer-pigmente.com/>)

Εικ. 3.2.1.6: Ίνες μήκους 200 μm

Εικ. 3.2.1.7: Ίνες μήκους 300 μm



Εικ. 3.2.1.8: Διαδικασία δημιουργίας πολτού α) κυτταρινική σκόνη β) προσθήκη νερού και ανάμιξη των ινών γ) πολτοί
(Mahonar&Santhanam, 2021)

Ρύθμιση ιδιοτήτων του πολτού με έλεγχο του πάχους

Η συρρίκνωση κατά το στεγνώμα των πολτών, είναι ένα γνώριμο φαινόμενο που συχνά οδηγεί σε προβλήματα απόσπασης του πολτού κατά τη διάρκεια της διαδικασίας στο πεδίο. Ωστόσο, αποδείχθηκε ότι είναι πιθανό να μειωθεί η συρρίκνωση των κυτταρινικών πολτών, μειώνοντας το πάχος τους και/ή αυξάνοντας τη σχετική υγρασία του περιβάλλοντος κατά την φάση του στεγνώματος. Ακόμα, έχει παρατηρηθεί εμπειρικά, ότι με μείωση του πάχους του πολτού δημιουργώντας μείγματα διαφορετικών προϊόντων, μπορεί να μειωθεί η αναδιανομή των αλάτων στο βάθος της τοιχοποιίας, καθώς θα είναι λιγότερο νερό διαθέσιμο στο υπόστρωμα. Έτσι, μπορεί να επιτευχθεί ένας μεγαλύτερος βαθμός αφαίρεσης αλάτων με χρήση λεπτότερου πολτού, καθώς λιγότερο νερό εισάγεται στον τοίχο και ο πολτός δυσκολότερα θα αποσπαστεί κατά την διαδικασία. (Redman, 1999)

Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα

Ο λόγος της συχνής εφαρμογής των πολτών κυτταρίνης έγκειται στα πλεονεκτήματα του. Η απαλότητά της κάνει πιθανή την εφαρμογή της σε ευαίσθητες επιφάνειες. Επιπροσθέτως, ο χειρισμός και η αφαίρεση γίνονται εύκολα χωρίς να μένουν υπολείμματα στην τοιχογραφία. Το ουδέτερο pH, η υψηλή υδροαπορροφητικότητα, η πλαστικότητα και η συνοχή μπορούν να παρατεθούν ως άλλα πλεονεκτήματα. Χάρης στην παρουσία των κυτταρινικών ινών, η υπερβολική περιεκτικότητα σε νερό δεν επηρεάζει τη συνοχή του πολτού, όπως σε περιπτώσεις άλλων υλικών. Οι πολτοί μπορούν να εφαρμόζονται επαναλαμβανόμενα μέχρι να αφαιρεθούν τα επιθυμητά άλατα.

Από την άλλη, παρουσιάζουν και ορισμένα μειονεκτήματα όπως, η περιστασιακή ανάπτυξη μικροοργανισμών (μούχλα) και η τάση για αναδιανομή των επιφανειακών αλάτων βαθύτερα στον τοίχο. Οι πολτοί περιέχουν πολύ νερό, το οποίο απελευθερώνεται εύκολα στο έργο, οδηγώντας σε μία ταχεία και βαθιά εισχώρηση του μετώπου υγρασίας, εφόσον η τοιχογραφία παρουσιάζει μεγάλη απορροφητικότητα. Αυτή η συμπεριφορά δυνητικά μπορεί να συντελέσει στη διάλυση και ανακατανομή των αλάτων της επιφάνειας βαθύτερα στο υπόστρωμα της τοιχογραφίας. Τέλος, οι κυτταρινικοί πολτοί απαιτούν περισσότερο χρόνο προετοιμασίας από τους αργιλικούς. (Delgado, Guimarães, deFreitas, Antepara, Kocí, & Cerný, 2016)

3.2.2: Ορυκτές άργιλοι

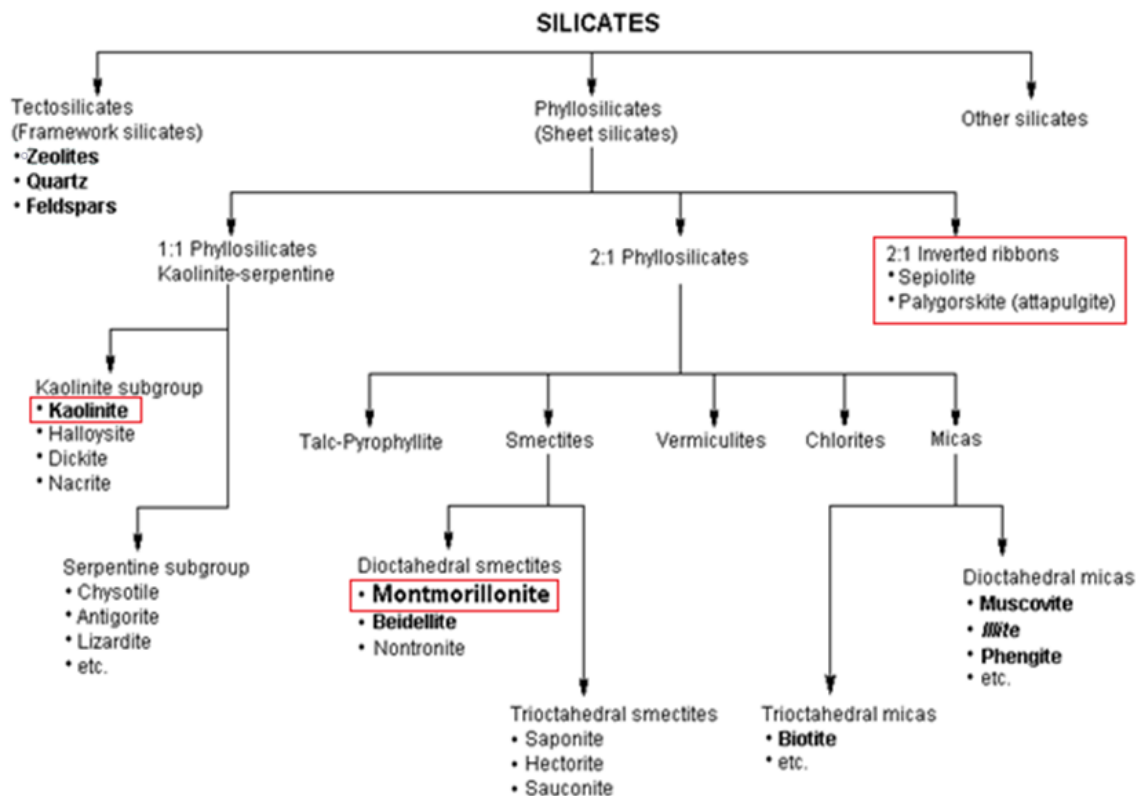
Εισαγωγή

Μία ακόμα μεγάλη ομάδα υλικών που χρησιμοποιούνται για την αφαίρεση αλάτων, όπου μαζί με τα κυτταρινικά προϊόντα αποτελούν βασικό υλικό σύνθεσης των πολτών, είναι οι ορυκτές άργιλοι. Τα αργιλικά ορυκτά αποτελούν μέρος της ομάδας των φυλλοπυριτικών ορυκτών. Φυλλοπυριτικά είναι τα ορυκτά που τα μόριά τους είναι διατεταγμένα σε φύλλα και αποτελούνται από εναλλασσόμενα πυριτικά τετραεδρικά και αργιλικά οκταεδρικά στρώματα. Ο φλοιός της Γης αποτελείται κατά κύριο λόγο από αργιλοπυριτικά ορυκτά. Η βασική δομική μονάδα των αργιλοπυριτικών ορυκτών είναι το τετραεδρικής δομής μόριο πυριτίου – οξυγόνου (SiO).

Η προτίμηση τους στα μείγματα πολτών οφείλεται στις πολύ καλές ικανότητες απορροφητικότητας και εργασιμότητας. Ο μοντμοριλλονίτης, ο καολίνης, ο μπεντονίτης, ο σεπιόλιθος και ο ατταπουλγίτης είναι οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες άργιλοι στον τομέα της συντήρησης με τις δύο τελευταίες να είναι οι πιο ευρέως διαδεδομένες στη χρήση τους σε πολτούς αφαίρεσης αλάτων. Συχνά, πολλά μείγματα αργιλικών πολτών συνδυάζονται με κυτταρινικά προϊόντα ώστε να λάβουν τα πλεονεκτήματά τους, για τη μέγιστη επίτευξη αφαίρεσης αλάτων. (Delgado, Guimarães, de Freitas, Antepara, Kocí, & Cerný, Salt Damage and Rising Damp Treatment in Building Structures, 2016)

Τα αργιλικά υλικά μπορούν να γίνουν πλαστικά, δηλαδή εργάσιμα, πάνω από ένα συγκεκριμένο περιεχόμενο νερού που ονομάζεται **πλαστικό όριο**. Όσο το περιεχόμενο νερό αυξάνεται, το υλικό παραμένει πλαστικό μέχρι να φτάσει ένα βαθμό κάτω από τον οποίο συμπεριφέρεται σαν λάσπη. Αυτό το δεύτερο περιεχόμενο νερό ονομάζεται το **υγρό όριο**. Η διαφορά μεταξύ αυτών των δύο ορίων ονομάζεται πλαστικό εύρος. Μία ατταπουλγική άργιλος, για παράδειγμα, μπορεί να γίνει πλαστική στα 100 w% (**υδατικό περιεχόμενο**) και να παραμείνει έτσι μέχρι το (200%). Όλες οι άλλες άργιλοι εκτός του μοντμοριλλονίτη και του σεπιόλιθου, έχουν χαμηλότερο πλαστικό εύρος. (Verges-Belmin&Siedel, 2005)

Στην βιβλιογραφία, όσον αφορά το πεδίο της αφαίρεσης αλάτων από τοιχογραφίες, παρατηρείται μεγάλη προτίμηση έναντι των υπολοίπων αργίλων, στη χρήση του σεπιόλιθου και του ατταπουλγίτη, επομένως θα γίνει αναφορά σε αυτές τις δύο. (Auras, 2008) (Gomoiu, et al., 2020) (Hammer, 1991)(Teutonico, 1988)



Εικ. 3.2.2.1: Η οικογένεια των πυριτικών ορυκτών αργίλων στην οποία εμπεριέχονται οι περισσότεροι φυσικοί άργιλοι που χρησιμοποιούνται στη συντήρηση. Με κόκκινο πλαίσιο σημειώνονται οι άργιλοι που χρησιμοποιούνται ως υλικά πολτών στην αφαίρεση αλάτων.

(<https://inchem.org/>)

Σεπιόλιθος και Ατταπουλίτης

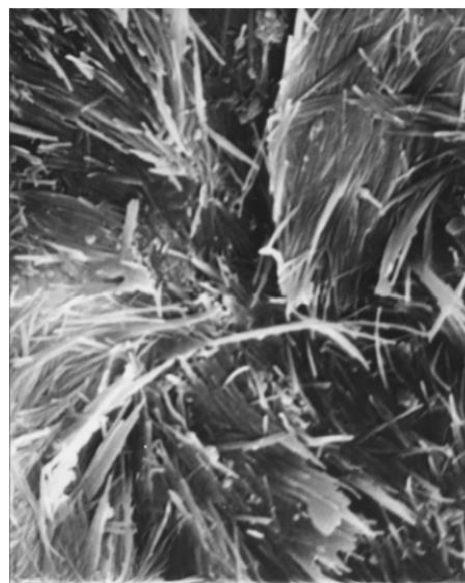
Η ομάδα αργιλωδών ορυκτών ατταπουλίτη - σεπιόλιθου έχει ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένου και αυτού της συντήρησης, που προέρχεται κυρίως από τις απορροφητικές και τις ρεολογικές τους ιδιότητες, οι οποίες βασίζονται στην ειδική επιφάνεια, το πορώδες, την κρυσταλλική μορφολογία, τη δομή και σύσταση αυτών των ορυκτών. (Galan, 1996) Ένας γενικός χημικός τύπος για τον ατταπουλίτη είναι: $(\text{OH})_4(\text{OH}_2)\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{20} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ και για το σεπιόλιθο: $(\text{OH})_4(\text{OH})_4\text{Mg}_8\text{Si}_{12}\text{O}_{30} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. Τα δύο αυτά ορυκτά είναι από τα πιο σημαντικά αργιλικά πηκτικά μέσα. Δίνουν σταθερά εναιωρήματα υψηλού ιξώδους σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις συγκριτικά με άλλους αργίλους. Κατά τη διασπορά οι δέσμες των βελονόσχημων κρυστάλλων τους διαχωρίζονται για να σχηματίσουν ένα τυχαίο πλέγμα που παγιδεύει υγρό για να αυξήσει το ιξώδες του συστήματος. Εκτός του νερού μπορούν να πήξουν ένα μεγάλο εύρος υγρών, όπως αλειφατικούς και αρωματικούς διαλύτες, λάδια, κεριά, γλυκόλες, κετόνες και κάποιες αλκοόλες. (LynwoodHadenJr. &AlbertSchwint, 1967)

Η ατταπουλική άργιλος, ή κοινώς αποκαλούμενος **ατταπουλίτης** (επίσημα επικρατεί ακόμα η ονομασία «παλυγορσκήτης»), είναι ένυδρο κρυσταλλικό πυριτικό αλουμίνιο του μαγνησίου με μία μοναδική δομική αλυσίδα που προσφέρει ασυνήθιστες πυκνωτικές και ροφητικές ιδιότητες. Η φυσική ατταπουλική άργιλος στη σύστασή της περιέχει 70-80% ατταπουλίτη, 10-15% μοντμοριλλονίτη, σεπιόλιθο και άλλες αργίλους, 4-8% χαλαζία και 1-5% ασβεστίτη ή δολομίτη. Τα μη αργιλικά κλάσματα αφαιρούνται κατά τη διαδικασία κατεργασίας, ώστε τα εμπορικά προϊόντα να περιέχουν πάνω από 85-90% ατταπουλίτη. Η ίνα ενός τυπικού ατταπουλίτη έχει μήκος γύρω στο 1 μm και πλάτος γύρω στο 0,01 μm. Σε διασπορές, οι ατομικές ίνες μπορεί να διαχωρίζονται η μία απ'την άλλη. Ωστόσο, γενικά παραμένουν σε δέσμες παρόμοιες με ίνες από βούρτσα ή θυμωνιές χόρτων, και αποτελούν το κυρίως δομικό χαρακτηριστικό των ατταπουλιτικών προϊόντων. Ο ατταπουλίτης είναι υψηλά απορροφητικός στη φυσική του μορφή.

Απορροφά νερό γρήγορα έως και στο 200% του ίδιου του βάρους. Αυτή η αξία ξεπερνιέται μόνο από τον μοντμοριλλονίτη και το σεπιόλιθο. Το περισσότερο νερό συγκρατείται χαλαρά μέσω των δυνάμεων Van der Waals. (LynwoodHadenJr. &AlbertSchwint, 1967)



Εικ. 3.2.2.2: Ατταπουλιγίτης
(Murray, 2007)



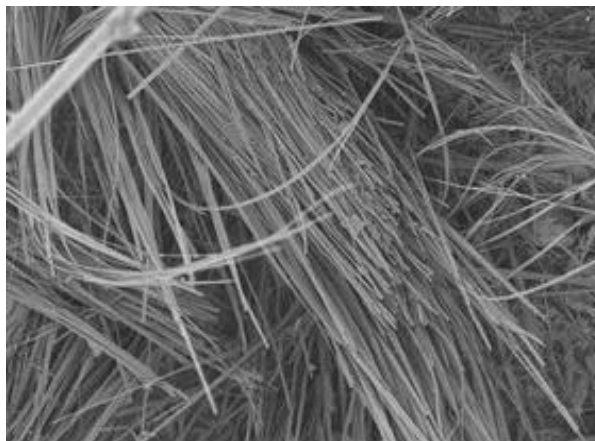
Εικ. 3.2.2.3: Μικροφωτογραφία(με Η.Μ.Σ.) του ατταπουλιγίτη
(<https://www.hx-minerals.com/>)

Ο **σεπιόλιθος** συναντάται σε δύο μορφές (Fersman, 1913): α) σεπιόλιθος ή παρασεπιόλιθος, ο οποίος έχει μεγάλες δέσμες από κρυσταλλικές ίνες και β) ο σεπιόλιθος που εμφανίζεται σαν άμορφο αδρανές ή σαν μικρά επίπεδα στρογγυλεμένα σωματίδια. Μακροσκοπικά, μπορεί να παρουσιάζει είτε μία συμπαγή, είτε μία μαλακή-πορώδη ή λιγότερο συχνά, μία ινώδη δομή. Ο σεπιόλιθος έχει ίνες 0.2 έως 2 μm σε μήκος, 100 έως 300 Å σε πλάτος και 50 έως 100 Å σε πάχος. (Martin Vivaldi and Robertson, 1971). Η μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού του σεπιόλιθου, συνεισφέρει επίσης και στις πλαστικές του ιδιότητες. Τα σωματίδια του σεπιόλιθου έχουν ανισομετρικές, βελονοειδής δομές και δημιουργούν συσσωματώματα σχηματίζοντας δέσμες. Όταν αυτές οι δέσμες είναι διασκορπισμένες στο νερό ή σε άλλους πολικούς διαλύτες, οι βελονοειδής ίνες είναι αποσυσσωματωμένες, προκαλώντας ένα τυχαία εμπλεκόμενο δίκτυο ινών το οποίο παγιδεύει το διαλύτη. Αυτό έχει αποτέλεσμα στα αιωρήματα υψηλού ιξώδους με ρεολογικές ιδιότητες οι οποίες βασίζονται στη συγκέντρωση, το pH, τον τρόπο ανάδευσης, κ.α.

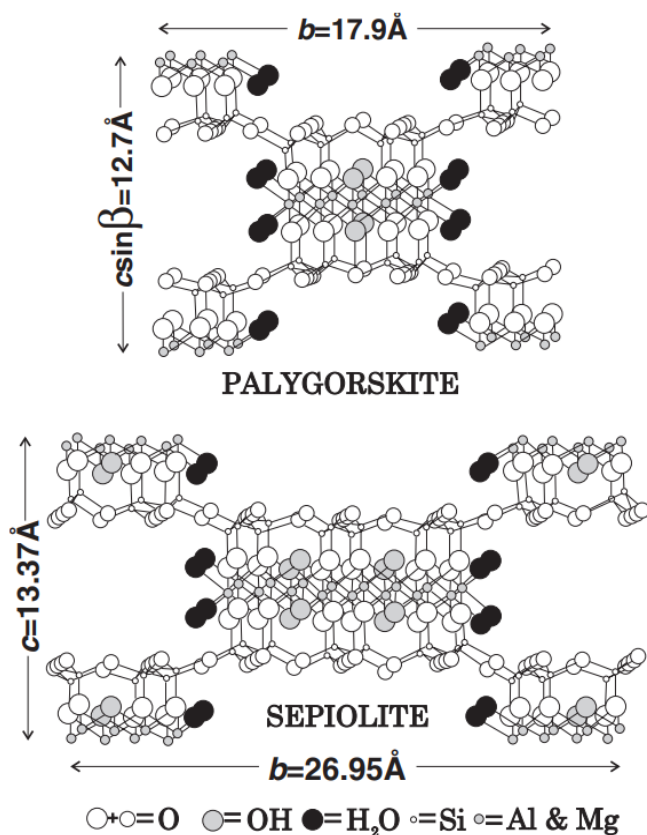
Αυτές οι ιδιότητες εκ φύσεως κάνουν το σεπιόλιθο εξαιρετικά χρήσιμο σαν αιώρημα και θιζοτροπικό μέσο, όπως ένα πηκτικό υλικό. Στη φυσική του μορφή, ο σεπιόλιθος είναι υψηλά απορροφητικός και μπορεί να διατηρήσει πάνω από το 200 με 250 % του βάρους του σε νερό. Η απορροφητική ικανότητα του σεπιόλιθου είναι μεγαλύτερη από οποιαδήποτε άλλη άργιλο. Αυτό, μαζί με τη μηχανική του τάση, η οποία αποτρέπει την διάλυση του ακόμα και σε κορεσμένη κατάσταση διατηρώντας τη συνοχή του πολτού, επιτρέπει τη χρήση του σε κοκκώδεις μορφές σαν απορροφητής νερού. (Alvarez, 1984)



Εικ. 3.2.2.4: Σεπιόλιθος
(<https://tragate.com/>)



Εικ. 3.2.2.5: Μικροφωτογραφία(με Η.Μ.Σ.) του σεπιόλιθου
(<https://www.researchgate.net/>)



Εικ. 3.2.2.6 :Σχηματική αναπαράσταση της δομής των αταπουλγίτη (επάνω) και σεπιόλιθου (κάτω)
(Jones&Galan, 1988)

ΕΝΟΤΗΤΑ 3.3: Γέλες

Εισαγωγή

Η γέλη είναι μία ακόμα κατηγορία υλικών που χρησιμοποιούνται ως φορείς για την μεταφορά του νερού και των λυωμένων συστατικών ενός συστήματος αφαίρεσης αλάτων από μια τοιχογραφία. Οι γέλες συνίστανται από ένα στερεό υλικό, τον αποκαλούμενο γελοποιητή, που διασπείρεται σε ένα υγρό, συνήθως το νερό, για να δημιουργήσει μία αδιάλυτη δομή τρισδιάστατου πλέγματος. Οι προκύπτουσες τρισδιάστατες δομές παρουσιάζουν φυσικές ιδιότητες που αντιπροσωπεύουν μία ενδιάμεση κατάσταση ανάμεσα σε ένα υγρό και ένα στερεό. Με άλλα λόγια, μία γέλη είναι ένα

υλικό που συνίσταται από διασυνδεδεμένες μακρές πολυμερικές αλυσίδες που είναι ικανές να παγιδέψουν ένα ή περισσότερα υγρά και να τα απελευθερώνουν ελεγχόμενα σε μία επιφάνεια. Συνεπώς, οι γέλες φαίνεται να ικανοποιούν τις απαιτήσεις για την εφαρμογή τους στο πεδίο της αφαίρεσης των αλάτων, όσον αφορά τη διατήρηση και ελεγχόμενη απελευθέρωση του νερού και των λοιπών αντιδραστηρίων σε μία επιφάνεια. (Wolbers, και συν., 2004) (Al-Emam, 2021)



Εικ. 3.3.1: Εφαρμογή γελών σε τοιχογραφία
(<https://courtauld.ac.uk/>)



Εικ. 3.3.2: Εκτεταμένη εφαρμογή γέλης σε τοιχογραφία

Ταξινόμηση γελών

Στον τομέα της συντήρησης, οι γέλες ταξινομούνται κυρίως με τρεις διαφορετικούς τρόπους:

- Βάσει των δεσμών στην δομή τριασδιάστατου πλέγματος, οι γέλες μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες:
 - Τις **φυσικές (physical gels)**, όπως αυτές του άγαρ και του κόμμεος τζελάν.
 - Τις **χημικές (chemical gels)**, όπως η γέλη πολυ-2-υδροξυ-εθυλμεθακρυλο-πολυβινυλο-πυρολλιδόνης (pHEMA-PVP) ή η γέλη πολυβινυλικής αλκοόλης – βόρακα (PVA-B)
- Βασιζόμενες στο αν η υγρή φάση είναι ένας οργανικός διαλύτης ή νερό:
 - **Οργανογέλες (organogels)**, όπου συνίστανται από ένα υδρόφοβο πολυμερές που διαλύεται σε ένα οργανικό διαλύτη για να σχηματίσει το τρισδιάστατο πλέγμα. Είναι κατάλληλες για αφαίρεση μη πολικών υλικών(πολυμερή χρωστικές και βερνίκια).
 - **Υδρογέλες (hydrogels)**, όπου βασίζονται στα υδρόφιλα πολυμερή και μπορούν να γεμίσουν με πολικά καθαριστικά συστήματα (ένζυμα, διαλύματα αλάτων, χημικά αντιδραστήρια, κ.α). Επομένως, οι υδρογέλες είναι ικανές να αφαιρούν ετεροπολικές εναποθέσεις, όπως τα άλατα.
- Εμπειρικά και πρακτικά, βάσει του ιξώδους και του τρόπου εφαρμογής και αφαίρεσής τους:
 - **Πάστες (pastes)**, γέλες παχύρρευστης κατάστασης όπου δημιουργούν πάστες (καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη, Tylose, Klucel, Carbopol, Velviesil Plus, Pemulens, κ.α)
 - **Στερεές γέλες (rigid gels)**, που δεν εφαρμόζονται σε κάθετες επιφάνειες, παρά μόνο με επεξεργασία και μετατροπή του ιξώδους(άγαρ, κόμμι τζελάν, pHEMA-PVP, κ.α.)
 - **Γέλες αποφλοίωσης (peelable gels)**, όπου εφαρμόζονται ρευστές και αφαιρούνται στεγνές και ενιαίες με χρήση λαβίδας (PVA-B και PVAc-B).

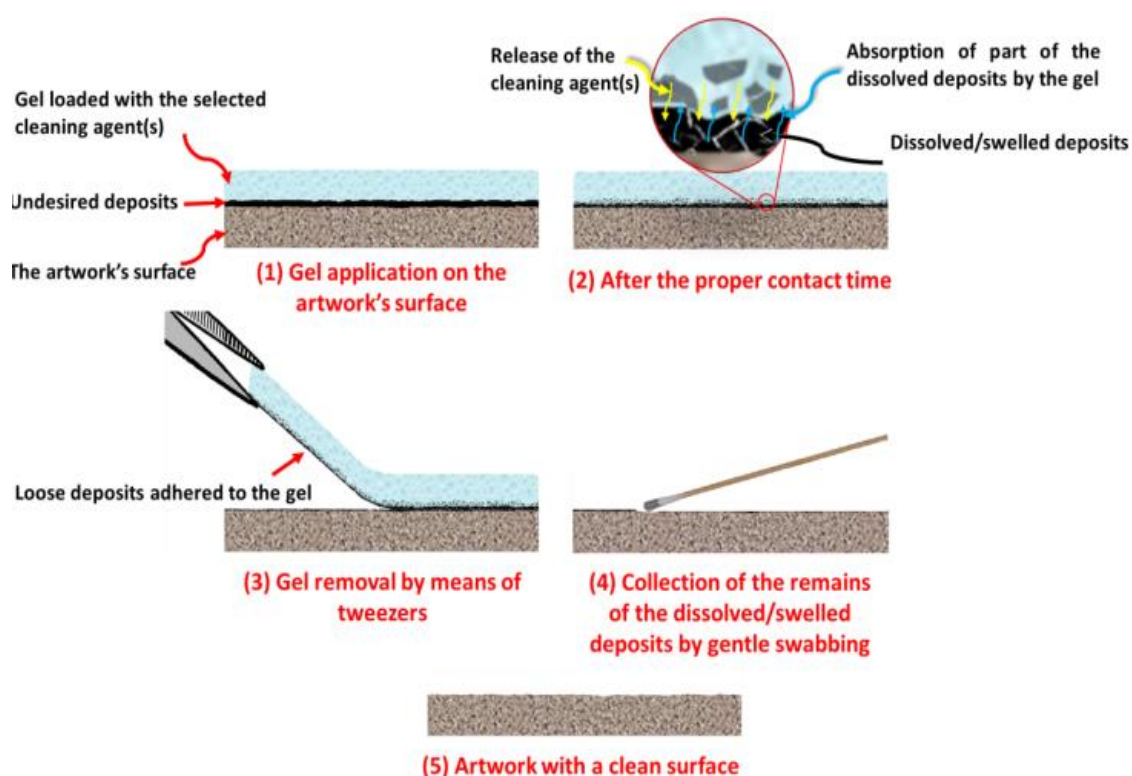
(Baglioni, Chelazzi, & Giorgi, 2015) (Al-Emam, 2021) (Wolbers et al., 2004) (Bartholdy, Klenz Larsen, & Brajer, 2021)

Πλεονεκτήματα

Συμπεριλαμβανομένων όλων των γενικότερων πλεονεκτημάτων της χρήσης φορέων που έχουν αναφερθεί στην εισαγωγή, ο χειρισμός και ο έλεγχος του ρυθμού εξάτμισης και εισροής του συστήματος, είναι πιθανόν τα πιο σημαντικά οφέλη που μπορεί να προσφέρει μία γέλη.

Οι γέλες βασίζονται στην ίδια αρχή λειτουργίας με τους πολτούς, αλλά η ειδοποιός διαφορά έγκειται στο βάθος διεύδυσης του υγρού. Η δράση του συστήματος περιορίζεται στη διεπιφάνεια μεταξύ της ζωγραφικής και του φορέα, ελαχιστοποιώντας την ποσότητα νερού που διεισδύει και παραμένει στο εσωτερικό της τοιχογραφίας.

Η διατήρηση των υγρών στην δομή της γέλης, περιορίζει την επιθετικότητα την καθαριστικής διαδικασίας. Η σταδιακή και ελεγχόμενη απελευθέρωση του συστήματος στην επιφάνεια, προσφέρει ασφάλεια στην τοιχογραφία, καθώς με παύση της διαδικασίας και αφαίρεση τη γέλης, διακόπτεται η δράση στο σύνολό της, χωρίς να έχει απελευθερωθεί όλο το υγρό απευθείας στον τοίχο. (Sansonetti, Bertasa, Canevali, Rabbolini, Anzani, & Scalarone, 2020)



Εικ. 3.3.3: Σχηματική αναπαράσταση των μηχανισμών λειτουργίας του καθαρισμού με γέλες, συγκεκριμένα για αφαίρεση ρύπων. Αντίστοιχη λειτουργία συμβαίνει και για την αφαίρεση αλάτων.

(Al-Emam, 2021)

3.3.1: Κυτταρινικοί αιθέρες

Εισαγωγή

Οι κυτταρινικοί αιθέρες παράγονται με την αιθεροποίηση ομάδων υδροξυλίων της κυτταρίνης. Στη συντήρηση οι κυτταρινικοί αιθέρες επιλέγονται κυρίως για τις συγκολλητικές και ρεολογικές τους ιδιότητες. Είναι συνήθως διαλυτοί στο νερό και στους οργανικούς διαλύτες, έχουν χαμηλό βαθμό πολυμερισμού και πολύ από αυτούς είναι θερμοπλαστικοί. Οι κυτταρινικοί αιθέρες έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στην συντήρηση τοιχογραφιών και ειδικότερα σαν πυκνωτικά μέσα γέλης για την εφαρμογή των ενεργών συστατικών για την αφαίρεση των αλάτων. (Redman, 1999)(Feller&Wilt, 1990)

Cellulose Ether	Brand [®]	Manufacturer
Methylcellulose (MC)	Methocel A	Dow
	Culminal	Aqualon
	Xylose MB	Hoechst
	Methofas M	ICI
Methylhydroxypropylcellulose (MHPC)	Methocel E, F, J, and K	Dow
Sodium carboxymethylcellulose (CMC)	Cellulose Gum	Aqualon
	Cellofas	ICI
	Tylose C	Hoechst
Hydroxypropylcellulose (HPC)	Klucel	Aqualon
Ethylhydroxyethylcellulose (EHEC)	EHEC (organic solvent soluble, OS)	Hercules
	Modocoll E, Ethulose (water soluble, WS)	Mo och Domsjo
Hydroxyethylcellulose (HEC)	Natrosol	Aqualon
	Cellosize	Union Carbide
	Tylose H	Hoechst
Ethylcellulose (EC)	Ethocel	Dow
	Ethylcellulose	Hercules

Εικ. 3.3.1.1: Πίνακας με τα προϊόντα κυτταρινικών αιθέρων, τις εμπορικές τους ονομασίες και τους κατασκευαστές αυτών, που έχουν διαχρονικά εφαρμογή στον τομέα της συντήρησης.

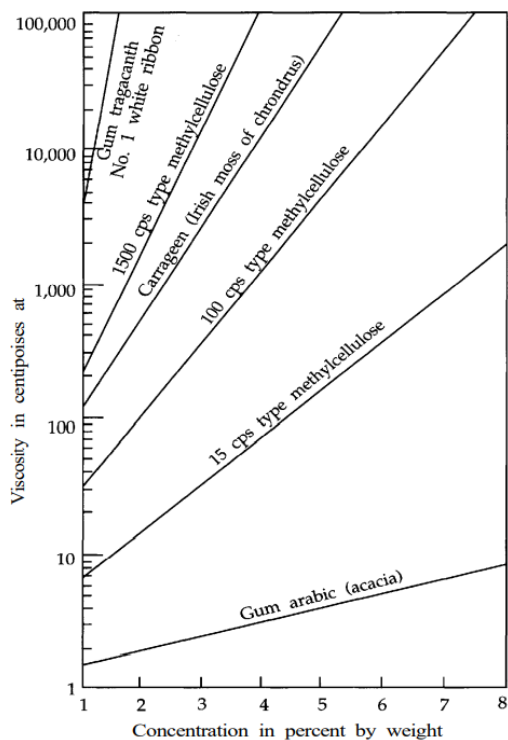
(Feller & Wilt, 1990)

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Στα πλεονεκτήματα των κυτταρινικών αιθέρων περιλαμβάνονται η ημιδιαφάνεια, η καλή προσκόλληση και συνοχή με την επιφάνεια, οι υδρόφιλες ιδιότητες και οι διαλυτότητα κάποιων εξ αυτών σε οργανικούς διαλύτες. Στα μειονεκτήματα περιλαμβάνονται ο σχηματισμός φιλμ, η συστολή κατά το στέγνωμα και ο χρόνος προετοιμασίας. Ο καθαρισμός τους αποτελεί ένα ξεχωριστό πρόβλημα λόγω της προσκόλλησης και συνοχής με την επιφάνεια της τοιχογραφίας, ενώ η παρουσία υπολειμμάτων μπορεί να οδηγήσει σε βιοπροσβολή. (Redman, 1999)

Ιξώδες

Όπως στα περισσότερα προϊόντα πολυμερών, έτσι και στους κυτταρινικούς αιθέρες, μία βασική προδιαγραφή είναι ο βαθμός ιξώδους, ο οποίος παρέχει μία πρόχειρη ένδειξη του μεγέθους των μορίων και του βαθμού πολυμερισμού. Οι κατασκευαστές συνήθως διαθέτουν τα πολυμερή σε υψηλό (H), μέτριο (M) ή χαμηλό (L) βαθμό ιξώδους. Οι μετρήσεις ιξώδους των υδατοδιαλυτών κυτταρινικών αιθέρων βασίζονται γενικά σε διαλύματα περιεκτικότητας 1-2%, συχνά κυμαινόμενα από 20 έως 100.000 centipoise (cP) στους 25°C. Οι συντηρητές συνήθως χρησιμοποιούν τα προϊόντα σε βαθμούς μεταξύ 400-4.000 cP στους 25°C. Στην εικ. 4.1. παρατίθενται τα ιξώδη των διαλυμάτων διαφορετικών ειδών μεθυλοκυτταρίνης συγκριτικά με τα ιξώδη των διαλυμάτων τριών φυσικών κόμμεων που χρησιμοποιούνται στη συντήρηση. (Feller & Wilt, 1990)



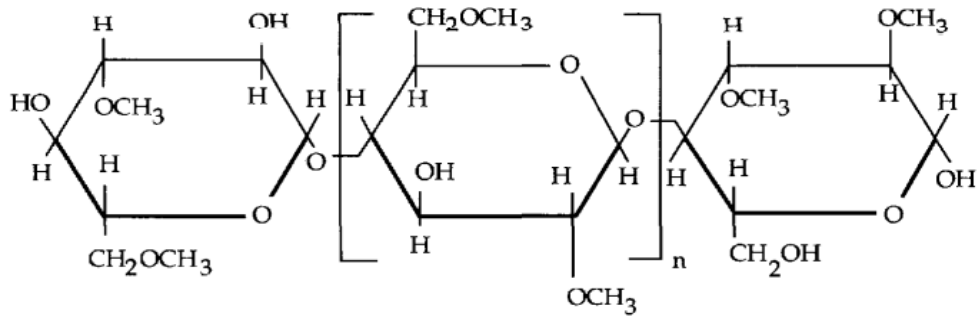
Εικ. 3.3.1.2: Σύγκριση μεταξύ των ιξώδων των διαλυμάτων μερικών τάξεων μεθυλοκυτταρίνης και τριών φυσικών κόμμεων

(Feller & Wilt, 1990)

Μεθυλοκυτταρίνη (MC)

Η μεθυλοκυτταρίνη είναι ένας από τους πιο ευρέως χρησιμοποιούμενους κυτταρινικούς αιθέρες στη συντήρηση. Αυτό το πολυμερές έχει εμφάνιση λευκής πούδρας με ελάχιστη έως καθόλου οσμή και γεύση. Συνίσταται από την αντίδραση αιθεροποίησης μεταξύ της κυτταρίνης και ενός αιθεροποιητή, το χλωρομεθάνιο. Η μεθυλοκυτταρίνη δεν έχει ιοντικό φορτίο και έτσι το ιξώδες των διαλυμάτων της επηρεάζεται ελάχιστα από το pH. Ωστόσο, μικρές ποσότητες αλάτων μπορούν να αυξήσουν το ιξώδες των διαλυμάτων της. Θεωρείται σταθερή για πολλές πρακτικές εφαρμογές για ένα εύρος pH από 3 έως 11, αν και σε κυτταρίνη, η υψηλή οξύτητα ή αλκαλικότητα μπορεί να οδηγήσει σε ελάττωση του μοριακού της βάρους. Ο βαθμός της κατακράτησης νερού κυμαίνεται από 5 έως 12% κατά βάρος. Σε ένα υδατικό διάλυμα, η μεθυλοκυτταρίνη δεν θα στηρίξει την ανάπτυξη μικροοργανισμών, ούτε όμως θα αναστείλει αυτή την ανάπτυξη αν τα υδατικά διαλύματα είναι ήδη μολυσμένα. Στον τομέα της συντήρησης χρησιμοποιείται πρωτίστως ως πηκτικό μέσο αλλά και ως συγκολλητικό. Ο κυρίως διαλύτης της μεθυλοκυτταρίνης είναι το νερό. Ο μηχανισμός διάλυσης για τη μεθυλοκυτταρίνη περιλαμβάνει τη διόγκωση και την ύγρανση. Δεν υπάρχει ένα ακριβές όριο στη διαλυτότητα (κορεσμός) όπως με τα άλατα. Πρακτικά, η συγκέντρωση είναι περιορισμένη πρωτίστως από το ιξώδες, όπου ο συντηρητής πρέπει να χει γνώση του υλικού για να το χειριστεί. Τα διαλύματα μεθυλοκυτταρίνης έχουν μία θερμοκρασία γελοποίησης στους 55°C και επομένως, η σκόνη είναι αδιάλυτη σε καυτό νερό πάνω από αυτή τη θερμοκρασία. Η καλύτερη διάλυση αυτού του πολυμερούς γίνεται στο νερό από 0 έως 5°C.

Ίσως το πιο αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό των διαλυμάτων μεθυλοκυτταρίνης είναι η ικανότητά τους να δημιουργούν γέλες όταν θερμαίνονται και να δημιουργούν πάστες με ένα αναστρέψιμο τρόπο όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη. Η απλή εξήγηση που συνήθως δίνεται είναι ότι τα μόρια νερού που συσχετίζονται με τη μεθυλοκυτταρίνη, διευκολύνουν τη διάλυση. Όταν αυξάνεται η θερμοκρασία (ή όταν προστίθενται άλατα) αυτή η συσχέτιση μειώνεται ως ένα βαθμό στον οποίο το πολυμερές διαχωρίζεται. (Feller & Wilt, 1990)

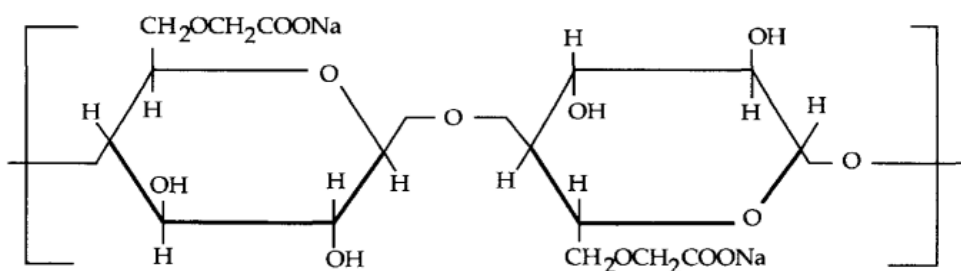


Εικ. 3.3.1.3: Αναπαράσταση της μοριακής δομής της μεθυλοκυτταρίνης (MC)
(Feller&Wilt, 1990)

Καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη (CMC)

Αυτό το υδατοδιαλυτό πολυμερές, που εισήχθη το 1947, φτιάχνεται από την αντίδραση μονοχλωροοξικού νατρίου με αλκαλικά αποδομημένη κυτταρίνη. Πωλείται σχεδόν πάντα σαν άλας νατρίου, αλλά από το να χρησιμοποιείται η μεγαλύτερη ονομασία νάτριο καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη (NaCMC), συνήθως αποκαλείται απλά ως καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη (CMC). Μέχρι το 1973 υπήρχαν τουλάχιστον σαράντα κατασκευαστές παγκοσμίως, όπου πολλοί εξ αυτών παρήγαγαν μόνο μία κάπως ακάθαρτη τεχνική τάξη. Το πολυμερές στον τομέα της συντήρησης είναι διαθέσιμο σε καθαρότητα 99,5% σε CMC. Κατά την παραγωγή, η καθαρότητα του ακατέργαστου προϊόντος επιτυγχάνεται μέσω αφαίρεσης των ρυπαρών αλάτων με υδατοαλκοολούχα μείγματα χωρίς να διαλύεται το πολυμερές.

Ο συγκεκριμένος αιθέρας έχει ένα υψηλό υγρασιακό περιεχόμενο κυμαινόμενο πάνω από το 20% του βάρους του ή ψηλότερα σε ένα περιβάλλον με πολύ υψηλή σχετική υγρασία. Η καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη υπόκειται σε ενζυμική προσβολή, αλλά είναι συγκριτικά ανθεκτική σε βακτηριακή ανάπτυξη, λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς της σε νάτριο. Η καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη είναι διαλυτή είτε σε ζεστό είτε σε κρύο νερό και αδιάλυτη σε οργανικούς διαλύτες. Διαλύεται γρήγορα στο νερό αλλά έχει την τάση να σχηματίζει σβώλους, επομένως την ώρα της προσθήκης της σκόνης στο νερό πρέπει να γίνεται παράλληλη ανάδευση. Ο ρυθμός της προσθήκης πρέπει να είναι αρκετά αργός, τόσο ώστε να επιτρέπει το διαχωρισμό και την ύγρανση των σωματιδίων, αλλά αρκετά γρήγορος τόσο ώστε να ελαχιστοποιεί την ταχεία πήξη του διαλύματος. Το ιξώδες των διαλυμάτων καρβοξυμεθυλοκυτταρίνης επηρεάζεται από διαλυμένες ουσίες όπως τα άλατα, όπου δισθενή και τρισθενή κατιόντα μπορούν να δημιουργήσουν ίζημα CMC. Αν ένα άλας είναι διαλυμένο στο νερό πριν από την προσθήκη της καρβοξυμεθυλοκυτταρίνης, το άλας αναστέλλει το διαχωρισμό των κρυστάλλινων περιοχών και το προκύπτον διάλυμα θα έχει ένα πολύ χαμηλότερο ιξώδες. Ωστόσο, αν το πολυμερές διαλυθεί πρώτο, η ακόλουθη προσθήκη NaCl θα έχει μόνο μία μικρή επίδραση στο ιξώδες. Επομένως, είναι ωφέλιμο για το ιξώδες και το σύστημα γενικότερα, να προστεθούν τα όποια αντιδραστήρια ανθρακικών αλάτων μετά την δημιουργία του φορέα. (Feller&Wilt, 1990)



Εικ. 3.3.1.4: Αναπαράσταση της μοριακής δομής της καρβοξυμεθυλοκυτταρίνης (CMC)
(Feller&Wilt, 1990)

3.3.2: Υδρογέλες

Ο όρος «υδρογέλη» εισήχθηκε το 1894 από τον Van Bemmelen για να αναφερθεί σε μία παχύρρευστη γέλη ανόργανων αλάτων. Το 1960, οι Wichterle και Lim δημοσίευσαν ένα άρθρο στο Nature για την σύνθεση των πόλυ-2-υδροξυεθυλμεθακρυλικών (p(HEMA)) γελών, όπου τις περιέγραφαν με τον ίδιο τρόπο που είναι γνωστές σήμερα, ως υδροδιογκωμένα, ελαστικά και μαλακά υλικά. Χρησιμοποιούσαν τις γέλες σε εφαρμογές μόνιμης επαφής με ζωντανό ιστό χωρίς να προκαλούν ερεθισμό και αυτό συντέλεσε στην αρχή της κατασκευής των φακών επαφής. (Wichterle&Lim, 1960)

Οι υδρογέλες γενικά, αποτελούνται από ένα τρισδιάστατο δίκτυο πολυμερικών αλυσίδων. Κατά τη διαδικασία της γελοποίησης, οι αλυσίδες του υλικού ενώνονται για να δημιουργήσουν προοδευτικά μεγαλύτερες διακλαδώσεις πολυμερών. Στην αρχική φάση, το πολυμερές υλικό είναι ακόμη διαλυτό (υδρόλυμα). Όσο η διαδικασία συνεχίζεται, ο αριθμός των διακλαδισμένων αλυσίδων αυξάνεται και τελικά το πολυμερές γίνεται αδιάλυτο.

Λόγω των υδρόφιλων ιδιοτήτων των πολυμερών, οι γέλες μπορούν να περιέχουν μεγάλες ποσότητες νερού και κατέχουν επίσης, πολύ καλές ιδιότητες συγκράτησης του νερού. Επομένως, η απελευθέρωση νερού με την εφαρμογή σε μία επιφάνεια θα είναι περιορισμένη, αλλά επαρκής ώστε να οδηγήσει τα επιφανειακά άλατα σε διάλυση. Αυτές οι ιδιότητες κάνουν τις υδρογέλες εξαιρετικά ενδιαφέρουσες όσον αφορά την αφαίρεση αλάτων από τοιχογραφίες. Λόγω του ότι η διάλυση των αλάτων θα είναι μόνο επιφανειακή, η μέθοδος είναι πρωτίστως κατάλληλη για περιπτώσεις όπου τα άλατα έχουν συσσωρευτεί στα πρώτα χιλιοστά της τοιχογραφίας, καθώς η περιορισμένη ποσότητα νερού αποτρέπει τη διασπορά του συστήματος βαθύτερα στην τοιχοποιία. (Bartholdy, KlenzLarsen, & Brajer, 2021)(Rubinstein&Colby, 2003)Επιπλέον, καθώς οι γέλες απελευθερώνουν μία πιο πολύ ελεγχόμενη ποσότητα υγρασίας στον τοίχο, η μέθοδος αποφεύγει τα μειονεκτήματα των κυτταρινικών πολτών που αφορούν την ανάπτυξη μικροοργανισμών, καθώς και την αναδιανομή αλάτων στην τοιχοποιία. (Bartholdy, KlenzLarsen, & Brajer, 2021)

Στο πεδίο της αφαίρεσης αλάτων βρίσκουν εφαρμογή δύο υδρογέλες, η γέλη άγαρ και η γέλη πολυβινυλικής αλκοόλης – βόρακα. Αν και δεν αποτελούν πρώτη επιλογή των συντηρητών για το αντικείμενο της τοιχογραφίας, η έρευνα τα τελευταία χρόνια έχει δείξει πως με κατάλληλη τροποποίηση ορισμένων ιδιοτήτων τους, μπορούν να κερδίζουν συνεχώς περισσότερο έδαφος και σε αυτό το πεδίο.

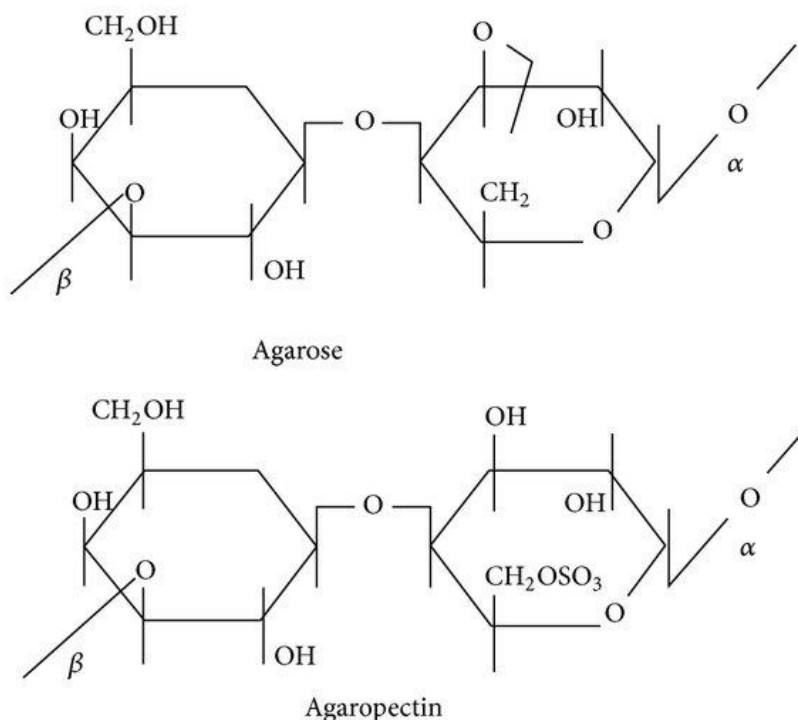
3.3.2.1: Άγαρ

Εισαγωγή

Το άγαρ είναι ένας φυσικός πολυσακχαρίτης που εξάγεται από διάφορα είδη φυκιών. Σε μοριακό επίπεδο, αποτελείται από δύο πολυσακχαρίτες: την αγαρόζη, που σχηματίζει περίπου το 70% του μείγματος και έχει τη μεγαλύτερη τάση δημιουργίας γέλης και την ηκηκίνη. Η αυστηρώς διατεταγμένη πολυμερική δομή και των δύο αυτών μορίων αποτελείται από εναλλασσόμενα μόρια γαλακτοπυρόζης τα οποία σχηματίζουν μονάδες αγαροβιόζης. (LeeScott, 2012)

Το ξηρό άγαρ, είτε σε σκόνη είτε σε νιφάδες, είναι αδιάλυτο στο κρύο νερό, ενώ διαλύεται εύκολα σε νερό θερμοκρασίας μεγαλύτερης των 85°C. Είναι ικανό να σχηματίζει ημιάκαμπτες, θερμοαναστρέψιμες και υδρόφιλες γέλες, απλώς με ανάμειξη και θέρμανση της κονιοποιημένης μορφής (σκόνη άγαρ) με νερό. Κατά το κρύωμα, οι αλυσίδες άγαρ τακτοποιούνται σε μία διατεταγμένη δομή, όπου σύνολα ομοαξονικών ελίκων σχηματίζουν τους κόμβους του τρισδιάστατου δικτύου γέλης. Τυπικά, η ελάχιστη θερμοκρασία που απαιτείται ώστε να διασταυρωθούν οι πολυμερικές αλυσίδες, το απαραίτητο δομικό χαρακτηριστικό μίας γέλης, είναι οι 85°C. Οι γέλη τελικώς θα σχηματιστεί όταν η θερμοκρασία του διαλύματος πέσει κάτω των 40°C. Όταν κρυώσει, είναι εύκολο με αναθέρμανση να επιστρέψει στην

παχύρευση κατάσταση, μία διαδικασία που μπορεί να επαναληφθεί πολλές φορές δίχως να αλλάζουν οι ιδιότητες εργασιμότητας της γέλης (αν και η απώλεια νερού μέσω τη εξάτμισης θα πρέπει να αναπληρώνεται για κάθε αναθέρμανση). (LeeScott, 2012)



Εικ. 3.3.2.1.1: Οι χημικές δομές των δύο υπομονάδων του άγαρ, της αγαρόζης (πάνω) και της ηκτινής (κάτω) (Varshosaz, Reza Zaki, Minaian, & Banoozadeh, 2015)

Συγκέντρωση

Εμπειρικά, βάσει συγκεκριμένων επεμβάσεων σε άλατα, ένα κατάλληλο εύρος συγκέντρωσης άγαρ είναι 2,5-5 g στα 100 ml απιονισμένου νερού. Τα καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται με επαναδιάλυση της γέλης μετά από αρχική στερεοποίηση, καθώς η δεύτερη θέρμανση η οποία είναι ταχύτερη της πρώτης, τροποποιεί μερικώς τη γέλη και την ομογενοποιεί περισσότερο, βελτιώνοντας τις ιδιότητες διατήρησης του νερού. (Cremonesi, 2013). Οι γέλες που φτιάχνονται με μία υψηλή περιεκτικότητα σε άγαρ (4-6% w/v), έχουν μία πιο αργή απελευθέρωση και μία χαμηλότερη διατήρηση του περιεχομένου(είτε νερό είτε διάλυμα ενεργών συστατικών), συγκριτικά με αυτές που φτιάχνονται με χαμηλότερη περιεκτικότητα σε άγαρ (1-3%w/v). (Wolbers, 2000) (Iannuccelli&Sotgiou, 2010)

Πάχος

Το πάχος συνήθως ποικίλει στη κλίμακα των χιλιοστών, βασιζόμενο στον τρόπο εφαρμογής και τη μορφολογία της επιφάνειας. Οι άκαμπτες γέλες άγαρ είναι συνήθως οι πιο παχιές φτάνοντας το 1 εκατοστό. Εμπειρικά, από τις μέχρι στιγμής εφαρμογές, έχει παρατηρηθεί ότι το πάχος της γέλης επηρεάζει σημαντικά την απελευθέρωση της υγρής φάσης αλλά και γενικότερα την όλη συμπεριφορά και αποτελεσματικότητα αυτής. Ωστόσο, αυτό το θέμα δεν είναι επιστημονικά αποδεδειγμένο από μία συστηματική μελέτη που να στοχεύει στη διευκρίνιση του συσχετισμού μεταξύ του πάχους και μίας ποσοτικής αξιολόγησης του απελευθερωμένου υγρού, στην περίπτωση που απαιτείται η εφαρμογή γελών για παρατεταμένο χρόνο επαφής, το πάχος αυτών να είναι πιο προσεκτικά ελεγχόμενο ώστε να αποτρέπεται το στέγνωμα της γέλης πάνω στην τοιχογραφία. Ο χρόνος ξήρανσης μίας γέλης δεν επηρεάζεται αποκλειστικά από το πάχος της, αλλά και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν στο χώρο. Ακόμα και σε πάχος λιγότερο των 2

χιλιοστών, σε σχετική υγρασία περιβάλλοντος 50%, η γέλη άγαρ μπορεί να μείνει υγρή για περισσότερο από οχτώ ώρες χωρίς να είναι καλυμμένη. Καλύπτοντας τη γέλη, μπορεί να επιμηκυνθεί η περίοδος ξήρανσης για αρκετές μέρες, αν και όμως πρέπει να σημειωθεί το αυξημένο ρίσκο της ανάπτυξης μυκήτων με εκτεταμένη περίοδο εφαρμογής, αλλά και για πολλαπλές επαναλαμβανόμενες εφαρμογές. (LeeScott, 2012)

Η φύση αυτών των γελών, μαρτυρά τον βασικό περιορισμό της εφαρμογής τους: από τη στιγμή που είναι στερεές, ίσως είναι δύσκολο να επιτευχθεί καλή επαφή με επιφάνειες που δεν είναι απόλυτα επίπεδες, ακόμα και αν μειωθεί το πάχος της γέλης. Γι' αυτό το λόγο έχει αναπτυχθεί εμπειρικά ένας νέος τρόπος εφαρμογής, όπου καθώς το άγαρ διαλύεται στο νερό σε κατάλληλη θερμοκρασία, το διάλυμα κρυσταλλώνει στους 40-45°C και επιτυγχάνεται μία ημιστερεή κατάσταση (πάστα), φυσικά σε πολύ λεπτότερα στρώματα απ' ότι οι στερεές γέλες, όπου επιτρέπει την εφαρμογή με πινέλο σε κάθετες ή ανάγλυφες περιοχές όπως αυτές των τοιχογραφιών. (Cremonesi, 2013)

Ιξώδες και θερμοκρασία

Γενικά, οι ικανότητες προσκόλλησης του άγαρ είναι υψηλές, αλλά με εφαρμογή σε τραχιές επιφάνειες, χωρίς κάποια τροποποίηση τυπικά μπορούν να μειωθούν. Τα υδατικά διαλύματα του άγαρ παρουσιάζουν μία μεταβολή στο ιξώδες της γέλης στο θερμοκρασιακό εύρος από 32°C έως 47°C. Ως εκ τούτου, η χρήση γέλης άγαρ σε θερμοκρασία δωματίου επιτρέπει την εφαρμογή στη στερεή μορφή (rigid gels), κόβοντας τη σε τεμάχια του επιθυμητού σχήματος και τοποθετώντας τη σε επίπεδες επιφάνειες, οπότε και ακατάλληλη για εφαρμογή στις κάθετες επιφάνειες των τοιχογραφιών.

Για να αποφευχθούν τα προβλήματα προσκόλλησης των στερεών γελών άγαρ, τόσο μέσω ερευνών όσο και εμπειρικά, οδηγούμαστε στη χρήση των γελών σε ημιστερεή κατάσταση, δηλαδή αυτή της πάστας. (Bosch-Roig, Lustrato, Zanardini, & Ranalli, 2014). Τα ζεστά διαλύματα άγαρ μπορούν να εφαρμοστούν σαν παχύρρευστα υγρά, με το ιξώδες να βασίζεται στη θερμοκρασία διαλύματος και στη συγκέντρωση του άγαρ. Έρευνες που διεξήχθησαν το 2013 παρουσίασαν επίσης την καταλληλότητα του ημιστερεού άγαρ για εφαρμογή σε εύθραστες επιφάνειες τοιχογραφιών χρησιμοποιώντας χαμηλές συγκεντρώσεις άγαρ, μικρούς χρόνους επέμβασης (2-30 λεπτά) και πολύ παχιά στρώματα (ώστε να μπορούν να αφαιρεθούν στην ημιστερεά μορφή). (Tortajada Hernando & Blanco Dominguez, 2013) (Bosch-Roig, Lustrato, Zanardini, & Ranalli, 2014). Ακόμα, μία περαιτέρω ανάπτυξη που οδήγησε σε ένα ευρύτερο πεδίο εφαρμογής όσον αφορά τις θερμοκρασιακά ευαίσθητες ζωγραφικές επιφάνειες, αποτελείται από τη χρήση και ανάμειξη διαφορετικών ειδών άγαρ με μία χαμηλότερη θερμοκρασία γελοποίησης, δηλαδή περίπου στους 28-30°C. Η ημιστερεή κατάσταση, που απαιτούνταν για εφαρμογή με πινέλο, επιτυγχάνεται έπειτα στους 35°C. Αυτή η χαμηλότερη θερμοκρασία είναι ασφαλέστερη για εφαρμογή σε πιο ευαίσθητες, σε υψηλές θερμοκρασίες, ζωγραφικές επιφάνειες. (Cremonesi, 2013)

Προετοιμασία και εφαρμογή

Η διαδικασία της προετοιμασίας μίας γέλης άγαρ είναι σχετικά απλή. Η σκόνη άγαρ αναμειγνύεται με κρύο νερό και στη συνέχεια το μείγμα θερμαίνεται. Η θέρμανση μπορεί να γίνει είτε σε μικροκύματα, είτε σε θερμαινόμενη πλάκα (μπενμαρί), διασφαλίζοντας ότι το διάλυμα έχει αναμειχθεί αρκετά καλά πριν και κατά τη διάρκεια της διαδικασίας θέρμανσης. Το άγαρ αφήνεται να κρυσταλλώσει έως την επιθυμητή κατάσταση αναλόγως του πεδίου που πρόκειται να εφαρμοστεί.

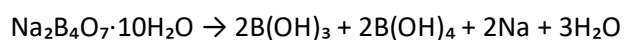
Η αφαίρεση της γέλης μετά την επέμβαση είναι απλή υπόθεση: το μόνο που χρειάζεται είναι η ανασήκωση σε μία ακμή της γέλης και έπειτα τράβηγμα ώστε να ξεφλουδιστεί πλήρως από την επιφάνεια. Η απαλότητα και ελαστικότητα της γέλης οδηγεί σε ολοκληρωμένη αφαίρεση. Οποιοδήποτε μικρό υπόλειμμα, ιδιαίτερος περιμετρικά των ακμών, έχει

την τάση να αποσπάται από την επιφάνεια μετά την ξήρανση. Τυπικά, η γέλη αφαιρείται πριν στεγνώσει εντελώς, αλλά αν αυτό δεν συμβεί, τα μέχρι στιγμής στοιχεία δεν έχουν υποδείξει αυξημένο ρίσκο φθοράς της επιφάνειας. Αντιθέτως, έχει προταθεί ακόμα και το πλήρες στέγνωμα της γέλης πάνω στη επιφάνεια αν υπάρχει ανάγκη αφαίρεσης αλάτων που έχουν εισχωρήσει σε βάθος. Επιπλέον, για να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα διείσδυσης των αλάτων βαθύτερα στην τοιχογραφία, είναι επίσης χρήσιμο να αφεθεί η γέλη μέχρι να στεγνώσει τελείως. Σε κάθε περίπτωση, το σχηματιζόμενο στην επιφάνεια φιλμ άγαρ, μπορεί εύκολα να αφαιρεθεί. (Cremonesi, 2013) (Anzani, και συν., 2008) Πρόσφατες έρευνες έχουν αποδείξει ότι μετά την εφαρμογή άγαρ σε πορώδεις επιφάνειες έργων τέχνης δεν παρατηρήθηκαν υπολείμματα (με FTIR και φασματομετρία μάζας). (Cremonesi, 2013) (TortajadaHernando&BlancoDominguez, 2013) Το άγαρ έχει επίσης το πλεονέκτημα ότι διατηρεί τις υδατοδιαλυτές ουσίες σαν ένα σφουγγάρι, ελαχιστοποιώντας την παρουσία υπολειμμάτων μετά την επέμβαση, αποκτώντας περισσότερη δημοφιλία στην ικανότητα αφαίρεσης διαλυτών αλάτων. (Cremonesi, 2013) (Anzani, et al., 2008)

3.3.2.2: PVA-B

Εισαγωγή

Τα συστήματα πολυβινυλικής αλκοόλης – βόρακα γνωστά ως υδρογέλες PVA-B (*polyvinylalcohol – boraxhydrogelsystems*), τα οποία συνθέτονται από τη σταυροσύνδεση του πολυμερούς PVA ((C₂H₄O)_n) με τον βόρακα (Na₂[B₄O₅(OH)₄]·8H₂O), μπορούν να χρησιμεύσουν ως εναλλακτικοί φορείς συστημάτων αφαίρεσης αλάτων στη συντήρηση τοιχογραφιών. Το PVA χαρακτηρίζεται από ένα μεγάλο αριθμό υδροξυλομάδων κατά μήκος της δομικής του σπονδυλικής στήλης. Μεταξύ αυτών των υδροξυλομάδων σχηματίζονται διαμοριακοί και ενδομοριακοί δεσμοί υδρογόνου. Έτσι, ο αριθμός των υδροξυλομάδων έχει μία σημαντική επιρροή στις ιδιότητες του PVA. Σε υδατικά διαλύματα PVA, απαιτείται θέρμανση για να βελτιωθεί η διαδικασία διάλυσης ειδικά στην περίπτωση του PVA με ένα υψηλό βαθμό υδρόλυσης (περιέχοντας περισσότερες υδροξυλομάδες). Συνήθως, σαν σταυροσυνδέτης για τις υδρογέλες PVA-borax χρησιμοποιείται το δεκαένυδρο τετραβορικό νάτριο. (Sousa, Souza, Uknalis, Liu, Goncalves, &Liu, 2015)(Koski, Yim, &Shivkumar, 2004) Όταν είναι διαλυμένο στο νερό, διαχωρίζεται για να σχηματίσει ίσα ποσά βορικού οξέος [B(OH)₃]⁺, τετραύδροξυ βορικού οξέος [B(OH)₄]⁻ και νατρίου (Na⁺), όπως φαίνεται στην ακόλουθη εξίσωση (Mathias, Desa, &Aswal, 2018):



Χαρακτηριστικά λειτουργίας

Οι φορείς PVA-B χαρακτηρίζονται από μία ιξωδοελαστική συμπεριφορά, όπου από ρεολογική άποψη, δεν θεωρούνται ως πραγματικές γέλες. Ωστόσο, λόγω του βασικού μηχανισμού λειτουργίας και χάριν ευκολίας, αναφέρονται ως υδρογέλες, όπου είναι ένας όρος όπου χρησιμοποιείται ευρέως στην κοινότητα της συντήρησης. Η ευκαμψία αυτών των συστημάτων διευκολύνει την προσαρμογή τους σε επιφάνειες με τραχιά και ανώμαλη μορφολογία. Ακόμη, μπορούν να αποκολλούνται από την επιφάνεια ως ένα ενιαίο κομμάτι με χρήση λαβίδας. Παρολ'αυτά υπάρχουν κάποια όρια σχετικά με τις επιφάνειες όπου οι υδρογέλες PVA-B μπορούν να εφαρμοστούν. (Angelova, Terech, Natali, Dei, Carretti, & Weiss, 2011) (Angelova, Ormsby, & Richardson, 2016) (Angelova, Matarrese, Fratini, Weiss, Dei, & Carretti, 2018) (Angelova, Carretti, Berrie, & Weiss, 2017)

Ιδιότητες

Η γέλη χαρακτηρίζεται από τις ακόλουθες ιδιότητες (Al-Emam, Motawea, Caen, & Janssens, 2021):

- a) Είναι εύκαμπτη με δυνατότητα προσαρμογής του σχήματος της σε περίπλοκες επιφάνειες όπως αυτές των τοιχογραφιών όπως είναι πορώδεις και περιέχουν υπολείμματα χρωστικών.
- b) Παρουσιάζει καλή σταθερότητα όταν εφαρμόζεται σε κάθετες ζωγραφικές επιφάνειες για εκτεταμένη περίοδο επαφής, ιδιότητα που είναι απαραίτητη για μία γέλη ώστε να είναι χρήσιμη και εφαρμόσιμη στο πεδίο της συντήρησης τοιχογραφιών, όπου τα περισσότερα νέα εναλλακτικά συστήματα στερεών γελών δεν έχουν επιτύχει μέχρι στιγμής.
- c) Έχει καλή συγκράτηση υγρών, μία απαραίτητη ιδιότητα που απαιτείται σε μέρη όπου χαρακτηρίζονται από αυξημένη θερμοκρασία και πολύ χαμηλά επίπεδα σχετικής υγρασίας.

ΕΝΟΤΗΤΑ 3.4: Σύνοψη– Συμπεράσματα

Σε αυτό το κεφάλαιο έγινε μία καταγραφή της λειτουργίας και του ρόλου που επιτελούν οι φορείς στις μεθόδους αφαίρεσης αλάτων, των δύο βασικών ομάδων φορέων, καθώς και των προϊόντων σύνθεσής τους.

Συμπερασματικά, γίνεται κατανοητός, ο πρωτεύων ρόλος που κατέχουν οι φορείς στην αφαίρεση των αλάτων, οι οποίοι δεν συμβάλλουν μόνο μεταφορικά, όπως δηλώνει ετυμολογικά το όνομα τους, αλλά και λειτουργικά, κάτι που τους καθιστά απαραίτητους στη δημιουργία ενός συστήματος αφαίρεσης αλάτων. Η συμμετοχή του φορέα σε ένα σύστημα κρίνεται αναγκαία, καθώς υποβοηθά και βελτιώνει τη διαλυτική δράση του νερού.

Φαίνεται πως οι γέλες εξυπηρετούν περισσότερο τη λειτουργία των αντιδραστηρίων, γεγονός που οφείλεται στην ελεγχόμενη απελευθέρωση και τον περιορισμό της υγρής φάσης στην επιφάνεια. Αντιθέτως, οι πολλοί προσφέρουν ιδανικότερες συνθήκες απελευθέρωσης και διείσδυσης, ώστε να μπορεί να είναι το νερό λειτουργικό ενάντια στα άλατα. Σαφώς, αυτό δεν αποτελεί κάποιο κανόνα, αλλά μία διαπίστωση από τη σύγκριση των ιδιοτήτων απελευθέρωσης και διατήρησης της υγρής φάσης, μεταξύ των δύο ειδών φορέων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Αντιδραστήρια συστημάτων καθαρισμού

Μαζί με τα πηκτικά μέσα και το νερό, όπου αναλύθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, τα αντιδραστήρια συνθέτουν τα βασικά υλικά των συστημάτων αφαίρεσης αλάτων. Τα αντιδραστήρια χρησιμοποιούνται προκειμένου να αφαιρεθούν δυσδιάλυτα άλατα, που από μόνο του το νερό θα δυσκολεύονταν να αφαιρέσει.

Στο παρελθόν, οι συντηρητές χρησιμοποιούσαν ως επί το πλείστον σαν αντιδραστήρια καθαρισμού μία μεγάλη παλέτα φυσικών και κοινών καθημερινών υλικών, όπως τα βιολογικά υγρά (σάλιο, χολή, ακόμα και ούρα), τα βρώσιμα συστατικά (κρασί, σκόρδο, ψωμί και καυτό λάδι), τη στάχτη και τα ζωικά σαπούνια. Κάποια από αυτά τα υλικά, πράγματι περιέχουν επιφανειοδραστικές ουσίες, ένζυμα και χηλικά μέσα, τα οποία είναι παρόμοια με τα σύγχρονα αντιδραστήρια που χρησιμοποιούνται στις σημερινές εξελιγμένες καθαριστικές συνθέσεις. (Baglioni, Poggi, Chelazzi, & Baglioni, 2021)(Romão, Alarcão, & Viana, 1990) Ωστόσο, τα υλικά καθαρισμού που σχεδιάστηκαν συγκεκριμένα για τη συντήρηση των τοιχογραφιών αναπτύχθηκαν και πρωτοεφαρμόστηκαν στις δεκαετίες του 1970-1990, εστιάζοντας στη συνδυαστική δράση του νερού και ορισμένων αντιδραστηρίων ώστε να καταφέρουν να διαλύσουν και να αφαιρέσουν αποτελεσματικά τα άλατα. (Hackney, 2013)

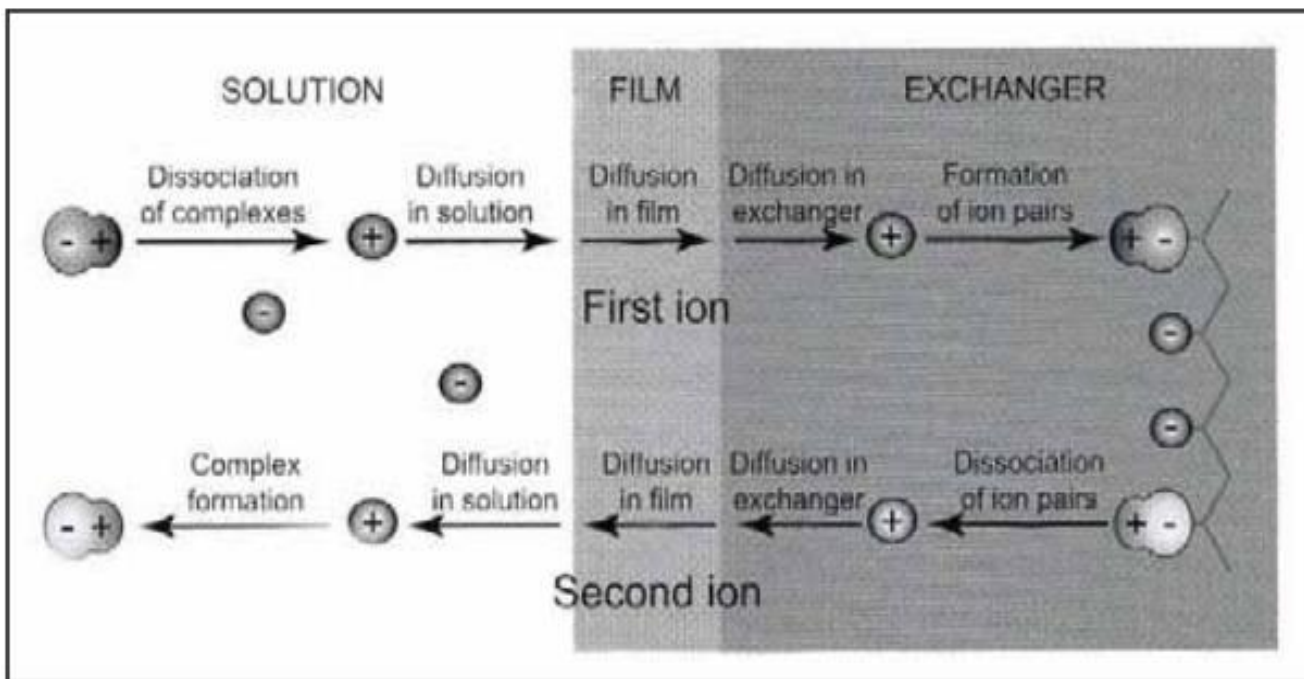
Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιούνται στην αφαίρεση των αλάτων από τις τοιχογραφίες ανήκουν σε δύο ευρύτερες κατηγορίες: τους **ιοντοεναλλάκτες** και τα **χημικά αντιδραστήρια**. (Wolbers, και συν., 2004) (Baglioni, Chelazzi, & Giorgi, 2015). Στο κεφάλαιο που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα βασικά αντιδραστήρια που συμμετέχουν στη διαδικασία αφαίρεσης αλάτων από τοιχογραφίες και ο μηχανισμός λειτουργίας τους. Τέλος, γίνεται μία σύνοψη όσον αφορά το συνδυασμό αυτών των αντιδραστηρίων προς σχηματισμό **συστημάτων αφαίρεσης αλάτων**.

ΕΝΟΤΗΤΑ 4.1: Ιοντικοί εναλλάκτες

Εισαγωγή

Η ιοντική ανταλλαγή είναι μία ανταλλαγή ιόντων μεταξύ δύο ηλεκτρολυτών. Όλη η διαδικασία ιοντοανταλλαγής συνοψίζεται στα ακόλουθα στάδια και περιγράφεται αναλυτικά στην εικ. 3.2.1 (Zagorodni, 2007) :

1. Εισαγωγή των ιοντοεναλλακτών σε ένα φορέα
2. Εφαρμογή του συστήματος στην τοιχογραφία
3. Διάχυση των ιόντων ανταλλαγής μέσω του νερού από το φορέα στην τοιχογραφία
4. Διάλυση των αλάτων της τοιχογραφίας από το νερό
5. Ανταλλαγή των ιόντων του εναλλάκτη με αυτά των αλάτων της τοιχογραφίας
6. Μεταφορά των νέων προϊόντων πίσω στο φορέα



Εικ. 4.1.1: Περίληψη της διαδικασίας ιοντοανταλλαγής

(Zagorodni, 2007)

Οι ιοντικοί εναλλάκτες είναι φυσικές ή συνθετικές ουσίες, οι οποίες σε υδατικά διαλύματα είναι ικανές να ανταλλάξουν ιόντα μέσα στη δομή τους με ισοδύναμες ποσότητες φορτίου άλλων ιόντων. Μπορούν να είναι κατιοντικοί, ανταλλάσσοντας θετικά φορτισμένα ιόντα(κατιόντα), ανιοντικοί, ανταλλάσσοντας αρνητικά φορτισμένα ιόντα(ανιόντα) ή και επαμφοτερίζοντες, που μπορούν να ανταλλάξουν ταυτόχρονα κατιόντα και ανιόντα μαζί. (Berlucchi, GinnaniCorradini, Bonomi, Bemporad, & Tisato, 2000) Επίσης ταξινομούνται είτε ως αδύναμοι ή ισχυροί, βάσει της ισχύος των όξινων ή βασικών ομάδων που υπάρχουν στην πολυμερική αλυσίδα. (Guidetti&Uminski, 2000)(Fiorentino,

Marabelli, Matteini, & Moles, 1982) Μπορούν να εμφανιστούν σε πολλές μορφές: άμμοι, άργιλοι, ρητίνες και ζωντανοί οργανισμοί. (Zagorodni, 2007) (Fiorentino, Marabelli, Matteini, & Moles, 1982)

Η δομή τους φτιάχνεται από μία μήτρα στην οποία σταθερές ιοντικές ομάδες, σε ισορροπία με ένα αντίθετα φορτισμένο ιόν, είναι ομοιοπολικά συνδεδεμένες. Το αντίθετο ιόν είναι το ανταλλάξιμο μέρος. (Fiorentino, Marabelli, Matteini, & Moles, 1982) Ωστόσο, η ταυτόχρονη εναλλαγή κατιόντων και ανιόντων μπορεί να εκτελεστεί αποτελεσματικότερα σε μείγματα από ρητίνες εναλλακτών ανιόντων και κατιόντων, ή να περάσει το διάλυμα μέσα από πολλά διαφορετικά υλικά ιοντικής ανταλλαγής. (Moran, 2018)

Οι ιοντικοί εναλλάκτες μπορούν να είναι μη επιλεκτικοί ή να έχουν δεσμευτικές προτιμήσεις για ορισμένα ιόντα ή τάξεις ιόντων, βασιζόμενοι στην χημική τους δομή. Αυτό μπορεί να βασιστεί στο μέγεθος των ιόντων τους, το φορτίο τους, ή τη δομή τους. Τυπικά παραδείγματα ιόντων που μπορούν να δεσμευτούν σε ιοντικούς εναλλάκτες είναι:

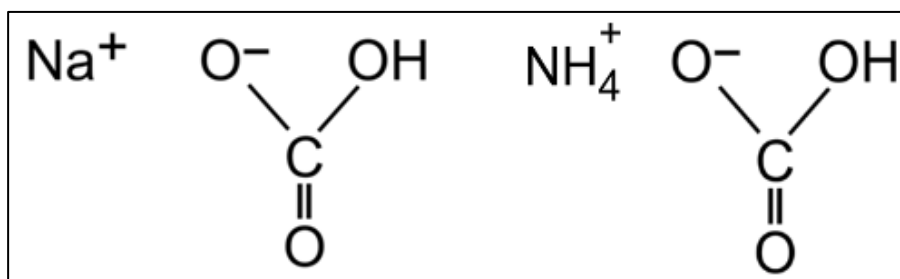
- H^+ (πρωτόνιο) και OH^- (υδροξείδιο)
- Μονοθενή ιόντα, όπως Na^+ , K^+ , and Cl^-
- Δισθενή ιόντα, όπως Ca^{2+} and Mg^{2+}
- Πολυθενή ανόργανα ιόντα, όπως SO_4^{2-} and PO_4^{3-}
- Οργανικές βάσεις, συνήθως μόρια που περιέχουν την αμινολειτουργική ομάδα $-NR_2H^+$
- Οργανικά οξέα, συχνά μόρια που περιέχουν λειτουργικές ομάδες $-COO^-$ (καρβοξυλικό οξύ)
- Βιομόρια που μπορούν να ιονιστούν, όπως τα αμινοξέα, τα πεπτίδια, οι πρωτεΐνες, κ.α.

Οι εφαρμογές των ιοντοεναλλακτών που περιγράφονται στο παρόν κεφάλαιο, αφορούν την αφαίρεση θεικών αλάτων και ειδικότερα του γύψου. Παρολ'αυτά η όλη προσέγγιση είναι δόκιμη και για άλλα άλατα.

Ανθρακικά άλατα

Τα πιο παλιά και κοινώς χρησιμοποιούμενα αντιδραστήρια σε μεθόδους αφαίρεσης αλάτων, ανήκουν στην οικογένεια των ανθρακικών αλάτων και ειδικότερα τα διττανθρακικά ή δισσανθρακικά ή όξινα ανθρακικά άλατα του νατρίου και του αμμωνίου, όξινο ανθρακικό νάτριο ($NaHCO_3$) και όξινο ανθρακικό αμμώνιο (NH_4HCO_3). Αυτά τα δύο άλατα έχουν μορφή κρυσταλλικής σκόνης και μπορούν να λειτουργήσουν σε όλους τους φορείς συστημάτων για μεθόδους αφαίρεσης αλάτων, είτε σε πολτούς είτε σε γέλες.

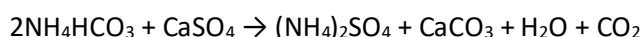
Οι προκύπτουσες αντιδράσεις, αποδεικνύουν αυτόν το ιοντοανταλλακτικό τους χαρακτήρα, καθώς γίνεται εισαγωγή ενός αλάτος προς εξαγωγή ενός άλλου. Συνεπώς, η προσθήκη όξινων ανθρακικών αλάτων είναι μία λειτουργία που βασίζεται στην ιοντοανταλλαγή προς αφαίρεση των επιθυμητών αλάτων.



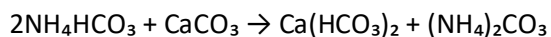
Εικ. 4.1.2: Η μοριακή δομή του όξινου ανθρακικού νατρίου(αριστερά) και όξινου ανθρακικού αμμωνίου(δεξιά)
(<https://commons.wikimedia.org/>)

Τα όξινα ανθρακικά άλατα έχουν χρησιμοποιηθεί κατά κόρον σε επιφάνειες που παρουσιάζουν εξανθήσεις αλάτων και ειδικότερα γύψου, βασιζόμενα κυρίως στη δράση του όξινου ανθρακικού ιόντος. Όπου η επιφάνεια παρουσιάζει θεικά

άλατα, φαίνεται ότι το θειικό ασβέστιο μετατρέπεται ώστε να σχηματίσει θειικό αμμώνιο με το σχηματισμό υδατοδιαλυτών προϊόντων, όπως φαίνεται στην ακόλουθη αντίδραση:



Στη συνέχεια το όξινο ανθρακικό αμμώνιο ξανααντιδρά με το ανθρακικό ασβέστιο που παράγεται σύμφωνα με την ακόλουθη αντίδραση:

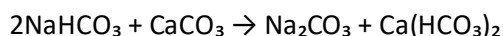


Έτσι, το ανθρακικό ασβέστιο μετατρέπεται σε όξινο ανθρακικό ασβέστιο, το οποίο είναι 100 φορές πιο διαλυτό στο νερό. Επιπλέον το ανθρακικό αμμώνιο $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ αποσυντίθεται αμέσως σε NH_3 , CO_2 και H_2O , έτσι που σχηματίζει μικρές φυσαλίδες, οι οποίες στη συνέχεια ευνοούν την μηχανική απόσπαση των αλατοεναποθέσεων από την επιφάνεια.

Αντίστοιχα, το όξινο ανθρακικό νάτριο αντιδρά με το θειικό άλας του γύψου το οποίο μετατρέπεται θειικό νάτριο:



Ομοίως, το όξινο ανθρακικό νάτριο ξανααντιδρά με το ανθρακικό ασβέστιο σύμφωνα με την ακόλουθη αντίδραση:



Επίσης σε αυτή την αντίδραση, το ανθρακικό ασβέστιο μετατρέπεται σε όξινο ανθρακικό ασβέστιο, αλλά το όξινο ανθρακικό νάτριο είναι πιο επιβλαβές από το όξινο ανθρακικό ασβέστιο. Το παραγόμενο Na_2CO_3 είναι ένα πολύ διαλυτό άλας, αλλά σε αυτή την περίπτωση δεν αποσυντίθεται και παραμένει στην επιφάνεια: θα πρέπει να αφαιρεθεί με πολλαπλά ξεπλύματα. (Fabbrì, 2012)(Mora, Mora, & Philiprot, 1984)

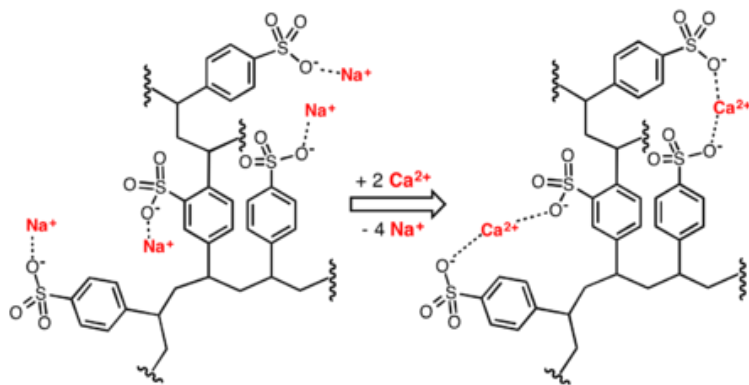
Η προσθήκη των όξινων ανθρακικών αλάτων σαν αντιδραστήρια στα συστήματα καθαρισμού προς αφαίρεση των αλάτων λειτουργεί, όπως φαίνεται και από τις αντιδράσεις, με τον μηχανισμό ανταλλαγής ιόντων. Πιο συγκεκριμένα, αυτή η ιοντοανταλλαγή συμβαίνει σε δύο στάδια:

1. Εισαγωγή του όξινου ανθρακικού ανιόντος (HCO_3^-) προς ανταλλαγή του θειικού ανιόντος (SO_4^{2-}) και δημιουργία ανθρακικού ανιόντος (CaCO_3)
2. Ανταλλαγή του όξινου ανθρακικού ανιόντος (HCO_3^-) με το ανθρακικό ανιόν (CO_3^{2-}) και μετατροπή του σε όξινο ανθρακικό ιόν χαμηλότερης διαλυτότητας
3. Αφαίρεση του προϊόντος χαμηλότερης διαλυτότητας [$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$].

Ουσιαστικά, μέσω της ανταλλαγής επιτρέπεται στα όξινα ανθρακικά άλατα που εισάγονται, να μετατρέψουν τα άλατα της τοιχογραφίας σε πιο διαλυτά άλατα, ώστε να μπορέσουν να αφαιρεθούν ευκολότερα.

Ρητίνες ανταλλαγής ιόντων

Οι ρητίνες ιοντοανταλλαγής είναι μία κατηγορία συνθετικών, αδιάλυτων οργανικών πολυμερών που περιέχουν θετικά ή αρνητικά φορτισμένα σημεία όπου μπορούν να προσελκύσουν ένα αντίθετα φορτισμένο ιόν από μία ένωση που έρχονται σε επαφή. Οι ρητίνες δομικά αποτελούνται από ένα συμπολυμερές στυρενίου - διβινυλοβενζολίου. Οι συνθετικές ρητίνες ιοντοανταλλαγής πωλούνται σε μορφή σφαιρικών κόκκων (100-400 mesh).

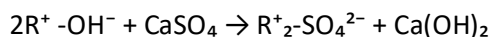


Εικ. 4.1.2: Ιοντοανταλλακτική δράση ρητινών

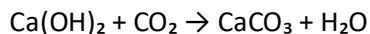


Εικ. 4.1.3: Τυπική μορφή ρητινών

Για την αφαίρεση γύψου από τις τοιχογραφίες χρησιμοποιούνται ανιοντικές ρητίνες. Αφαιρούν επιλεκτικά το θειικό ιόν απελευθερώνοντας ιόντα υδροξειδίου. Με αυτό τον τρόπο, δεν επηρεάζονται τα ιόντα ασβεστίου του ανθρακικού ασβεστίου του κονιάματος. Οι ρητίνες ιοντοανταλλαγής δεν αφήνουν βλαβερά υπολείμματα και ουδετεροποιούν το pH. (Berlucchi, Corradini, Bonomi, Bemporad, & Tisato, 2000) Η χημική αντίδραση που λαμβάνει χώρα για την αφαίρεση του γύψου είναι η ακόλουθη:



Το θειικό ιόν SO_4^{2-} αντικαθίσταται από το υδροξυλικό ιόν (OH^-) της ρητίνης και σχηματίζεται $Ca(OH)_2$. Σε δεύτερη αντίδραση το $Ca(OH)_2$ αντιδρά με το CO_2 της ατμόσφαιρας, σχηματίζοντας ανθρακικό ασβέστιο ($CaCO_3$), σύμφωνα με την ακόλουθη αντίδραση:



Μέσα από επαναλαμβανόμενες εφαρμογές ανιοντικών ρητινών, το θειικό ασβέστιο ($CaSO_4$) αφαιρείται από την τοιχογραφία, μέσω ιοντοανταλλαγής σε ανθρακικό ασβέστιο ($CaCO_3$), σε ένα βάθος γύρω στα 70-100 μm .

Χαρακτηριστικά ρητινών ιοντοανταλλαγής

Από χημικής σκοπιάς, υπάρχουν ορισμένα χαρακτηριστικά όπου οι συντηρητές θα πρέπει να προσέχουν κατά την επιλογή μιας ρητίνης ιοντικής εναλλαγής (Smith, 2009):

- Σε χαμηλές συγκεντρώσεις (υδατικά διαλύματα) και φυσιολογικές θερμοκρασίες, το εύρος της ανταλλαγής αυξάνεται με αύξηση του σθένους του ανταλλασσόμενου ιόντος ($Na^+ < Ca^{+2} < Al^{+3} < Th^{+4}$).
- Σε χαμηλές συγκεντρώσεις (υδατικά διαλύματα), φυσιολογικές θερμοκρασίες και σταθερό σθένος, το μέγεθος ανταλλαγής αυξάνεται με αύξηση του ατομικού αριθμού του ανταλλασσόμενου ιόντος ($Li < Na < K < Rb < Cs < Mg < Ca < Sr < Ba$).
- Σε υψηλές συγκεντρώσεις, οι διαφορές στις ανταλλακτικές «δυνατότητες» των ιόντων διαφορετικού σθένους (Na^+ έναντι Ca^{+2}) μειώνονται και σε κάποιες περιπτώσεις, το ιόν χαμηλότερου σθένους έχει της υψηλότερη ανταλλακτική «δυνατότητα».
- Σε υψηλές θερμοκρασίες, σε μη υδατικά μέσα, ή σε υψηλές συγκεντρώσεις, οι ανταλλακτικές «δυνατότητες» των ιόντων παρόμοιου σθένους δεν αυξάνονται με αύξηση του ατομικού αριθμού αλλά είναι πολύ παρόμοιες ή ακόμα και μειώνονται.

- Οι σχετικές ανταλλακτικές «δυνατότητες» πολλών ιόντων μπορεί να προσεγγίζονται από τους συντελεστές της ενεργότητάς τους – όσο υψηλότερος είναι ο συντελεστής ενεργότητας (*activity coefficient*), τόσο μεγαλύτερη είναι η ανταλλακτική «δυνατότητα».
- Η ανταλλακτική «δυνατότητα» του υδρογόνου και τα ιόντα υδροξυλίου ποικίλουν αρκετά με τη φύση της λειτουργικής ομάδας και βασίζεται στην ισχύ του οξέος ή της βάσης που σχηματίζεται μεταξύ της λειτουργικής ομάδας και είτε του υδροξυλίου ή του ιόντος υδρογόνου. Όσο ισχυρότερο είναι ένα οξύ ή μία βάση, τόσο χαμηλότερη είναι η ανταλλακτική δυνατότητα.
- Τα οργανικά ιόντα υψηλού μοριακού βάρους και συνθετικά μεταλλικά ανιοντικά σύμπλοκα παρουσιάζουν ασυνήθιστα υψηλές ανταλλακτικές δυνατότητες.
- Καθώς είναι χαμηλός ο βαθμός σταυροσύνδεσης (*degree of cross-linking*) μεταξύ των πολυμερικών αλυσίδων (δίκτυο) ή η σταθερή ιοντική συγκέντρωση ενός υλικού ιοντοανταλλαγής, η σταθερά ισορροπίας της ανταλλαγής προσεγγίζει την μονάδα. (Kunin, 1985)
- Όσο χαμηλότερος είναι ο βαθμός δικτύου/σταυροσύνδεσης (*degree of reticulation*), τόσο ψηλότερο είναι το πορώδες του πολυμερούς. (Giovagnoli, Meucci, & Tabasso Laurenzi, 1982)
- Το φαινόμενο κόσκινου είναι ένα φαινόμενο όπου μεγάλα αντίθετα ιόντα δεν μπορούν να εισέλθουν σε στενούς πόρους πυκνών, υψηλά διασυνδεδεμένων υλικών κατά τη φάση ανταλλαγής, ενώ μικρότερα αντίθετα ιόντα είναι ελεύθερα να φτάσουν τις λειτουργικές ομάδες. Αυτό οδηγεί σε αργούς ρυθμούς διάχυσης. (Zagorodni, 2007)
- Στις περισσότερες περιπτώσεις, ο ρυθμός ανταλλαγής στις ρητίνες αυξάνεται με μείωση του σωματιδιακού μεγέθους και αύξηση της θερμοκρασίας. (Kunin, 1985)

Πλεονεκτήματα ρητινών ιοντοανταλλαγής

Από την βιβλιογραφία, μπορούν να εξαχθούν κάποια συμπεράσματα όσον αφορά τα πλεονεκτήματα που είναι κοινώς παρατηρήσιμα στις ρητίνες ιοντοανταλλαγής (Giovagnoli, Meucci, & Tabasso Laurenzi, 1982) (Smith, 2009):

- Μέγιστη αποδοτικότητα ιοντοανταλλαγής/αφαίρεσης.
- Κανένα υλικό δεν χάνεται από την ίδια την αντίδραση. Πρόκειται για μία αναστρέψιμη διαδικασία και ο ιοντικός εναλλάκτης μπορεί να αναγεννηθεί και να επαναχρησιμοποιηθεί γεμίζοντας με επιθυμητά ιόντα όταν αραιωθεί από τις αποπλύσεις.
- Οι ρητίνες είναι σχετικά μη τοξικές και επικίνδυνες επιτρέποντας την εύκολη διαχείριση και μεταφορά τους.
- Η δράση τους περιορίζεται στην επιφάνεια σε βάθος μέχρι περίπου 70-100 μm, χωρίς να διεισδύουν στο πορώδες, αποφεύγοντας έτσι την αλληλεπίδραση με τα αυθεντικά υλικά. Επομένως, η αντίδραση ανταλλαγής λαμβάνει χώρα στη διεπιφάνεια μεταξύ του εναλλάκτη και του ζωγραφικού στρώματος.
- Χαμηλό κόστος, ειδικότερα για εφαρμογές μεγαλύτερης κλίμακας (μία υψηλότερη αναλογία αδρανών πρόσθετων στις ρητίνες μπορεί να είναι ωφέλιμη).

Μειονεκτήματα ρητινών ιοντοανταλλαγής

Από την άλλη, υπάρχει ένας αριθμός ζητημάτων που συνοδεύει τον καθαρισμό με ιοντοανταλλαγή:

- Οι ρητίνες δρουν μόνο στην επιφάνεια με την οποία βρίσκονται σε επαφή, οπότε σε καταστάσεις όπου εφαρμόζονται προς αφαίρεση υψηλά συγκεντρωμένων ουσιών όπως τα διαλυτά άλατα, ίσως χρειαστούν πολλαπλές εφαρμογές ώστε να διεισδύσουν αρκετά μέσα στον τοίχο.

- Η αντίδραση ιοντοανταλλαγής είναι αργή, η μέθοδος απαιτεί χρόνο επαφής, κατά τον οποίο χρειάζεται να παραμένει υγρή με επαναλαμβανόμενες εφαρμογές.
- Το ανταλλακτικό αντίθετο ιόν χρειάζεται να επιλεγθεί προσεκτικά για να αποτρέψει τη δημιουργία ανεπιθύμητων υποπροϊόντων, όπως στρώματα ανθρακικών αλάτων ή ισχυρό θεϊκό οξύ.
- Οι περισσότερες εκ των ρητινών χρειάζονται προετοιμασία(συνήθως διαβροχή) της επιφάνειας και ξέπλυμα.
- Οι ρητίνες μπορούν γρήγορα να καταστούν αναποτελεσματικές και μπορούν να είναι πολύ όξινες ή αλκαλικές για ευαίσθητες ζωγραφικές επιφάνειες.

(Giovanoli, Meucci, & Tabasso Laurenzi, 1982) (Smith, 2009)

Ιοντικοί εναλλάκτες LDH και ZrP

Τα τελευταία χρόνια η έρευνα ομάδας συντηρητών στο πεδίο της αφαίρεσης αλάτων οδηγήθηκαν στην ανάπτυξη και εφαρμογή σύγχρονων υλικών τα οποία βασίζονται στην ιοντική ανταλλαγή και έχουν δοκιμαστεί τόσο εργαστηριακά, όσο και στο πεδίο. Φαίνεται να έχουν ικανοποιητικό αποτέλεσμα, το οποίο μελλοντικά θα αποτελέσει μία βάση για περαιτέρω ανάπτυξη γύρω από αυτή τη νέα ομάδα υλικών.

Συγκεκριμένα, έχουν προταθεί τα πολυστρωματικά διπλά υδροξείδια(LDH) και το φωσφορικό άλας ζirkονίου (ZrP) για την αφαίρεση γύψου από γλυπτά και τοιχογραφίες, μέσω ανταλλαγής των ανιόντων θεϊκών αλάτων και των κατιόντων ασβεστίου ταυτόχρονα. (Tonnesen & Karlsen, 2002) (Sikorski, Mo, Skjak-Braek, & Stokke, 2007) (Rives, 2001) (Miyata, 1983) (Costantino, Costantino, Elisei, Latterini, & Nocchetti, 2013) (Costantino, Leroux, Nocchetti, & Mousty, 2013) (Pica, Donnadio, & Casciola, 2012) (Boccalon, Nocchetti, Pica, Romani, & Casciola, 2017)

Η Bocallon κ.α. το 2017, με εφαρμογή σε τοίχο αρχαίου μνημείου που παρουσίαζε εξανθήσεις γύψου, πρότειναν ένα σύστημα ανταλλαγής ιόντων αποτελούμενο από ένα πολυστρωματικό διπλό υδροξείδιο(LDH) που δρα σαν ιοντοεναλλάκτης, ανταλλάσσοντας τα ιόντα χλωρίου της σύνθεσής του (MgAlCl) με τα θεϊκά ιόντα του γύψου. Στην ίδια σύνθεση εισήχθη επίσης, ένα πολυστρωματικό φωσφορικό άλας του ζirkονίου (ZrP)σε διάλυμα χλωριούχου νατρίου, ώστε να δράσει επίσης σαν κατιοντοεναλλάκτης, ανταλλάσσοντας ιόντα ασβεστίου από το γύψο με ιόντα νατρίου της σύνθεσής του (ZrPNaH). Οι εναλλάκτες εισήχθησαν σε φορέα πάστας ώστε να διευκολυνθεί ο χειρισμός η εφαρμογή τους πάνω στην επιφάνεια.

Η έρευνα απέδειξε ότι τα LDH αντιδρούν εύκολα με το γύψο μέσω της Cl^-/SO_4^{2-} αντίδρασης ανταλλαγής βοηθώντας στη διάλυσή του. Επιπλέον, η χρήση του ZrP, επίσης ευνοεί την αντίδραση μέσω της σύλληψης ιόντων ασβεστίου χωρίς την ολική απελευθέρωσή τους, ακόμα και όταν η πάστα στεγνώσει πλήρως. Η κοινή δράση των δύο ιοντικών εναλλακτών παράγει πράγματι μια ακόμα περισσότερο αποτελεσματική αντίδραση όπου το ασβέστιο και το θεϊκό άλας έχουν επιτυχώς αντικατασταθεί από ιόντα χλωρίου και νατρίου που περιέχονται στα δύο συνδυαζόμενα υλικά(). Επιπλέον, το χλωριούχο νάτριο (NaCl) και ο ενδεχόμενος δευτερεύον γύψος που προέρχονται από την αντίστροφη αντίδραση δεν συνιστούν πρόβλημα ανεπιθύμητης εναπόθεσης άλατος γιατί παραμένουν εγκλωβισμένα μέσα στο φορέα πάστας.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χρήσης LDHs και ZrPs

Τα πολυστρωματικά διπλά υδροξείδια(LDH) και το φωσφορικό άλας ζirkονίου (ZrP) είναι αποτελεσματικά υλικά χάρις την υψηλή τους ιοντοανταλλακτική ικανότητα (IEC 4 και 6.5 meqg⁻¹ για MgAl LDH και ZrP, αντίστοιχα), ειδικότερα σε σύγκριση με κατιοντικές άργιλους(0.8-1.5 meqg⁻¹). Ακόμα, η παρουσία του ZrP σε συνδυασμό με τα LDH είναι επίσης βοηθητική όχι μόνο για την αύξηση της διαλυτότητας του γύψου, αλλά και για την αποτροπή απελευθέρωσης θεϊκών

ιόντων από το LDH κατά το στέγνωμα. Ένα από τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα των συστημάτων ιοντοεναλλακτών LDH και ZrP αφορά την ταχύτητα της διαδικασίας, όπου η εφαρμογή διαρκεί από λίγα λεπτά έως λίγες ώρες, βασιζόμενη στη θερμοκρασία και την εξωτερική υγρασία. Ένα άλλο προτέρημα που θα πρέπει να τονιστεί είναι η απουσία τοξικότητας με την ελάχιστη περιβαλλοντική επίπτωση, αλλά και το χαμηλό κόστος των εμπλεκόμενων υλικών. Τέλος, το σημαντικότερο πλεονέκτημα είναι το μειωμένο ρίσκο εισχώρησης των εναλλακτών στο εσωτερικό, όπου η επιλεκτικότητα δράσης της πάστας LDH/ZrPNaH προς το γύψο παρά στον ασβεστίτη του αυθεντικού κονιάματος κάνει αυτό το σύστημα ασφαλές όσον αφορά την αποτροπή αλλοίωσης των αυθεντικών υλικών.

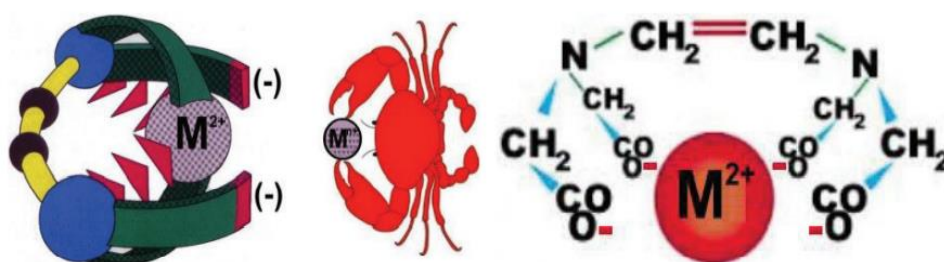
Όσον αφορά τα αδύναμα σημεία του συστήματος, το πάχος του στρώματος προς καθαρισμό είναι ένα σχετικό ζήτημα που πρέπει να ληφθεί υπόψη: μέχρι στιγμής οι μέθοδοι που εμπλέκουν τους συγκεκριμένους εναλλάκτες φαίνεται να είναι αποτελεσματικές για πολύ λεπτές εναποθέσεις αλάτων, υποδεικνύοντας ότι περαιτέρω δοκιμές είναι απαραίτητες για να παραχθεί ένα σύστημα που να μπορεί να είναι κατάλληλο για την αφαίρεση πιο επίμονων και σταθερών κρουστών, αποφεύγοντας τις πολλαπλές εφαρμογές. (Boccalon, Nocchetti, Pica, Romani, & Casciola, 2017) (Boccalon, Nocchetti, Pica, Romani, & Casciola, 2019) (Guidetti & Uminski, 2000) (Bergaya, Theng, & Lagaly, 2006) (Theng, 1974) (Ashurst, 1994)

ΕΝΟΤΗΤΑ 4.2: Χηλικά αντιδραστήρια

Εισαγωγή

Τα χηλικά αντιδραστήρια είναι οργανικές ουσίες οι οποίες συμπλέκουν ή απομονώνουν μεταλλικά ιόντα. Ο όρος «χηλικό» προέρχεται από την ελληνική λέξη χηλή (δαγκάνα) και αναφέρεται στις δαγκάνες του αστακού. Είναι μία τάξη χημικών ουσιών που χαρακτηρίζονται από την κατοχή δύο τουλάχιστον λειτουργικών ομάδων, ικανών να αλληλεπιδρούν με ένα μεταλλικό ιόν για να σχηματίσουν μία δομή δακτυλίου που ονομάζεται χηλικός δακτύλιος.

Οι χημικές ουσίες που προκύπτουν από την αντίδραση ενός χηλικού αντιδραστήριου και ενός μεταλλικού ιόντος είναι γνωστές ως χηλικές ενώσεις μετάλλων, οι οποίες είναι μία υποκατηγορία της πολύ μεγάλης τάξης των ενώσεων μεταλλικού συντονισμού ή ενώσεων συναρμογής (*metal coordination compounds*). (Richey, 1975) (Dwyer & Mellor, 1964)



Εικ. 4.2.1: Η δομή του χηλικοποιημένου μεταλλικού ιόντος (Ryczkowski, 2019)

Στις χηλικές ενώσεις, ένα αρνητικό κέντρο στο μόριο χηλικοποίησης συμπλοκοποιείται με ένα μεταλλικό κατιόν. Αυτά τα κέντρα τα οποία δωρίζουν ηλεκτρόνια μπορούν να ομαδοποιηθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες (Burgess, 1991):

- Όξινες ενώσεις: ο πρώτος τύπος είναι οξέα τα οποία μπορούν να χάσουν ένα πρωτόνιο ώστε να δημιουργήσουν μία αρνητική φόρτιση. Μετά αυτό το ανιόν συμπλέκεται με το θετικά φορτισμένο μεταλλικό κέντρο. Όπως η απώλεια του πρωτονίου είναι εξαρτώμενη από το pH, έτσι είναι και η δυνατότητα ενός συγκεκριμένου οξέος να λειτουργήσει ως ένα αποτελεσματικό χηλικό αντιδραστήριο. Τρία παραδείγματα όξινων λειτουργικών ομάδων τα οποία συχνά αντιδρούν σαν μέρη για χηλικοποίηση είναι τα ακόλουθα:

- (1) καρβοξυλικό οξύ: $-\text{COOH} \rightarrow -\text{COO}^- \rightarrow -\text{COOM}$
- (2) υδροξυλομάδα (ενόλη ή φαινόλη): $-\text{OH} \rightarrow -\text{O}^- \rightarrow -\text{OM}$
- (3) σουλφονικό οξύ: $-\text{SO}_3\text{H} \rightarrow -\text{SO}_3^- \rightarrow -\text{SO}_3\text{M}$

b) Βασικές ενώσεις: ο δεύτερος τύπος ομάδων οι οποίες μπορούν να δωρίσουν ηλεκτρόνια και να συμπλοκοποιήσουν σε ένα θετικό μεταλλικό κέντρο είναι βασικές ενώσεις. Σε αυτή την περίπτωση, τα αρνητικά κέντρα προέρχονται από μία διαθέσιμη ομάδα ηλεκτρονίων και δεν απαιτεί απώλεια ενός πρωτονίου ή την παρουσία ενός αρνητικά φορτισμένου κέντρου. Αυτές οι βασικές ομάδες ονομάζονται συντονισμένες ομάδες (*co-ordinating groups*). Παραδείγματα:

- (1) καρβονυλομάδα: $=\text{O} \rightarrow =\text{O}:\text{M}$
- (2) αμίνη: $\text{H}:\text{N} \rightarrow \text{N}:\text{M}$
- (3) υδροξυλομάδα: $\text{H}-\text{O} \rightarrow \text{H}-\text{O}:\text{M}$

Χρήση των χηλικών αντιδραστηρίων στην αφαίρεση αλάτων από τοιχογραφίες

Όσον αφορά τις τοιχογραφίες, η χρήση χηλικών αντιδραστηρίων στοχεύει στην συμπλοκοποίηση κατιόντων, πολύ συχνά των ιόντων ασβεστίου από θειικά, οξαλικά ή ανθρακικά άλατα του ασβεστίου. Ειδικότερη προσοχή πρέπει να δοθεί ώστε να αποφευχθεί η διαλυτοποίηση του ανθρακικού ασβεστίου, που αποτελεί αυθεντικό υλικό των τοιχογραφιών, καθώς και των μετάλλων που αποτελούν τις χρωστικές όπου μπορούν να συμπλοκοποιηθούν από το χηλικό στις κατάλληλες συνθήκες pH. Έτσι, πέρα από την επιλογή του χηλικού, το pH είναι μία θεμελιώδης παράμετρος.

Προκειμένου να γνωρίζουμε αν ένα χηλικό θα είναι αποτελεσματικό στη διαλυτοποίηση ενός συγκεκριμένου άλατος, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η pK_s του, δηλαδή ο αρνητικός λογάριθμος του γινομένου διαλυτότητας (K_s). Όσο υψηλότερη είναι η pK_s , τόσο πιο σταθερό και επομένως λιγότερο διαλυτό είναι το άλας. Έτσι, ένα χηλικό αντιδραστήριο είναι ικανό να διαλυτοποιήσει ένα άλας μόνο όταν ο λογάριθμος της σταθεράς σχηματισμού $\text{Log}K_f$ του μεταλλικού συμπλόκου είναι υψηλότερος από την pK_s του άλατος. (Matarrese, 2014)

Στην εικ. 4.2.2 παρουσιάζεται η σύγκριση μεταξύ των pK_s του θειικού ασβεστίου και ανθρακικού ασβεστίου και του $\text{Log}K_f$ για τα Ca^{2+} χηλικά που αποκτούνται με τριβασικό και τετραβασικό EDTA και κιτρικό οξύ. Σύμφωνα με τις εμπλεκόμενες τιμές, το κιτρικό οξύ δεν μπορεί να χηλικοποιήσει κανένα από τα δύο άλατα. Το τριβασικό EDTA μπορεί να χηλικοποιήσει το θειικό ασβέστιο αλλά όχι το ανθρακικό ασβέστιο. Το τετραβασικό EDTA μπορεί να τα χηλικοποιήσει και τα δύο. (Cremonesi, 2003) Αυτό υποδηλώνει ότι, με βάση το pH, πρέπει να δοθεί εξαιρετική προσοχή να αποφευχθεί η διαλυτοποίηση του αυθεντικού ασβεστοκονιάματος μέσω της χηλικοποίησης του ιόντος ασβεστίου. Για παράδειγμα, όταν χρησιμοποιούνται τα χηλικά είδη EDTA, είναι απαραίτητο να μην υπερβαίνεται η τιμή του pH πάνω από 8. Γενικά, για την εφαρμογή σε επιφάνειες τοιχογραφιών, τα χηλικά αντιδραστήρια εφαρμόζονται σε συγκεντρώσεις 1-5% σε υδατικό διάλυμα. (Cremonesi, 2003)

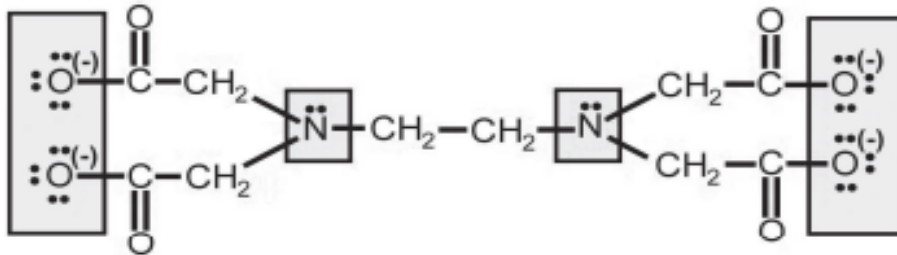
Solubility product pK_s	Formation constant for Ca^{2+} $\text{Log} K_f$
CaSO_4 4.15 CaCO_3 8.54	Citric acid 3.15 Tribasic EDTA 8.43 Tetrabasic EDTA 11.00

Εικ. 4.2.2: Οι pK_s των θειικών ασβεστίων και ανθρακικών ασβεστίων και η $\text{Log}K_f$ για τα Ca^{2+} χηλικά που λαμβάνονται με τριβασικό και τετραβασικό EDTA και κιτρικό οξύ

(Cremonesi, 2003)

EDTA

Πρόκειται για το πιο σημαντικό και πολυχρησιμοποιούμενο χηλικό αντιδραστήριο στον τομέα της συντήρησης. Το EDTA ή εθυλενοδιαμινοτετραοξικό οξύ, είναι ένα λευκό κρυσταλλικό στερεό, ελαφρά διαλυτό στο νερό (0.50 g/L), που ανήκει στην τάξη των αμινοκαρβοξυλικών οξέων. Είναι ένα τετραπρωτικό οξύ που περιέχει τέσσερις καρβοξυλομάδες (-COOH). Το EDTA είναι ένας πολυοδοντωτός συνδέτης. Στο EDTA, τα άτομα υδρογόνου αφαιρούνται εύκολα στο διάλυμα για να παραχθεί ανιονικό EDTA⁴⁻. Στην ανιονική του μορφή το EDTA έχει έξι συνδετικά άτομα, δύο άζωτα και τέσσερα οξυγόνα, όπως απεικονίζεται στην εικ. 4.2.3.



Εικ. 4.2.3: Η δομή του ανιονικού EDTA και τα ενδεχόμενα σημεία σύνδεσης του

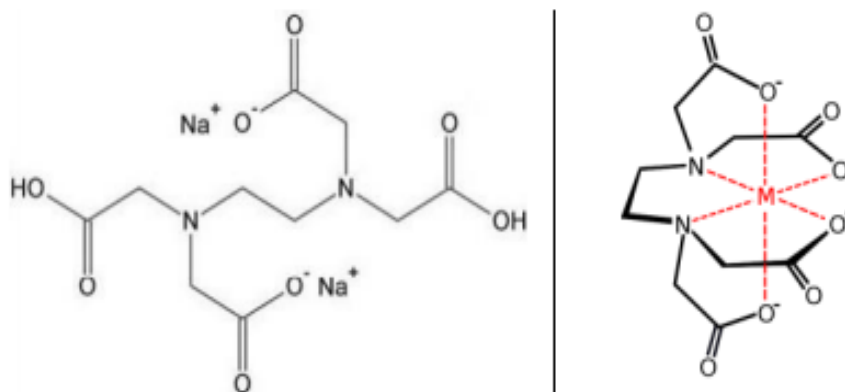
(Ryczkowski, 2019)

Το EDTA συνδέεται με ένα μεταλλικό ιόν στα έξι συνδετικά σημεία, τυλίγεται μόνο του γύρω από το μεταλλικό ιόν, σχηματίζοντας ένα πολύ σταθερό σύμπλοκο. (Paolieri, 2017)(Ryczkowski, 2019)

Μπορεί να ουδετεροποιείται με μία βάση, για παράδειγμα, με υδροξείδιο του νατρίου (NaOH), σχηματίζοντας υδατοδιαλυτά άλατα (σε αυτή την περίπτωση: μονο-, δι-, τρι- ή τέτρα-νάτριο EDTA). Η κύρια χρήση των χηλικών αντιδραστηρίων αμινοπολυκαρβοξυλικών οξέων είναι στην πρόληψη ή την αφαίρεση εξανθήσεων ή αδιάλυτων εναποθέσεων που περιέχουν Ca, Ba, Fe και άλλα κατιόντα. (Hart, 2011) (Paolieri, 2017)

Το δινάτριο EDTA είναι το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο στον τομέα της συντήρησης, καθώς το τετρανάτριο είναι λιγότερο διαλυτό στο νερό. Το EDTA σχηματίζει πολύ σταθερά οκταεδρικά σύμπλοκα με όλα τα μέταλλα, με δέσμευση είτε μέσω των δύο του ατόμων υδρογόνου, είτε και των τεσσάρων καρβοξυλικών ατόμων οξυγόνου, μόλις αποπρωτονιωθούν. (Campanella, et al., 2007)

Το δινάτριο EDTA έχει pH=4.5, ενώ το τετρανάτριο έχει pH=11.3. Αυτές οι τιμές πρέπει πάντα να λαμβάνονται υπόψη σε σχέση με το υποστρώμα που θα γίνει η εφαρμογή. Το βέλτιστο pH για την αφαίρεση ιόντων ασβεστίου (Ca²⁺) είναι γύρω στο 10. (Matarrese, 2014)



Εικ. 4.2.4: Η δομή του δι-νάτριου EDTA (αριστερά). Σύμπλοκο που σχηματίζεται από ένα μόριο EDTA και ένα κοινό μέταλλο (δεξιά)

(Matarrese, 2014)

Πλεονεκτήματα χρήσης χηλικών αντιδραστηρίων

Τα χηλικά αντιδραστήρια βρίσκουν ιδιαίτερη δημοφιλία στο πεδίο της συντήρησης τοιχογραφιών. Κάποια πλεονεκτήματα που μπορούν να εξαχθούν από την μέχρι σήμερα προσθήκη τους στα συστήματα αφαίρεσης αλάτων είναι τα κάτωθι (Burgess, 1991)(Phenix&Burnstock, 2010)(MacLeod, 1987):

- Επιλεκτικότητα της δράσης τους η οποία απομονώνει και αφαιρεί μόνο τα επιθυμητά ιόντα.
- Ευκολία της εφαρμογής τους σε υδατικά διαλύματα.
- Ελαχιστοποίηση της τοξικότητας της μεθόδου ως προς τον συντηρητή και το περιβάλλον.

Μειονεκτήματα χρήσης χηλικών αντιδραστηρίων

Ωστόσο, το κυρίως μειονέκτημα τη εφαρμογής χηλικών αντιδραστηρίων σε μία επιφάνεια έγκειται στον κίνδυνο προσβολής των αυθεντικών υλικών σε περίπτωση που δεν ελεγχθεί και δεν περιοριστεί η καθαριστική του δράση μόνο στα επιθυμητά στρώματα αλάτων. Τα χηλικά αντιδραστήρια μπορούν να συμπλοκοποιήσουν από τη ζωγραφική επιφάνεια τα Ca, Ba, Fe, Mg, Zn των χρωστικών, καθώς και το Ca από τα κονιάματα του υποστρώματος και υποστηρίγματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συστήματα αφαίρεσης αλάτων

Εισαγωγή

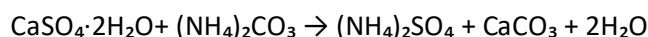
Μείγματα αποτελούμενα από υλικά, όπου το κάθε συστατικό έχει συγκεκριμένο σκοπό δράσης, μπορούν να λειτουργήσουν και να συνθέσουν από κοινού ένα σύστημα αφαίρεσης αλάτων. Τα συστήματα αφαίρεσης αλάτων χρησιμοποιούνται, ώστε η συνδυαστική δράση των αντιδραστηρίων τους να καταφέρει να διαλύσει άλατα τα οποία είναι δυσδιάλυτα με την απλή εφαρμογή νερού ή γενικώς μίας εφαρμογής ενός και μόνου υλικού.

Όλα τα αντιδραστήρια που περιγράφηκαν μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε μεμονωμένα είτε και συνδυαστικά σε μείγματα μαζί με άλλα αντιδραστήρια. Γενικά, προτιμάται η ένταξη τους σε κάποιο μέσο δημιουργώντας με το νερό ένα επιθυμητό σύστημα καθαρισμού προσαρμοσμένο στις ιδιαιτερότητες και τα άλατα της κάθε επιφάνειας.

Ήδη από τη δεκαετία του 1970 οι συντηρητές κατέληξαν στην συνδυαστική δράση των αντιδραστηρίων, δημιουργώντας συστήματα καθαρισμού όπου θα εκμεταλλεύονταν τα πλεονεκτήματα και τις ιδιότητες διαφόρων υλικών σε μία εφαρμογή.

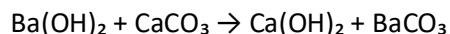
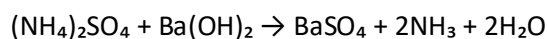
Ferroni – Dini

Η μέθοδος «Ferroni - Dini» αποτελεί ένα από τα πρώτα παραδείγματα συνδυαστικής δράσης υλικών. Ήταν αρκετά δημοφιλής μέθοδος αφαίρεσης αλάτων και ταυτόχρονης στερέωσης της τοιχογραφίας, όπου αποτελούνταν από δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο γινόταν αφαίρεση αλάτων με εφαρμογή πολτών ανθρακικού αμμωνίου, ώστε να μετατραπεί ο διαλυτός γύψος σε υψηλά διαλυτό θειικό αμμώνιο και να απορροφηθεί από τον πολτό:



Στο δεύτερο στάδιο, γινόταν εφαρμογή πολτού υδατικού διαλύματος υδροξειδίου του βαρίου, ώστε να μετατραπούν τα υπολείμματα θειικών αλάτων σε αδιάλυτο θειικό βάριο και να επιτευχθεί η στερέωση της τοιχογραφίας με

δημιουργία νέου στρώματος υδροξειδίου ασβεστίου μέσα στους πόρους του κονιάματος από την αντίδραση του βαρίου με το ανθρακικό ασβέστιο (Baglioni, Chelazzi, & Giorgi, 2015):



Η χρήση του ανθρακικού αμμωνίου μπορεί να προκαλέσει αποτελέσματα λεύκανσης εξαιτίας του σχηματισμού δευτερεύοντος ανθρακικού ασβεστίου. Επιπλέον, με αυτή τη μέθοδο, σχηματίζονταν θειικό βάριο, ένα αδιάλυτο άλας το οποίο, επίσης έχει μία λευκαντική επίδραση στην επιφάνεια. Οι επιπτώσεις στη ζωγραφική επιφάνεια, καθώς και η μετέπειτα εμφάνιση λιγότερων βλαβερών μεθόδων οδήγησαν στην εγκατάλειψή της μεθόδου. (Berlucchi, Corradini, Bonomi, Bemporad, & Tisato, 2000)

AB 57

Η ανάγκη εύρεσης μίας ικανοποιητικής και παράλληλα ασφαλούς μεθόδου για τα αδιάλυτα στρώματα αλάτων, οδήγησε τους συντηρητές του Ινστιτούτου Συντήρησης της Ρώμης, υπό την ηγεσία των Paolo και Laura Mora, στην ανάπτυξη ενός μείγματος με την ονομασία «AB57». Ένα μείγμα το οποίο έχει δώσει καλά αποτελέσματα είναι το ακόλουθο (Mora, Mora, & Philiprot, 1984)(Teutonico, 1988):

Νερό	1000ml
Όξινο ανθρακικό αμμώνιο	30g
Όξινο ανθρακικό νάτριο	50g
Δινάτριο EDTA	25g (δεν περιλαμβάνονταν στην αρχική σύνθεση)
Desogen ισχυρότητας 10%	25g (10ml)
Καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη	60g

Ενώ η σχέση μεταξύ του ποσοστού του νερού και του πηκτικού υλικού μπορεί να παραμένει σταθερή, τα άλλα συστατικά μπορούν να ποικίλουν σε ποσότητα, τροποποιώντας τις αναλογίες αυτών, αναλόγως των απαιτήσεων αφαίρεσης των επιθυμητών αλάτων. (Mora, Mora, & Philiprot, 1984) Ωστόσο, το μείγμα εκτός από πάστες κυτταρινικών αιθέρων, είναι εφικτό να εισαχθεί και σε πολτούς. (Teutonico, 1988)

Η δράση των δύο συμμετεχόντων όξινων ανθρακικών αλάτων, βασίζεται στην ιοντοανταλλακτική τους ικανότητα με στόχο να μετατρέψει το αδιάλυτο διένυδρο θειικό ασβέστιο(γύψος) σε διαλυτό όξινο ανθρακικό ασβέστιο ώστε να αφαιρεθεί από τη ζωγραφική επιφάνεια.

Το τρίτο συστατικό το μείγματος, το EDTA ως χηλικό μέσο, υποβοηθά στη διάλυση του γύψου, αφαιρώντας το άτομο ασβεστίου. Αξίζει να σημειωθεί, ότι δεν είναι μέρος της αρχικής σύστασης, αλλά με το πέρας των επεμβάσεων και την παράλληλη άνοδο του αντιδραστήριου στις προτιμήσεις των συντηρητών, χάρις την ικανότητα αφαίρεσης αλάτων από γλυπτά και τοιχογραφίες, καθιερώθηκε και έγινε μέρος του μείγματος. (Teutonico, 1988)

Το τέταρτο συστατικό, το Desogen, είναι μία επιφανειοδραστική ουσία η οποία βελτιώνει την ικανότητα διαβροχής του συστήματος και επιτυγχάνει την επαφή μεταξύ αυτού και της επιφάνειας. Αυτό το περίπλοκο άλας του τεταρτοταγούς αμμωνίου έχει διπλή αξία, μειώνοντας τη γωνία επαφής μεταξύ του υγρού και της επιφάνειας και δρώντας σαν ένα ισχυρό απολυμαντικό κατά των μικροοργανισμών που προκαλούν επιφανειακές αλλοιώσεις. Πρακτικά, το νερό είναι

ένας αρκετά πολικός διαλύτης και η παρουσία αυτού του τασιενεργού μειώνει την επιφανειακή τάση, βελτιώνοντας την επαφή του συστήματος με την επιφάνεια, κάνοντας έτσι ευκολότερη την διείσδυση.

Για την επιτυχία της εφαρμογής το σύστημα πρέπει να παραμείνει *in situ* υγρό καθ' όλη τη διάρκεια της αντίδρασης κάτι το οποίο αιτιολογεί την εισαγωγή του στο φορέα καρβοξυμεθυλοκυτταρίνης(CMC). Η διάρκεια της επέμβασης εξαρτάται από το πάχος του φορέα και η αποτελεσματικότητα της μεθόδου προσδιορίζεται με τη διεξαγωγή δοκιμαστικών επεμβάσεων σε διαφορετικές περιοχές της τοιχογραφίας. (Fabbri, 2012)(Mora, Mora, & Philiprot, 1984)(Campanella, et al., 2007)

Συστήματα ανθρακικών αμμωνιών

Μία μελέτη το 2005 στη Λιουμπλιάνα(Καθεδρικός Αγίου Νικολάου) της Σλοβενίας, αφορά την ανάπτυξη συστημάτων για τη μετατροπή γύψου ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) σε ανθρακικό ασβέστιο(CaCO_3) και την αφαίρεση του στρώματος καζέϊνης από τη ζωγραφική επιφάνεια. Από τη μελέτη προέκυψε ότι το ανθρακικό αμμώνιο($(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$) και το διττανθρακικό αμμώνιο(NH_4HCO_3) ήταν τα καλύτερα αντιδραστήρια, και ότι ο πολτός κυτταρίνης και ένα μείγμα αυτού με αργλικό πολτό δημιούργησαν τους καλύτερους φορείς με καλή προσκόλληση στην επιφάνεια του τοίχου. Κάθε ένα από τα αντιδραστήρια προστίθονταν σε έναν απορροφητή πριν εφαρμοστεί στην επιφάνεια πάνω από ιαπωνικό χαρτί. Οι χρόνοι επαφής βασιζόνταν στο βάθος του μετατρεπόμενου θειούχου ασβεστίου, διαρκώντας είτε δεκαπέντε με τριάντα λεπτά έως και μία με δύο ώρες. Μετά την αφαίρεση του πολτού, η επιφάνεια του τοίχου καθαρίστηκε με ένα υγρό σφουγγάρι. (Ropret & Bukovec, 2006)

Συστήματα αφαίρεσης αλάτων με ρητίνες ιοντοανταλλαγής

Τρεις διαφορετικές ομάδες συντηρητών συμπεριέλαβαν δοκιμές με ανιοντικές ρητίνες ιοντοανταλλαγής στη φάση καθαρισμού τοιχογραφιών στη Βαλέττα της Μάλτας (Former Jesuit's College), στη Σιένα (Capella Sacro Chiodo) και στην Πάντοβα (Scrovegni Chapel) της Ιταλίας. Ο στόχος ήταν να συλληφθούν και να αφαιρεθούν θειικά άλατα από τις τοιχογραφίες, χρησιμοποιώντας τη ρητίνη ανταλλαγής ανιόντων Akeogel της Syremon. Η ρητίνη αναμίχθηκε με αποσταγμένο νερό και εισήχθη σε πολτό κυτταρίνης. Τοποθετήθηκε ένα προστατευτικό φύλλο ιαπωνικού χαρτιού μεταξύ του χαρτοπολτού και της επιφάνειας της τοιχογραφίας, εφαρμόζοντας τη μέθοδο για περίπου 20 λεπτά. Πριν την εφαρμογή, η ανάλυση με SEM έδειξε ότι το θείο εντοπίστηκε σε δύο δείγματα σε βάθος $\pm 100 \mu\text{m}$ και $\pm 25 \mu\text{m}$. Μετά τις εφαρμογές, η ανάλυση έδειξε απόλυτη αφαίρεση του θείου. (Borelli, Marabelli, & Santopadre, 2009)(HilliMicallef, 2005)(Milanesi, Cresti, Baldi, Vignani, Ciampolini, & Faleri, 2006)

Συστήματα αφαίρεσης αλάτων με LDHs και ZrPs

Η Boccalon et al. (2019), εφάρμοσε μία μέθοδο αφαίρεσης εξανθήσεων θειικών αλάτων από δοκίμια νωπογραφιών(fresco), που βασίζεται στις ικανότητες ιοντοανταλλαγής των LDH και ZrP. Συγκεκριμένα, οι εναλλάκτες διασπάρθηκαν σε ένα φορέα πολυμερικού μείγματος, αποτελούμενο από αλγινικό νάτριο(SA), πολυβυνιλική αλκοόλη(PVA) και νερό, προκειμένου να ληφθεί ένα σύστημα αφαίρεσης αλάτων(LDH και ZrP, PVA,SA) το οποίο αφαιρείται εύκολα από την επιφάνεια και διατηρεί τις ιδιότητες των συστατικών. Το αλγινικό νάτριο αναμίχθηκε με τους ιοντικούς εναλλάκτες δημιουργώντας ένα δίκτυο, που όταν διαλύεται ο γύψος βοηθά στην αφαίρεση του συστήματος από την επιφάνεια, ενώ το PVA δρα σαν μέσο διασποράς των ανταλλακτών στο αλγινικό νάτριο. Αν δοθεί προσοχή στις δοσολογίες, τότε ο ιδανικός συνδυασμός SA και ZrP δεν θα βλάψει το σύστημα, αλλά αντιθέτως θα οδηγήσει σε ένα

συνεργατικό μηχανισμό στον οποίο το ZrPNaH (που έλκεται περισσότερο με το ασβέστιο από το SA)θα συλλάβει τα ιόντα θειικού ασβεστίου και θα επιβραδύνει τη δικτύωση, δηλαδή το σχηματισμό φιλμ, του SA. Αυτή η επιβράδυνση οδηγεί στη διαλυτοποίηση περισσότερου γύψου και υποβοηθείται από τη σύλληψη θειικών ιόντων από το LDH. Η δημιουργία δικτύου από το SA, συντελεί τελικώς, στο σχηματισμό φιλμ που μπορεί εύκολα να αφαιρείται χωρίς να αφήνει υπολείμματα στην επιφάνεια. (Boccalon, Nocchetti, Pica, Romani, & Casciola, 2019)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Αξιολόγηση αποτελεσματικότητας και κριτήρια επιλογής υλικών και μεθόδων

Στα προηγούμενα κεφάλαια έγινε μία παρουσίαση των υλικών που χρησιμοποιούνται στην αφαίρεση αλάτων από τις τοιχογραφίες. Επιπρόσθετα, αναφέρθηκε το πώς αυτά τα υλικά μπορούν να λειτουργήσουν συνεργατικά προς δημιουργία συστημάτων καθαρισμού. Το πεδίο είναι συνεχώς εξελισσόμενο, όποτε και οι αναπτύξεις νέων υλικών φορέων και αντιδραστηρίων πληθαίνουν, δημιουργώντας παράλληλα, συνεχόμενη ανάγκη για αναβάθμιση των ήδη υπαρχόντων. Οι διαθέσιμες επιλογές για την κάθε περίπτωση είναι αρκετές για ένα συντηρητή.

Στην ενότητα που ακολουθεί γίνεται μία περιγραφή των τρόπων αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας μίας μεθόδου. Στη συνέχεια αναλύονται τα βασικά κριτήρια επιλογής υλικών και μεθόδων αφαίρεσης αλάτων από τον συντηρητή.

ΕΝΟΤΗΤΑ 6.1: Τρόποι αξιολόγησης αποτελεσματικότητας μεθόδων

Η αξιολόγηση των μεθόδων είναι απαραίτητη για να διαπιστώσει ο συντηρητής την αποτελεσματικότητά τους. Μέσω της αξιολόγησης μπορεί να προσεγγιστεί η ποσότητα αλάτων που έχει αφαιρεθεί από μία τοιχογραφία και να κριθεί η αναγκαιότητα επανάληψης της εφαρμογής. Η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας μίας μεθόδου στην αφαίρεση αλάτων από μία επιφάνεια τοιχογραφίας γίνεται με ορισμένους τρόπους, είτε ελέγχοντας το υλικό στο οποίο εφαρμόστηκε η μέθοδος, είτε ελέγχοντας το σύστημα καθαρισμού που χρησιμοποιήθηκε.

Οπτική παρατήρηση

Η οπτική παρατήρηση είναι ο πιο απλός και εύκολος τρόπος ώστε να αξιολογηθεί η αφαίρεση αλάτων σε μία τοιχογραφία. Γίνεται με συγκριτική εξέταση της διαφοράς που προκύπτει με την περιοχή της τοιχογραφίας που δεν έχει γίνει ακόμα επέμβαση. Αν ο βαθμός του καθαρισμού δεν είναι αρκετός ώστε η διαφορά να είναι εύκολα διακριτή, μπορεί να γίνει σύγκριση με το φωτογραφικό υλικό της ίδιας περιοχής προ της επέμβασης. Η αξιολόγηση μέσω οπτικής παρατήρησης έχει εξαιρετική σημασία γιατί είναι ο μοναδικός τρόπος αξιολόγησης ενός θεατή, όπου με τις ελάχιστες γνώσεις που διαθέτει για τα άλατα συγκριτικά με ένα συντηρητή, μπορεί να διακρίνει μία ικανοποιητική αφαίρεση αλάτων, όπως αντίστοιχα και μία επέμβαση στην οποία δεν παρουσιάζεται οπτική διαφορά.

Συνεπώς η οπτική παρατήρηση είναι ο πρωταρχικός τρόπος αξιολόγησης μίας μεθόδου, καθώς εφόσον υπάρχει οπτική διαφορά, υπάρχει σίγουρα αποτελεσματικότητα στην αφαίρεση αλάτων. Οι υπόλοιποι τρόποι αξιολόγησης είναι ακόλουθοι της οπτικής παρατήρησης, εφόσον υπάρχει ήδη οπτική διαφορά, καθώς αξιολογούν την ποσοτική αφαίρεση αλάτων.

Έλεγχος αγωγιμότητας

Ο έλεγχος της αγωγιμότητας είναι ακόμα μία απλή μέθοδος αξιολόγησης αποτελεσματικότητας αφαίρεσης αλάτων και γίνεται με τη χρήση του αγωγιμόμετρου, ενός οργάνου μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα διαλύματος είναι μια μαθηματική έκφραση της ικανότητας ενός υδατικού διαλύματος να άγει το ηλεκτρικό

ρεύμα. Σε ένα υδατικό διάλυμα, η αγωγιμότητα είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των διαλυμένων αλάτων στο υγρό. Έτσι λοιπόν, όσο υψηλότερη είναι η συγκέντρωση των αλάτων τόσο μεγαλύτερη είναι η αγωγιμότητα. Η αρχή του τρόπου αξιολόγησης, βασίζεται στον έλεγχο της διαφοράς τιμών αγωγιμότητας του νερού έκπλυσης ενός φορέα ή του ίδιου του φορέα. Η χρήση του οργάνου είναι απλή και δεν απαιτεί κάποια εξειδικευμένη γνώση.

Η διαδικασία αξιολόγησης με αγωγιμόμετρο συνοψίζεται στα ακόλουθα βήματα:

1. Το αγωγιμόμετρο τοποθετείται στο καθαρό νερό έκπλυσης ή καθαρό φορέα, πριν ξεκινήσει η πρώτη εφαρμογή και λαμβάνεται στιγμιαία η αρχική τιμή αγωγιμότητας.
2. Μετά την πρώτη εφαρμογή μετράται η αγωγιμότητα του φορέα ή του εκπλύματος. Αν η διαφορά μεταξύ της αρχικής τιμής αγωγιμότητας και της τιμής της πρώτης εφαρμογής είναι μεγάλη η εφαρμογή επαναλαμβάνεται.
3. Γίνεται επανάληψη εφαρμογών και μετρήσεων έως ότου σταθεροποιηθεί η αγωγιμότητα στο έκπλυμα ή αντίστοιχα μειωθεί η αγωγιμότητα στον φορέα στην τιμή της αρχικής, όπου και αυτό υποδηλώνει τη μη ύπαρξη περεταίρω αλάτος για αφαίρεση με αυτή τη μέθοδο.

Η μέθοδος απαιτείται εφόσον έχει παρουσιαστεί ήδη οπτικό αποτέλεσμα, δηλαδή αφαίρεση αλάτων από την επιφάνεια και χρειάζεται επανάληψη της μεθόδου προς αφαίρεση αλάτων από το εσωτερικό.

Έλεγχος με αναλυτικές τεχνικές

Τέλος, υπάρχουν αρκετοί τρόποι αξιολόγησης μίας μεθόδου με χρήση αναλυτικών τεχνικών. Ο έλεγχος γίνεται είτε με εξέταση των φορέων είτε με εξέταση της ίδιας της επιφάνειας. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται πιο συχνά είναι οι: SEM-EDX, XRD, XRF, FTIR, NMR, MIR, Raman. (Borelli, Marabelli, & Santopadre, 2009)(HilliMicallef, 2005)(Milanesi, Cresti, Baldi, Vignani, Ciampolini, & Faleri, 2006) (Boccalon, Nocchetti, Pica, Romani, & Casciola, 2017)(Boccalon, Nocchetti, Pica, Romani, & Casciola, 2019) (Pel, Sawdy, & Voronina, 2010)

Το πλεονέκτημα αυτών των μεθόδων έγκειται στην αναλυτικότητα της πληροφορίας που μπορούν να προσφέρουν, όσον αφορά τα άλατα που εντοπίστηκαν σε μία ζωγραφική επιφάνεια ή σε ένα φορέα. Ωστόσο, είναι τεχνικές οι οποίες δεν μπορούν να εφαρμοστούν άμεσα in situ από τον συντηρητή πεδίου, καθώς κάθε μία απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις τόσο για τη δειγματοληψία, όσο και για τη χρήση. Οι περισσότερες τεχνικές είναι αρκετά χρονοβόρες και δεν εξυπηρετούν πρακτικά ένα συντηρητή πεδίου για μία συνολική δουλειά, όπου χρειάζεται συνεχείς αξιολογήσεις. Αυτό έγκειται, όχι μόνο στο γεγονός ότι τα μηχανήματα βρίσκονται σε εργαστήρια μακριά από το μνημείο(παρότι πλέον υπάρχουν και φορητά), αλλά και γιατί πολλές τεχνικές είναι καταστρεπτικές απαιτώντας δειγματοληψία για κάθε αξιολόγηση.

ΕΝΟΤΗΤΑ 6.2: Κριτήρια επιλογής υλικών

Για να αναπτυχθεί ένα σύστημα αφαίρεσης αλάτων, θα πρέπει να συγκεντρωθεί και να συνεργαστεί ένας αριθμός υλικών. Για να είναι όσο το δυνατόν αποτελεσματική μία μέθοδος, θα πρέπει κάθε υλικό που έχει επιλεγεί να συμμετάσχει σε αυτή, να πληροί ορισμένα βασικά κριτήρια, τα οποία είναι τα εξής:

- Ασφάλεια και υγεία του συντηρητή
- Αλλοίωση της τοιχογραφίας
- Ταχύτητα
- Κόστος

Ασφάλεια και υγεία του συντηρητή

Η υγεία και η ασφάλεια του συντηρητή οφείλει να αποτελεί βασικό κριτήριο επιλογής των υλικών και το μεθόδων συντήρησης. Όπως προκύπτει από τη μελέτη των MSDS(βλ. παράρτημα στο τέλος), δηλαδή των δελτίων δεδομένων ασφαλείας του κάθε υλικού, τα υλικά που παρουσιάστηκαν σε αυτή την εργασία δεν ανήκουν στην κατηγορία των επικίνδυνων, καθώς δεν χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερη τοξικότητα και πτητικότητα. Στην εμπορική τους μορφή έχουν σχεδόν όλα μορφή σκόνης, επομένως συστήνεται η χρήση μάσκας και γαντιών για αποφυγή της απορρόφησης των υλικών αυτών από το αναπνευστικό σύστημα και το δέρμα. Παρόλα αυτά, το EDTA (χειλική ένωση) χρίζει ιδιαίτερης προσοχής, καθώς είναι βλαβερό στην περίπτωση που έρθει σε επαφή με τα μάτια, καθώς και για τα όργανα του αναπνευστικού συστήματος σε περίπτωση εισπνοής.

Η εφαρμογή των υλικών αυτών επίσης δεν μπορεί να θεωρηθεί ιδιαίτερα επικίνδυνη, καθώς γίνεται με απλά και χειροκίνητα μέσα (πινέλο, σπάτουλα, λαβίδα, σπόγγος κλπ.). Παρόλα αυτά, η μηχανική ανάδευση μεγάλης ποσότητας υλικών ή ακόμη και η μηχανική εφαρμογή πολτών που, αν και σπάνια, αναφέρεται στη βιβλιογραφία, μπορεί να εγκυμονεί κινδύνους για την ασφάλεια του χρήστη. Σε αυτές τις περιπτώσεις θα πρέπει να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα ασφαλείας, όπως η χρήση κράνους και προστατευτικών γυαλιών, η μόνωση των εκτεθειμένων καλωδίων και πριζών και τέλος η γνώση παροχής πρώτων βοηθειών από τους παρευρισκομένους.

Αλλοίωση της τοιχογραφίας

Ένα βασικό κριτήριο που πρέπει να πληροί μία μέθοδος, είναι η ελάχιστη δυνατή επίπτωση της εφαρμογής στην ίδια την τοιχογραφία. Το πρώτο πράγμα που θα πρέπει να εξεταστεί είναι η κατάσταση διατήρησης της επιφάνειας. Σε τοιχογραφίες που υπάρχει δράση αλάτων, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα απολεπίσεων, κονιορτοποιήσεων ή αποκολλησεων της ζωγραφικής επιφάνειας. Οι φορείς που θα επιλεγθούν θα πρέπει να έχουν το κατάλληλο ιξώδες με περιορισμένη υγρή απελευθέρωση, ώστε να μην προκαλέσουν πιθανή απώλεια τμημάτων της ζωγραφικής επιφάνειας. Ακόμα, είναι σημαντικό να αφαιρούνται ενιαίοι χωρίς να αφήνουν υπολείμματα, όπου σε αυτή την περίπτωση ένα ενδεχόμενο ξέπλυμά τους ίσως αποδειχθεί καταστροφικό για τα χρωματικά στρώματα.

Επιπλέον, θα πρέπει να εξεταστεί η ευαισθησία των αυθεντικών υλικών της τοιχογραφίας σε σχέση με τα υλικά του συστήματος (νερό, ιοντοεναλλάκτες, χηλικά). Οι χρωστικές και τα συνδετικά υλικά τους μπορεί να μην επιδέχονται επαφή με υγρασία, επομένως θα πρέπει να ρυθμιστεί η απελευθέρωση της υγρής φάσης από το φορέα, καθώς και ο χρόνος της εφαρμογής. Ακόμα, θα πρέπει να εξεταστεί και ο βαθμός επίδρασης των αντιδραστηρίων, τόσο στην επιφάνεια, όσο και στο υπόστρωμα, καθώς διατρέχεται ο κίνδυνος να χηλικοποιηθούν τα στοιχεία (Ca, Mg, Fe) ορισμένων χρωστικών και ο ασβεστίτης του κονιάματος, ή αντίστοιχα να λάβουν μέρος σε αντίδραση ιοντοανταλλαγής με κάποιον ιοντοεναλλάκτη.

Τέλος, κατά την επιλογή των υλικών, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα ενδεχόμενα νέα προβλήματα που μπορεί υποκινηθούν από την εφαρμογή μιας μεθόδου. Οι μέθοδοι που βασίζονται στην αρχή της διάχυσης, αλλά και γενικότερα οι φορείς με λιγότερο ελεγχόμενη απελευθέρωση του συστήματος, εισάγουν αρκετή ποσότητα νερού σε ένα τοίχο, ώστε να εγκυμονεί ο κίνδυνος μιας ενδεχόμενης αναδιανομής αλάτων στο εσωτερικό και επανακρυστάλλωσής τους με το πέρασμα των επεμβάσεων. Επιπλέον, η διαρκής παρουσία νερού στο σύνολο του έργου, μπορεί να οδηγήσει σε ανάπτυξη βιολογικών παραγόντων. Εκτός των μεθόδων που προαναφέρθηκαν, οι γέλες άγαρα λόγω της βιολογικής τους προέλευσης, αλλά και λόγω των ιδιοτήτων τους μπορούν επίσης να αποτελέσουν αιτία βιοπροσβολής στην επιφάνεια. Για να διατηρηθεί όμως ένα υγρό για μεγάλο χρονικό διάστημα σε ένα τοίχο, θα πρέπει να είναι ευνοούν οι περιβαλλοντικές σε συνδυασμό με τις χωροταξικές(προσανατολισμός, χώρος) συνθήκες μίας τοιχογραφίας. Επομένως,

ο συντηρητής θα πρέπει να εξετάσει στο σύνολο μία τοιχογραφία, ώστε αν κριθεί επιτακτική ανάγκη να στραφεί σε άλλο φορέα ή να τροποποιήσει τις ιδιότητες απελευθέρωσης και διατήρησης της υγρής φάσης του ήδη υπάρχοντος.

Ταχύτητα

Η ταχύτητα της μεθόδου είναι ένα ακόμα κριτήριο που ο συντηρητής θα πρέπει να λάβει υπόψη ώστε να δημιουργήσει ένα σύστημα υλικών και για να υπολογιστεί θα πρέπει να εξεταστεί ο επιμέρους χρόνος των σταδίων εφαρμογής:

1. Παρασκευή
2. Εφαρμογή
3. Αντίδραση
4. Αφαίρεση

Εξαρχής προκύπτει ξεκάθαρη διαφοροποίηση στο χρόνο του σταδίου της αντίδρασης, καθώς όπως έχει καταστεί σαφές από το 2^ο κεφάλαιο, οι μέθοδοι που βασίζονται στη αρχή της διάχυσης είναι αρκετά πιο αργοί σε σχέση αυτές που βασίζονται στην αρχή της οριζόντιας μεταφοράς.

Παρασκευαστικά, οι πολτοί είναι γρηγορότεροι, απαιτώντας μία απλή ανάδευση των συστατικών, συγκριτικά με τον σύνθετο και χρονοβόρο τρόπο παρασκευής των γελών, που όμως με κατάλληλη αποθήκευση είναι επαναχρησιμοποιήσιμες για μεγάλο διάστημα.

Η εφαρμογή των πολτών γίνεται σε μεγάλη έκταση του τοίχου με απευθείας εφαρμογή όλου του υλικού, οπότε ο χρόνος εφαρμογής είναι σχεδόν ίσος με το χρόνο αφαίρεσης. Αντιθέτως, η εφαρμογή των γελών είθισται να γίνεται σε μικρά τμήματα, όπου η εφαρμογή ακολουθείται από επί τόπου αφαίρεσή, πρωτού γίνει η επόμενη. Συνεπώς, στα στάδια παρασκευής-εφαρμογής-αφαίρεσης, φαίνεται να υπάρχει μία χρονική εξισορρόπηση ανάμεσα στα δύο είδη φορέων. Εξάιρεση όμως αποτελούν οι γέλες άγαρ, καθώς η τυπική μεθοδολογία εφαρμογής τους σε συνάρτηση με την απαιτούμενη τροποποίηση που πρέπει να υποστούν ώστε να είναι εφαρμόσιμες σε μία τοιχογραφία, επηρεάζει χρονικά τη μέθοδο στο σύνολο της.

Η ταχύτητα αντίδρασης του συστήματος είναι το πιο συγκρίσιμο στάδιο ώστε να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα και εκεί θα πρέπει να εστιάσει ο συντηρητής. Μπορεί ο χρόνος παρασκευής και εφαρμογής να είναι σαφής για τις περισσότερες μεθόδους, όμως ο χρόνος αντίδρασης είναι διαφορετικός για την κάθε περίπτωση, επηρεάζοντας έτσι τη συνολική ταχύτητα της διαδικασίας και τον ευρύτερο σχεδιασμό.

Κόστος

Το τελευταίο κριτήριο επιλογής αφορά το κόστος, το οποίο επηρεάζεται και μεταβάλλεται από αρκετούς παράγοντες. Αρχικά, ο συντηρητής πρέπει να εξετάσει το **μεμονωμένο κόστος**, δηλαδή την τιμή αγοράς του κάθε υλικού του συστήματος, ώστε να προκύψει ένα προσεγγιστικό κοστολόγιο των συνολικών υλικών.

Στη συνέχεια, ακολουθεί ο έλεγχος της **διαθεσιμότητας των υλικών** στην εγχώρια αγορά, ώστε να υπολογιστούν τα **μεταφορικά έξοδα**. Σε περίπτωση μη διαθεσιμότητας στην Ελλάδα, θα πρέπει να υπολογιστεί το κόστος των μεταφορικών και να εξεταστεί το οικονομικό συμφέρον αγοράς από το εξωτερικό ώστε να γίνει αναζήτηση νέας μεθόδου ή αντικατάστασης ορισμένων υλικών.

Επιπλέον, ενδεχόμενη μείωση του κοστολογίου προκύπτει, όταν η **αγορά όλων των προϊόντων γίνεται από ένα εργοστάσιο** παραγωγής ή εισαγωγής, καθώς εξαλείφονται τα πολλαπλά μεταφορικά έξοδα και η πιθανή αύξηση του κοστολογίου από ένα κατάστημα - μεσάζοντα.

Τέλος, το πραγματικό κόστος μίας μεθόδου είναι το **λειτουργικό κόστος**, δηλαδή το πόσο θα κοστίζει μία μέθοδος ώστε να λειτουργήσει αποτελεσματικά. Μία μέθοδος μπορεί να έχει πολύ φθηνά υλικά, αλλά οι απαιτούμενες

ποσότητες και επαναλήψεις να την κάνουν ακριβότερη από μία μέθοδο η οποία θα έχει πολύ ακριβά υλικά αλλά θα απαιτεί λίγες εφαρμογές και μικρές ποσότητες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Σύνοψη – Επίλογος

Η συνεχής ανάγκη για συνδυασμό αποτελεσματικότητας και ταχύτητας στις μεθόδους αφαίρεσης αλάτων, προκειμένου να μειωθεί παράλληλα, το κόστος και η περιβαλλοντική επίπτωση, απασχολεί την έρευνα ως προς την βελτίωση των παραδοσιακών τεχνικών και ως προς την ανάπτυξη πιο αποτελεσματικών συστημάτων αφαίρεσης αλάτων μαζί, βασιζόμενες σε νέα υλικά.

Στην συντήρηση και ειδικότερα στο πεδίο της αφαίρεσης αλάτων, πάντα υπήρχαν δημοφιλείς μέθοδοι ή υλικά που παγιώνονταν ανά τα συνεργεία ή τις σχολές συντήρησης, αγνοώντας πολλές φορές τη συμβατότητα ορισμένων έναντι της εκάστοτε περίπτωσης που έπρεπε να αντιμετωπιστεί. Επομένως, ένας ακόμα στόχος της παρούσας μελέτης, ήταν η αποσαφήνιση της χρήσης και εφαρμογής του κάθε υλικού και κάθε συστήματος για κάθε περίπτωση έργου-φθοράς, όπου συνεπάγεται με την συνεχής αναθεώρησή του καθενός ως μη καθολικά εφαρμόσιμο και επιτυχημένο. Δεν υπάρχει μία μοναδική και ιδανική μέθοδος για αφαίρεση αλάτων και πρακτικά ποτέ δεν θα μπορέσει να επιτευχθεί απόλυτη αφαίρεση αλάτων από ένα ακίνητο έργο όπως η τοιχογραφία. Επομένως, πράγματι είναι πιο ακριβές να αναφέρουμε αυτές τις επεμβάσεις ως «μείωση» αλάτων απ'ότι «αφαίρεση». Ωστόσο, όσον αφορά παχιές, αδιάλυτες κρούστες, η μερική αφαίρεση αλάτων μπορεί να αποδυναμώσει τα άλατα ώστε να εξυπηρετηθεί στη συνέχεια ολική αφαίρεση με μηχανικό τρόπο. Δεδομένου ότι οι μέχρι σήμερα τρόποι αξιολόγησης οδηγούν σε μόνο μία μερική και σχετικά επιφανειακή άποψη για την αφαίρεση των αλάτων και καθώς δεν μπορεί να εξασφαλιστεί η μη εισχώρηση υγρασίας με το πέρας των εργασιών, η μακροπρόθεσμη αποτελεσματικότητά τους όπως είναι φυσικό, περιορίζεται. Συνεπώς, ανεξάρτητα από την αποτελεσματικότητα αφαίρεσης που επιτυγχάνεται αμέσως μετά από μία εφαρμογή, μία τοιχογραφία θα πρέπει να παρακολουθείται και να αξιολογείται η κατάστασή της στο πέρασμα του χρόνου και αν κριθεί αναγκαίο να επαναληφθεί η επέμβαση, προσαρμοσμένη υπέρ μίας αναβαθμισμένης προσέγγισης. (Pel, Sawdy, & Voronina, 2010)

Είναι σημαντικό επίσης να τονιστεί, πως όλα τα υλικά και οι μέθοδοι δεν λειτουργούν αυτόματα, απλά με εισαγωγή σε ένα φορέα. Όλες οι τεχνικές που αναφέρθηκαν σε αυτή την εργασία, βασίζονται σε μεγάλο ποσοστό στην αντίληψη και τις δεξιότητες του συντηρητή να συγκεντρώσει ένα σύνολο υλικών, ώστε να αναπτύξει και να εφαρμόσει μία μέθοδο στοχευμένη και προσαρμοσμένη στις απαιτήσεις της εκάστοτε επιφάνειας. Μόνα τους τα υλικά και οι μέθοδοι, δεν θα μπορέσουν ποτέ να λειτουργήσουν ωφέλιμα σε ένα έργο. Κάθε υλικό έχει το δικό του πεδίο δράσης και τις δικές του ιδιότητες ανάμειξης, όπου χωρίς την κατάλληλη διαχείριση του από τον συντηρητή δεν μπορέσει να καταστεί λειτουργικό στο μέγιστο βαθμό των δυνατοτήτων του.

Επιπλέον, διαπιστώθηκε πως ορισμένα συστήματα κατά την αντίδραση τους με τα άλατα, δημιουργούν ανεπιθύμητα προϊόντα, π.χ. ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3), τα οποία είναι πιο δυσδιάλυτα από τα άλατα που επιχειρούσαν να διαλύσουν. Ωστόσο, τα προϊόντα αυτά πιθανόν να παράγονται μέσα στο φορέα και επομένως απομακρύνονται με αφαίρεσή του. Επίσης, μάλλον συγκρατούνται πολύ χαλαρά πάνω στην επιφάνεια, ώστε στη συνέχεια να αφαιρούνται με σχετική ευκολία.

Μέσα από την συγγραφή αυτής της εργασίας, προέκυψαν και κάποια συμπεράσματα όσον αφορά τις ανάγκες που δημιουργούνται για περαιτέρω βιβλιογραφική έρευνα στο πεδίο της αφαίρεσης αλάτων από τοιχογραφίες. Το μοντέλο της ταξινόμησης και κατηγοριοποίησης των υλικών που επιλέχθηκε, φανέρωσε την επιθυμία για περισσότερες συγκρίσεις μεταξύ των υλικών. Ενώ υπάρχει αρκετή έρευνα μεμονωμένων προϊόντων ή μίας συγκεκριμένης ομάδας (π.χ.

κυτταρινικές ίνες), υπάρχει φανερή απουσία στη σύγκριση μεταξύ προϊόντων ίδιας κατηγορίας (π.χ. χαρτοπολτοί έναντι αργιλικών πολτών, ρητίνες ιοντοανταλλαγής έναντι χηλικών αντιδραστηρίων, κλπ). Μέσα από αυτές τις συγκρίσεις απαιτούνται και ποσοτικά αποτελέσματα, ώστε να είναι με νούμερα κατανοητές και διακριτές οι διαφορές μεταξύ των διαφόρων υλικών (π.χ. ρυθμός απελευθέρωσης της καρβοξυμεθυλοκυτταρίνης έναντι του χαρτοπολτού). Ενώ, τα χαρακτηριστικά που επηρεάζουν τις ιδιότητες είναι γνωστά, ο συντηρητής χρειάζεται περισσότερα ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα, ώστε να έχει την πλήρη εποπτεία και κατανόηση των διαθέσιμων υλικών της αγοράς, προκειμένου να αναπτύσσει πιο αποτελεσματικά συστήματα.

Επιπλέον, ως συνάρτηση της παραπάνω έλλειψης, προκύπτει η ακόμα μεγαλύτερη έλλειψη σε έρευνες με ολοκληρωμένα συστήματα αφαίρεση αλάτων, πόσο μάλλον συγκρίσεων μεταξύ μεθόδων. Μέχρι στιγμής υπάρχει ποσότητα βιβλιογραφίας με δοκιμές αντιδραστηρίων και φορέων μεμονωμένα χωρίς να εξάγεται κάποιο συγκριτικό αποτέλεσμα μεταξύ της συνδυαστικής-συνεργατικής τους δράσης. Ακόμα και μεταξύ των παραδοσιακών μεθόδων, δεν υπάρχουν έρευνες που να εξάγουν συγκριτικά αποτελέσματα, απλά οι διαφορές τους είναι γνωστές είτε εμπειρικά, είτε μέσω της μελέτης των αποτελεσμάτων της επιμέρους δράσης των συμμετεχόντων υλικών.

Το σύνολο των ερευνών, ειδικά τα τελευταία χρόνια, αφορά αποτελέσματα εργαστηριακών ερευνών σε δοκίμια. Σίγουρα, το εργαστήριο αποτελεί την έναρξη, αλλά ο χώρος δράσης του συντηρητή είναι το πραγματικό έργο και κρίνεται αναγκαίο να γνωρίζει αν οι έρευνες υλικών και μεθόδων που διεξάγονται σε εργαστηριακές συνθήκες, έχουν πραγματική εφαρμογή *in situ*. Παλαιότερα, ήταν συχνό το φαινόμενο, ειδικότερα από πανεπιστημιακές ομάδες, οι δημοσιεύσεις ερευνών που αφορούσαν ολοκληρωτικά τη συντήρηση μίας τοιχογραφίας, δίνοντας έτσι ένα σύνολο πληροφοριών που είναι πρακτικά χρήσιμο για ένα συντηρητή, όσον αφορά τα υλικά, τη συμπεριφορά τους, την περίπτωση στην οποία εφαρμόστηκαν και το σημαντικότερο, τα ρεαλιστικά αποτελέσματα. Η άποψη του γράφοντα είναι πως για κάθε εργαστηριακή έρευνα ενός υλικού ή μιας ολόκληρης μεθόδου, θα πρέπει να ακολουθείται από εφαρμογή στο πραγματικό πεδίο και σε αυθεντικά υλικά. Όταν αυτή η έρευνα αφορά και σύγκριση μεταξύ μεθόδων *in situ*, τότε θα έχει επιτευχθεί ο ουσιαστικός της στόχος ο οποίος είναι να προσφέρει πρακτική γνώση και λύση σε ένα συντηρητή.

Η τελική αποτίμηση, είναι ότι για την εκπλήρωση των ανωτέρω βιβλιογραφικών αναγκών στο πεδίο, απαιτείται περαιτέρω εμπλοκή των ίδιων των συντηρητών στον ερευνητικό τομέα. Οι συντηρητές, με το γνωστικό πεδίο και την εμπειρία που διαθέτουν, θα πρέπει να επιθυμούν μεγαλύτερη συμμετοχή, τόσο στον τομέα της ανάπτυξης νέων υλικών, όσο και στην έρευνα και σύγκριση των υλικών και μεθόδων στο πραγματικό πεδίο. Η ενεργότερη συμμετοχή των συντηρητή των πεδίου στον τομέα της έρευνας, θα γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ του πλασματικού και του ρεαλιστικού στόχου και αποτελέσματος ενός υλικού, χωρίς φυσικά αυτή η συμμετοχή να εμποδίζει ή να επισκιάζει την ιδιότητα του ερευνητή στην όλη διαδικασία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Κωροναίος Α., Πουλάκος Γ., (2006), *Τεχνικά Υλικά Τόμος 1*, Ε.Μ.Π., Αθήνα
- Λαμπρόπουλος Β., Νταλούκα Ε., Παπαθανασίου Θ., Χατζηδάκη Μ., (1999), *Συντήρηση Έργων Τέχνης Τόμος 2^{ος}*, ΙΤΥΕ Διόφαντος, Αθήνα
- Μαμαλούκος Σ., (2005), Η οικοδομική τεχνολογία στο Βυζάντιο, *Αρχαιολογία και Τέχνες*, 8-17
- Al-Emam E., (2021), *Cleaning of Wall Paintings by Polyvinyl alcohol–Borax/Agarose (PVA–B/AG) Double Network Hydrogels*, University of Antwerp, Antwerp
- Al-Emam E., Motawea A. G., Caen J., Janssens K., (2021), Soot removal from ancient Egyptian complex painted surfaces using a double network gel: empirical tests on the ceiling of the sanctuary of Osiris in the temple of Seti I—Abydos, *Heritage Science*
- Alof M., (1987), Brancacci chapel, *Conservation news*
- Angelova L.V., Carretti E., Berrie B.H., Weiss R.G., (2017), *Poly(vinyl alcohol)-borax ‘gels’: a flexible cleaning option*, In:
- Angelova L.V., Ormsby B., Townsend J., Wolbers R., *Gels in the Conservation of Art*, Archetype Publication, London, 231-236
- Angelova L.V., Matarrese C., Fratini E., Weiss R.G., Dei L., Carretti E., (2018), Chelating agents in aqueous, partially-hydrolyzed, poly(vinyl acetate) dispersions crosslinked with borax. Physicochemical characterization and an application, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 61-71
- Angelova, L.V., Terech P., Natali I., Dei L., Carretti E., Weiss R.G., (2011), Co solvent gel-like materials from partially hydrolyzed poly(vinyl acetate)s and borax, *Langmuir*, 11671-11682
- Angelova L.V., Ormsby B., Richardson E., (2016), Diffusion of water from a range of conservation treatment gels into paint films studied by unilateral NMR: Part I: Acrylic emulsion paint, *Microchemical Journal*, 311-320
- Anzani M., Berzioli M., Cagna M., Campani E., Casoli A., Cremonesi P., Fratelli M., Rabollini A., Riggiardi D., (2008), Use of Rigid Agar Gels for Cleaning Plaster Objects, *Quaderni del Cesmar* 7, 33-55
- Arnold A., Zehnder K., (1991), Monitoring Wall Paintings Affected by Soluble Salts, In: *The Conservation of Wall Paintings Proceedings of a symposium organized by the Courtauld Institute of Art and the Getty Conservation Institute*, London, July 13-16, 1987, (Ed. Cather S.), The Getty Conservation Institute, 103-135
- Ashurst N., (1994), *Cleaning Historic Buildings vol. 2*, Donhead
- Auras M., (2008), Poultices and mortars for salt contaminated masonry and stone objects, In: *SWBSS*, Copenhagen
- Baglioni M., Poggi G., Chelazzi D., Baglioni P., (2021), Advanced Materials in Cultural Heritage Conservation, *Molecules*, 3967
- Baglioni P., Chelazzi D., Giorgi R., (2015), *Nanotechnologies in the conservation of natural heritage*, Springer
- Bartholdy J., Klenz Larsen P., Brajer I., (2021), Hydrogels as poultice material for desalination - a preliminary study, In: *5th International SWBSS conference*, Delft
- Bergaya F., Theng B.K.G., Lagaly G., (2006), *Handbook of Clay Science*, Elsevier B.V.
- Berlucchi N., Ginnani Corradini R., Bonomi R., Bemporad E., Tisato M., (2000), 'La Fenice' Theatre – Foyer and Apolline Rooms – Consolidation of Fire-Damaged Stucco and Marmorino Decorations by Means of Combined Applications of Ion exchange Resins and Barium Hydroxide, In: *9th International congress on Deterioration and Conservation of Stone*, (Ed: Fassina V.), Venice 2000, Elsevier B.V.

- Boccalon E., Nocchetti M., Pica M., Romani A., Casciola M., (2019), Composite sodium alginate-ion exchangers as cleaning systems for the removal of gypsum efflorescences, *Applied Clay Science*
- Boccalon E., Nocchetti M., Pica M., Romani A., Casciola M., (2017), Layered double hydroxide and zirconium phosphate as ion exchangers for the removal of 'black crusts' from the surface of ancient monuments, *Dalton Transactions*
- Borelli E., Marabelli M., Santopadre P., (2009), The Scrovegni Chapel: Studies on State of Conservation and Cleaning Procedures, *Giotto agli Scrovegni*
- Bosch-Roig P., Lustrato G., Zanardini E., Ranalli G., (2014), Biocleaning of Cultural Heritage stone surfaces and frescoes: which delivery system can be the most appropriate?, *Springer-Verlag*
- Burgess H., (1991), The use of chelating agents in conservation treatments, *The Paper Conservator*, 36-44
- Casazza, Ornella; Giovannoni, Sabino, (1991), Preliminary Research for the Conservation of the Brancacci Chapel, Florence, In: *The Conservation of Wall Paintings Proceedings of a symposium organized by the Courtauld Institute of Art and the Getty Conservation Institute*, London, July 13-16, 1987, (Ed. Cather S.), The Getty Conservation Institute, 13-19
- Charola E., Bläuer C., (2015), Salts in Masonry: An Overview of the Problem, *Restoration of Buildings and Monuments*, 119-135
- Costantino U., Costantino F., Elisei F., Latterini L., Nocchetti M., (2013), Coupling physical chemical techniques with hydrotalcite-like compounds to exploit their structural features and new multifunctional hybrids with luminescent properties, *Physical Chemistry Chemical Physics*, 13254-13269
- Costantino U., Leroux F., Nocchetti M., Mousty C., (2013), Chapter 6 - LDH in physical, chemical, bio-chemical and life sciences , In: Bergaya F., Lagaly G., *Developments in Clay Science*, Elsevier B.V., 765-791
- Cremonesi P., (2013), Rigid Gels and Enzyme Cleaning, In: *New Insights into the Cleaning of Paintings: Proceedings from the Cleaning 2010 International Conference*, Universidad Politecnica de Valencia and Museum Conservation Institute, (Eds. Mecklenburg M.F., Charola A.E., Koestler R.J.), Smithsonian, Washington, 179-183
- Delgado J. M. P. Q., Guimarães A. S., De Freitas V. P., Antepara I., Kocí V., Cerný R., (2016), Salt Damage and Rising Damp Treatment in Building Structures, *Hindawi Publishing Corporation - Advances in Materials Science and Engineering*
- Dwyer F.P., Mellor D.P., (1964), Chelating Agents and Metal Chelates, *Journal of the Chemical Society*
- Escisi B., Caglar E.B., (2019), Wall painting conservation in archaeological sites, In: *Archaeological Conservation: From Small Finds to Site Preservation Symposium 2019*, Kaman
- Fabbri B., (2012), *Science and Conservation for Museum Collections*, Nardini Editore
- Feller R.L., Wilt M., (1990), *Evaluation of Cellulose Ethers for Conservation*, The Getty Conservation Institute, Los Angeles
- Florentino P., Marabelli M., Matteini M., Moles A., (1982), The Condition of the 'Door of Paradise' by L. Ghiberti. Tests and Proposals for Cleaning, *Studies in Conservation*
- Giovagnoli A., Meucci C., Tabasso Laurenzi M., (1982), Ion Exchange Resins Employed in the Cleaning of Stones and Plasters: Research of Optimal Employment Conditions and Control of their Effects, In: *Deterioramento e Conservazione della Pietra: Atti del 3 Congresso Internazionale*, Venice, October 24-27 1979, Istituto di Chimica Industriale, Università degli Studi di Padova, 499-510
- Gomoiu I., Radvan R., Ghervase I., Mohanu I., Enache M., Neagu S., Ruginescu R., Cojoc R., (2020), Cleaning of Mural Paintings and Mortars: Review, *Romanian Journal of Materials*, 485-492
- Guidetti V., Uminski M., (2000), Ion Exchange Resins for Historic Marble Desulfatation and Restoration, In: *9th International congress on Deterioration and Conservation of Stone*, Venice, (Ed. Fassina V.), Elsevier B.V.
- Hackney S., (2013), The Art and Science of Cleaning Paintings, *Smithsonian Contributions to Museum Conservation*, 11-15

- Hammer I., (1991), The Conservation in Situ of the Romanesque Wall Paintings of Lambach, In: *The Conservation of Wall Paintings Proceedings of a symposium organized by the Courtauld Institute of Art and the Getty Conservation Institute*, London, July 13-16, 1987, (Ed. Cather S.), The Getty Conservation Institute, 43-55
- Hart J.R., (2011), Ethylenediaminetetraacetic Acid and Related Chelating Agents, In: *Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry*, Wiley-VCH, Weinheim, 573-578
- Heritage A., Funke F., Verges-Belmin V., Burges A., (2008), How do conservators tackle desalination?, In: *CHRESP: 8th EC Conference on Sustaining Europe's Cultural Heritage*, Ljubljana
- Hilli Micallef J., (2005), *A Study on the Desalination of Paintings on Globigerina Limestone: the Wall Paintings at the Former Jesuit's College, Valletta*, Institute of conservation and management of cultural heritage, Valetta
- Iannuccelli S., Sotgiou S., (2010), Wet Treatments of Works of Art on Paper with Rigid Gellan Gels, *The Book and Paper Group Annual*
- Koski A., Yim K., Shivkumar S., (2004), Effect of molecular weight on fibrous PVA produced by electrospinning, *Materials Letters*, 493-497
- Kunin R., (1985), *Ion Exchange Resins*, R.E. Krieger Pub. Co., Malabar-Florida
- Lee Scott C., (2012), The use of agar as solvent gel in objects conservation, *Objects Specialty Group Postprints*, 71-83
- Lubelli B., Van Hees R.P.J., (2010), Desalination of masonry structures: fine tuning of pore size distribution of poultices to substrate properties, *Journal of cultural heritage*, 10-18
- Mahonar S., Santhanam M., (2021), Use of poulticing in desalination of masonry units -implications on salt-deteriorated structures, *Current Science*
- Matarrese C., (2014), *Co-Solvents and chelating agents confined in complex fluids for the cleaning of surfaces of works of art*, Universita degli studi Firenze, Florence
- Mathias B.L., Desa J.A.E., Aswal V.K., (2018), Reentrant behaviour in polyvinyl alcohol-borax hydrogels, *Materials Research Express*
- Milanesi C., Cresti M., Baldi F., Vignani R., Ciampolini F., Faleri C., (2006), *La Cappella del Sacro Chiodo, studio dello stato di conservazione ed ipotesi di intervento conservative*, Universita degli Studi di Siena, Siena
- Miyata S., (1983), Anion-exchange properties of hydrotalcite-like compounds, *Clays and Clay Minerals*, 305-311
- Mora P., Mora L., Philippot P., (1984), *Conservation of wall paintings*, Butterworths, London
- Moran S., (2018), *An Applied Guide to Water and Effluent Treatment Plant Design*, Elsevier B.V.
- Muck D.L., Gewanter H.L., (1972), The Detergent Building Properties of Trisodium Citrate, In: *1972 Joint meeting of the American Oil Chemists Society and the Japan Oil Chemists Society*, Los Angeles
- Paolieri M., (2017), Ferdinand Münz: EDTA and 40 years of inventions, *Bulletin for the history of chemistry*, 133-140
- Pater R., (2021), Desalination, a heritage architect's perspective, In: *5th International SWBSS conference*, Delft
- Pel L., Sawdy A., Voronina V., (2010), Physical principles and efficiency of salt extraction by poulticing, *Journal of Cultural Heritage*, 59-67
- Pfizer Chemical Division, (1990), *Citrate in Detergent Applications Technical Information Data Sheet(no number)*
- Phenix A, Burnstock A., (2010), The removal of surface dirt on paintings with chelating agents, *The Conservator*, 28-38
- Pica M., Donnadio A., Casciola M., (2012), Starch/zirconium phosphate composite films: Hydration, thermal stability and mechanical properties, *Stärke Starch*, 237-245

- Redman C., (1999), Cellulose Sorbents: An evaluation of their working properties for use in wall painting conservation, *The conservator*, 68-76
- Richey W.D., (1975), Chelating Agents - A review, *Studies in Conservation*, 229-234
- Rives V., (2001), *Layered Double Hydroxides: Present and Future*, Nova Science, New York
- Romão P.M.S., Alarcão A.M., Viana C.A.N., (1990), Human Saliva as a Cleaning Agent for Dirty Surfaces, *Studies in Conservation*, 153-155
- Ropret P., Bukovec P., (2006), *Chemical cleaning of Quaglio's mural painting in the cathedral of saint Nicholas in Ljubljana*, Ljubljana
- Rubinstein M., Colby R.H., (2003), *Polymer Physics*, Oxford
- Ryczkowski J., (2019), *EDTA – synthesis and selected applications*, Annales Chemistry - Universitatis Mariae Curie-Sklodowska
- Sansonetti A., Bertasa M., Canevali C., Rabbolini A., Anzani M., Scalarone D., (2020), A review in using agar gels for cleaning art surfaces, *Journal of Cultural Heritage*, 285-296
- Sawdy A., Lubelli B., Voronina V., Pel L., (2010), Optimizing the extraction of soluble salts from porous materials by poultices, *Studies in Conservation*, 26-40
- Sikorski P., Mo F., Skjak-Braek G., Stokke B.T., (2007), Evidence for egg-box-compatible interactions in calcium-alginate gels from fiber X-ray diffraction, *Biomacromolecules*, 2098-2103
- Sousa A.M.M., Souza H.K.S., Uknalis J., Liu S.C., Goncalves M.P., Liu L.S., (2015), Electrospinning of agar/PVA aqueous solutions and its relation with rheological properties, *Carbohydrate Polymers*, 348-355
- Teutonico J.M., (1988), *A Laboratory Manual for Architectural Conservation*, ICCROM
- Theng B.K.G., (1974), *The Chemistry of Clay-Organic Reactions*, *Clays and Clay Minerals*, 336
- Tonnesen H.H., Karlsen J., (2002), Alginate in drug delivery systems, *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 621-630
- Tortajada Hernando S., Blanco Dominguez M.M., (2013), Cleaning plaster surfaces with agar-agar gels: evaluation of the technique, *Ge-Conservation*, 111-126
- Varshosaz J., Reza Zaki M., Minaiyan M., Banoozadeh J., (2015), Preparation, Optimization, and Screening of the Effect of Processing Variables on Agar Nanospheres Loaded with Bupropion HCl by a D-Optimal Design, *Biomed Research International*, 1-13
- Vergès-Belmin V., Siedel H., (2005), Desalination of Masonries and Monumental Sculptures by Poulticing: A review, *Restoration of Buildings and Monuments*, 391-408
- Vergès-Belmin V., Heritage A., Bourgès A., (2011), Powdered Cellulose Poultices in Stone and Wall Painting Conservation - Myths and Realities, *Studies in Conservation*, 281-297
- Wichterle O., Lim D., (1960), Hydrophilic Gels for Biological Use, *Nature*, 117-185
- Winfield D. C., (1968), Middle and Later Byzantine Wall Painting Methods: A Comparative Study, *Dumbarton Oaks*, 61-139
- Wolbers R., Stulik D., Miller D., Khanjian H., Khandekar N., Carlson J., Petersen C., (2004), *Solvent Gels for the cleaning of works of Art*, The Getty conservation institute, Los Angeles
- Wolbers R., (2000), *Cleaning painted surfaces - aqueous methods*, Archetype Publications
- Zagorodni A., (2007), *Ion Exchange Materials Properties and Applications*, Elsevier B.V.

Κυτταρινικές ίνες – Safety Data Sheet

Revised edition: 17.04.2014 Version: 4 Printed: 11.06.2014

1. Identification of the Substance/Mixture and of the Company/Undertaking	
1.1. Product Identifier	
Product Name:	Arboce® BC 200
Article No.:	59755
1.2. Relevant identified Uses of the Substance or Mixture and Uses advised against	
Identified uses:	
Uses advised against:	
1.3. Details of the Supplier of the Safety Data Sheet	
Company:	Kremer Pigmente GmbH & Co. KG
Address:	Hauptstr. 41-47, 88317 Aichstetten, Germany
Tel./Fax.:	Tel +49 7565 914480, Fax +49 7565 1606
Internet:	www.kremer-pigmente.de
EMail:	info@kremer-pigmente.de
1.4. Emergency No.	
Emergency No.:	+49 7565 914480 (Mon-Fri 8:00 - 17:00)

2. Hazards Identification	
2.1. Classification of the Substance or Mixture	
Classification according to EC Regulation 1272/2008	This product is not classified as hazardous according to the CLP/GHS Directive.
Classification according to EC Regulation No. 67/548 or No. 1999/45	The material is not subject to classification according to EC lists.
Safety Phrases:	
Possible Environmental Effects:	
2.2. Label Elements	
Classification according to EC Regulation 1272/2008	This product does not require classification and labelling as hazardous according to CLP/GHS.
Hazard designation:	Not applicable.
Signal word:	
Hazard designation:	
Safety designation:	
Hazardous components for labelling:	
2.3. Other Hazards	This material is combustible, but not easily inflammable.

3. Composition/Information on Ingredients	
3.1. Substance	
3.2. Mixture	
Chemical Characterization:	100 % Cellulose. CAS No.: 9004-34-6; EINECS: 232-674-9
Hazardous Ingredients:	
Additional information:	Exempted from the mandatory REACH Registration (Annex IV and V).

4. First Aid Measures	
4.1. Description of the First Aid Measures	
General information:	Seek medical attention in case of complaints.
After inhalation:	Supply fresh air.
After skin contact:	No special measures required.
After eye contact:	Rinse eyes with water. Seek medical attention if irritation persists.
After ingestion:	No special measures required.
4.2. Most important Symptoms and Effects, both Acute and Delayed	
Symptoms:	None known.
Effects:	No further information available.
4.3. Indication of any Immediate Medical Attention and special Treatment needed	
Treatment:	Treat symptomatically.

5. Fire-Fighting Measures	
5.1. Extinguishing Media	
Suitable extinguishing media:	Foam, carbon dioxide (CO ₂), extinguishing powder, water spray.
Unsuitable extinguishing media:	Water with full jet.
5.2. Special Hazards arising from the Substance or Mixture	
Special hazards:	In case of fire: formation of carbon monoxide and dioxide.
5.3. Advice for Firefighters	
Protective equipment:	

Further information:	Wear self-contained respiratory protective device.
	Fire class: A (ordinary combustibles).

6. Accidental Release Measures	
6.1. Personal Precautions, Protective Equipment and Emergency Procedures	
Personal precautions:	Avoid formation of dust. Respiratory protection in case of formation of vapors/dust/aerosol.
6.2. Environmental Precautions	
Environmental precautions:	No special measures required.
6.3. Methods and Material for Containment and Cleaning Up	
Methods and material:	Clean up mechanically. Avoid dust formation. Avoid dust formation.
6.4. Reference to other Sections	Protective clothing, see Section 8. See Section 13 for information on disposal.

7. Handling and Storage	
7.1. Precautions for Safe Handling	
Instructions on safe handling:	Avoid formation and deposition of dust. Provide adequate ventilation. Treat like any combustible material which contains dusty parts with special precautionary measures.
Hygienic measures:	No further measures, see Section 8.
7.2. Conditions for Safe Storage, including any Incompatibilities	
Storage conditions:	Store in closed container and keep product dry. Store in tightly sealed containers in a dry room. Protect against humidity and water.
Requirements for storage areas and containers:	No special measures necessary.
Information on fire and explosion protection:	Combustible material. Risk of dust explosion. Keep away from sources of ignition - do not smoke. Take measures to prevent electricity static discharge. Dust explosion class 1 (Kst-value >0-200 bar m ² /s).
Storage class (VCI):	

Further Information:	T1; Combustible solids
	Shelf-life: at least 5 years Maximum storage time: not relevant

7.3. Specific End Use(s)	
Further information:	

8. Exposure Controls/Personal Protection	
8.1. Parameters to be Controlled	
Parameters to be controlled (DE):	TRGS 900 TLV: 10 mg/m ³ inhalable fraction (general dust limit) TLV: 3 mg/m ³ air-borne fraction (general dust limit)
Parameters to be controlled (EC):	Cellulose (9004-34-6): AGW (BE) 10 mg/m ³ Cellulose (9004-34-6): AGW (CH): 3 mg/m ³ (airborne aerosol)
Derived No-Effect Level (DNEL):	No values available.
Predicted No-Effect Concentration (PNEC):	No values available.
Additional Information:	
8.2. Exposure Controls	
Technical protective measures:	Provide adequate ventilation/exhaust system.
Personal Protection	
General protective measures:	Keep away from foodstuffs and drinks. Do not eat, drink or smoke during work. Wash hands before breaks and at the end of work.
Respiratory protection:	If exposure limit is exceeded: dust mask with particle filter P2 (for solid and liquid particles DIN 3181).
Hand protection:	Not required
Protective glove material:	
Eye protection:	Safety glasses (EN 166)
Body protection:	
Environmental precautions:	No special measures required.

9. Physical and Chemical Properties	
--	--

9.1. Information on Basic Physical and Chemical Properties	
Form:	fibres
Color:	white
Odor:	odorless
Odor threshold:	No information available.
pH-Value:	5 - 7 (100 g/l H ₂ O, 20°C)
Melting temperature:	not applicable
Boiling temperature:	not applicable
Flash point:	not available
Evaporation rate:	not applicable
Flammability (solid, gas):	not applicable
Upper explosion limit:	11000 g/m ³
Lower explosion limit:	30 g/m ³
Vapor pressure:	not applicable
Vapor density:	
Density:	ca. 1.3 g/m ³
Solubility in water:	insoluble (20°C)
Coefficient of variation (n-Octanol/Water):	not applicable
Auto-ignition temperature:	No information available.
Decomposition temperature:	ca. 200°C
Viscosity, dynamic:	not applicable
Explosive properties:	Risk of dust explosion.
Oxidizing properties:	No information available.
Bulk density:	70 - 90 kg/m ³
9.2. Further Information	
Solubility in solvents:	
Viscosity, kinematic	
Burning class:	
Solvent content:	
Solid content:	
Particle size:	
Other information:	Minimum ignition energy: > 30 mJ Minimum ignition temperature of a dust cloud: 400°C Flammability and general dust fire behavior of deposited dust: burning class 5 Minimum ignition temperature of a 5 mm dust layer (glow temperature): > 300°C Maximum explosion pressure: < 9.5 bar
10. Stability and Reactivity	
10.1. Reactivity	
	No information available.
10.2. Chemical Stability	
	None known.
10.3. Possibility of Hazardous Reactions	
	No information available.
10.4. Conditions to Avoid	
Conditions to avoid:	Protect from heat.
Thermal decomposition:	> 200°C
10.5. Incompatible Materials	
	No information available.
10.6. Hazardous Decomposition Products	
	Carbon monoxide and dioxide.
10.7. Further Information	
11. Toxicological Information	
11.1. Information on Toxicological Effects	
	No information available.
Acute Toxicity	
LD50, oral:	
LD50, dermal:	
LCS0, inhalation:	
Primary effects	
Irritant effect on skin:	Non irritating
Irritant effect on eyes:	

	Non-irritating to eyes
Inhalation:	Non irritating.
Ingestion:	No information available
Sensitization:	Not sensitizing.
Mutagenicity:	No data available.
Reproductive toxicity:	No negative effects.
Cancerogenicity:	No negative effects.
Teratogenicity:	No information available.
Specific target organ toxicity (STOT):	No data available.
Additional toxicological information:	Product is non-toxic.
12. Ecological Information	
12.1. Aquatic Toxicity	
	No toxicity expected.
Fish toxicity:	
Daphnia toxicity:	
Bacteria toxicity:	
Algae toxicity:	
12.2. Persistence and Degradability	
	No information available.
12.3. Bioaccumulation	
	No bioaccumulation expected.
12.4. Mobility	
	Not expected to adsorb on soil.
12.5. Results of PBT- und vPvP Assessment	
	No data available.
12.6. Other Adverse Effects	
Water hazard class:	Not hazardous.
Behaviour in sewage systems:	
Further ecological effects:	Natural product. Environmentally not hazardous.
AOX Value:	
13. Disposal Considerations	
13.1. Waste Treatment Methods	
Product:	Recover or recycle if possible.
European Waste Code (EWC):	030399 - Wastes not otherwise specified
Uncleaned packaging:	Uncontaminated packaging may be recycled. Completely empty packaging can be disposed of with the regular waste.
Waste Code No.:	150106 - Mixed packaging.
14. Transport Information	
14.1. UN Number	
ADR, IMDG, IATA	
14.2. UN Proper Shipping Name	
ADR/RID:	No hazardous goods according to ADR (land transportation).
IMDG/IATA:	No hazardous goods according to IMDG.
14.3. Transport Hazard Classes	
ADR Class:	not applicable
Hazard no.:	
Classification code:	
Tunnel no.:	
IMDG Class (sea):	
Hazard no.:	
EmS No.:	
IATA Class:	not applicable
Hazard no.:	
14.4. Packaging Group	
ADR/RID:	not applicable
IMDG:	
IATA:	
14.5. Environmental Hazards	
	Not classified as environmentally hazardous.
14.6. Special Precautions for User	
	Not classified as a dangerous good under transport regulations.
14.7. Transportation in Bulk according to Annex II of MARPOL 73/78 and IBC-Code	
	not applicable
14.8. Further Information	
15. Regulatory Information	
15.1. Safety, Health and Environmental Regulations/Legislation specific for the Substance or Mixture	
Water hazard class:	0, not hazardous
Local regulations on chemical accidents:	
Employment restrictions:	
Restriction and prohibition of application:	
Technical instructions on air quality:	5.2.1. Total dust, including fine dust.
15.2. Chemical Safety Assessment	
	A Chemical Safety Assessment has not been carried out for this product.
15.3. Further Information	
	Listed in: EINECS (EC), TSCA (US), DSL (CA)
16. Other Information	
	This product should be stored, handled and used in accordance with good hygiene practices and in conformity with any legal regulations. This information contained herein is based on the present state of knowledge and is intended to describe our product from the point of view of safety requirements. It should be therefore not be construed as guaranteeing specific properties.

Σεπλιόλιθος - Safety Data Sheet

1. Identification

Trade name:	Sepiolite
Product code:	SepSP-1
Recommended use:	Raw material
Supplier:	The Clay Minerals Society The Source Clays Repository 3635 Concorde Pkwy, Suite 500 Chantilly, VA 20151-1110 USA T (703) 652-9960 sms@clays.org

Issue date: 03/09/2020

2. Hazard(s) identification

Classification:	
Physical hazards	Health hazards
Not classified	Carcinogenicity Category 1A Specific target organ toxicity (repeated exposure) Category 1

GHS US labeling:

Danger!



CONTAINS: Quartz

Hazard statements (GHS US)	Precautionary statements (GHS US)
H350 - May cause cancer H372 - Causes damage to organs through prolonged or repeated exposure	P201 - Obtain special instructions before use. P202 - Do not handle until all safety precautions have been read and understood. P260 - Do not breathe dust. P264 - Wash hands thoroughly after handling. P270 - Do not eat, drink or smoke when using this product. P280 - Wear protective gloves. P308+P313 - If exposed or concerned: Get medical advice/attention. P314 - Get medical advice/attention if you feel unwell. P405 - Store locked up. P501 - Dispose of contents or container to federal, state, and local

3: Composition/Information on ingredients

Component	CAS-No.	Amount (%)
Sepiolite	63800-37-3	95 - 100
Quartz	14808-60-7	<2

*Chemical name, CAS number and/or exact concentration have been withheld as a trade secret

4. First-aid measures

Inhalation: Move the affected person to the fresh air. Get medical attention if symptoms occur.
Skin: Gently wash with plenty of soap and water. Get medical advice if skin irritation persists.
Eyes: Rinse eyes with water as a precaution. Get medical attention if irritation develops and persists.
Ingestion: Call a poison center or a doctor if you feel unwell.
Most important symptoms: May cause cancer, if inhaled. Causes damage to organs (lungs) (through prolonged or repeated exposure by inhalation).
Immediate medical attention and special treatment, if necessary: Not required.

5. Fire-fighting measures

Suitable extinguishing media: Use extinguishing media appropriate for surrounding fire.
Unsuitable extinguishing media: None.
Specific Hazards Arising from the Chemical: This product is not classified as flammable or combustible.
Special protective equipment and precautions for fire-fighters: Do not attempt to take action without suitable protective equipment.

6. Accidental release measures

Personal precautions, protective equipment and emergency procedures: Wear suitable protective clothing. Avoid contact with eyes, skin and clothing.
Methods and material for containment and cleaning up: Mechanically recover the product. Minimize generation of dust. Place in a suitable container for disposal in accordance with the waste regulations (see Section 13).

7. Handling and storage

Precautions for safe handling: Obtain special instructions before use. Do not handle until all safety precautions have been read and understood. Wear personal protective equipment. Avoid contact with eyes, skin and clothing. Wash hands with water and soap. Take all necessary technical measures to avoid or minimize the release of the product on the workplace. Do not breathe dust. Do not rely on your sight to determine if dust is in the air. Silica may be in the air without a visible dust cloud. Use normal precautions against bag breakage or spills of bulk material. Avoid creation of respirable dust. Use good housekeeping in storage and use areas to prevent accumulation of dust in work area.

To reduce the risk of developing silicosis, lung cancer and other adverse health effects, the ACGIH recommends that the industrial hygienist use every means available to keep exposures below the recommended TLV. NIOSH recommends reducing airborne exposure levels as low as possible below NIOSH's recommended exposure limit, substituting less hazardous materials when feasible, using appropriate respiratory protection when source controls cannot keep exposures below the recommended limit and making medical examinations available to exposed workers.

Use adequate ventilation and dust collection. To minimize exposure, wear a respirator approved for silica dust when using, handling, storing or disposing of this product or bag. Refer to the most recent government and local regulations when selecting a respirator. Maintain, clean and fit test respirators in accordance with the most recent government and local regulations. Maintain and test ventilation and dust collection equipment. Launder clothing that has become

dusty. Empty containers (bags, bulk containers, storage tanks, etc.) retain silica residue and must be handled in accordance with the provisions of this Material Safety Data Sheet. WARN and TRAIN employees in accordance with state and federal regulations.

Refer to the OSHA Respirable Crystalline Silica standards; 29CFR1910.1053, 1915.1053 and 1926.1053 for specific requirements for use and handling.

WARN YOUR EMPLOYEES (AND YOUR CUSTOMERS AND USERS IN CASE OF RESALE) BY POSTING, AND OTHER MEANS, OF THE HAZARDS AND OSHA AND ANY OTHER APPLICABLE REGULATORY PRECAUTIONS TO BE USED. PROVIDE TRAINING FOR YOUR EMPLOYEES ABOUT OSHA PRECAUTIONS.

Dust can accumulate electrostatic charges due to friction from transfer and mixing operations and cause an electrical spark (ignition source) which can ignite flammable liquids and atmospheres. Provide adequate precautions when adding this product to flammable and combustible mixtures like paints and coating, such as electrical grounding and bonding, inert atmosphere or non-sparking tools. However, bonding and grounds may not eliminate the hazard for static accumulation.

See also American Society for Testing and Materials (ASTM) Standard Practice E1132-99a, "Standard Practice for Health Requirements Relating to Occupational Exposure to Respirable Crystalline Silica".

Additional information on silica hazards and precautionary measures can be found at the following websites:
NIOSH Joint Campaign on Silicosis Prevention <http://www.cdc.gov/niosh/topics/silica/default.html>
OSHA Crystalline Silica Website <http://www.osha.gov/dsg/topics/silicacrystalline/index.html>
MSHA Silicosis Prevention Website <https://arweb.msha.gov/S&HINFO/SILICO/SILICAX.pdf>
NIOSH Hazard Review - Health Effects of Occupational Exposure to Respirable Crystalline Silica Website <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2002-129/>.

Storage conditions: Store locked up.

8. Exposure controls/personal protection

Exposure guidelines:		
Sepiolite (as PNOC)	5 mg/m ³ TWA OSHA PEL (Respirable) 15 mg/m ³ TWA OSHA PEL (Total dust)	
Quartz	0.05 mg/m ³ respirable dust TWA OSHA PEL; 0.025 mg/m ³ (R - Respirable particulate matter) TWA ACGIH TLV;	

Appropriate engineering controls: Use local exhaust as required to maintain exposures as far as possible below applicable occupational exposure limits. See also ACGIH "Industrial Ventilation - A Manual for Recommended Practice" (current edition). Control of exposure to dust must be accomplished as far as feasible by accepted engineering control measures (for example, enclosure or confinement of the operation, general or local exhaust ventilation and substitution of less toxic materials). Refer to the OSHA Respirable Crystalline Silica standards; 29CFR1910.1053, 1915.1053 and 1926.1053 for specific requirements for engineering controls.

Environmental exposure controls: Avoid creating or spreading dust.

Personal protective equipment:

Hand protection: Wear suitable gloves

Eye protection: Use suitable eye protection

Skin and body protection: Wear suitable protective clothing

Respiratory protection: Wear respiratory protection. In operations where exposure limits are exceeded or exposure levels are excessive, an approved respirator should be used. Respirator selection and use should be based on contaminant type, form and concentration. Follow applicable regulations and good Industrial Hygiene practice.

9. Physical and chemical properties

Appearance: Powder.			
Physical state	: Solid	Relative density	: 2.2
Color	: white	Solubility	: No data available
Odor	: None	Log Pow	: No data available
Odor threshold	: No data available	Auto-ignition temperature	: Not applicable
pH	: No data available	Decomposition temperature	: No data available
Melting point	: No data available	Viscosity, kinematic	: Not applicable
Freezing point	: No data available	Viscosity, dynamic	: No data available
Boiling point	: No data available	Explosion limits	: Not applicable
Flash point	: Not applicable	Explosive properties	: No data available
Relative evaporation rate (butyl acetate=1)	: No data available	Oxidizing properties	: No data available
Flammability (solid, gas)	: Not applicable.		
Vapor pressure	: No data available		
Relative vapor density at 20 °C	: No data available		

10. Stability and reactivity

Reactivity: The product is non-reactive under normal conditions of use, storage and transport.

Chemical stability: Stable under normal conditions.

Possibility of hazardous reactions: No dangerous reactions known under normal conditions of use.

Conditions to avoid: None known.

Incompatible materials: None known.

Hazardous decomposition products: Under normal conditions of storage and use, hazardous decomposition products should not be produced.

11. Toxicological information

Inhalation: May cause minor irritation to the respiratory tract and to other mucous membranes.

Skin: Prolonged or repeated contact may cause skin to become dry.

Eyes: Contact may cause mechanical irritation and possible injury.

Ingestion: None under normal conditions.

Carcinogenicity: May cause cancer.
Sepiolite: IARC 3 - Not classifiable;
Quartz: IARC 1 - Carcinogenic to humans; NTP Known Human Carcinogens;
Germ cell mutagenicity: OSHA Carcinogen
 Not classified
Reproductive toxicity: Not classified

Numerical measures of toxicity: Oral rat LD50 -> 2000 mg/kg; Dermal rabbit LD50-> 2000 mg/kg;
The following are the toxicity values for the components:
Sepiolite: No data available
Quartz: Oral rat LD50-> 22500 mg/kg;
Skin corrosion/irritation Not classified
Serious eye damage/irritation Not classified
Respiratory or skin sensitization Not classified
STOT-single exposure Not classified
STOT-repeated exposure Causes damage to organs through prolonged or repeated exposure.

Quartz: Silicosis: Excessive inhalation of respirable crystalline silica dust may cause a progressive, disabling and sometimes fatal lung disease called silicosis. Symptoms include cough, shortness of breath, wheezing, non-specific chest illness and reduced pulmonary function. This disease is exacerbated by smoking. Individuals with silicosis are predisposed to develop mycobacterial infections (tuberculous and non-tuberculous) and fungal infections. Inhalation of air with a very high concentration of respirable silica dust can cause the most serious forms of silicosis in a matter of months or a few years. Some epidemiologic studies have concluded that there is significant risk of developing silicosis even at airborne exposure levels that are equal to the recommended NIOSH REL, and ACGIH TLV. Other Data with Possible Relevance to Human Health: There is some evidence that breathing respirable crystalline silica or the disease silicosis is associated with an increased incidence of significant disease endpoints such as scleroderma (an immune system disorder manifested by fibrosis of the lungs, skin and other internal organs) rheumatoid arthritis, systemic lupus, erythematous, sarcoidosis, chronic bronchitis, chronic obstructive pulmonary disease (COPD), emphysema, chronic kidney disease and end-stage renal disease. For further information consult "Adverse Effects of Crystalline Silica Exposure" published by the American Thoracic Society Medical Section of the American Lung Association, American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, Volume 155, pages 761-768, 1997, and see also NIOSH Hazard Review - Health Effects of Occupational Exposure to Respirable Crystalline Silica, April 2002 (see Section 7 for NIOSH Hazard Review Website).

12. Ecological information

Ecology - general: The product is not considered harmful to aquatic organisms or to cause long-term adverse effects in the environment.

Ecotoxicity:
 Quartz 10000 mg/L Fish LC50

Persistence and degradability: No data available
Quartz: Not biodegradable.
Bioaccumulative potential: No data available
Mobility in soil: No data available

Other adverse effects:
 No data available

13. Disposal considerations

Regional legislation (waste): Dispose of in accordance with applicable federal, state, and local regulations.

14. Transport information

Department of Transportation (DOT)

Not regulated for transport

Transport by sea

Not regulated for transport

Air transport

Not regulated for transport

15. Regulatory information

SARA Section 313 - Emission Reporting: Not subject to reporting requirements of the United States SARA Section 313

CERCLA Section 103:

This product is not subject to reporting under CERCLA. However, many states have more stringent reporting requirements. Report all spills in accordance with local, state, and federal regulations.

SARA 302:

Not applicable

SARA Section 311/312 Hazard Classes: Refer to Section 2 for OSHA Hazard Classification.

California Proposition 65:

WARNING: This product can expose you to Quartz, which is known to the State of California to cause cancer. For more information go to www.P65Warnings.ca.gov.

TSCA: All components of this product are listed, or excluded from listing, on the United States Environmental Protection Agency Toxic Substances Control Act (TSCA) inventory.

INTERNATIONAL INVENTORIES

Australia AICS: All the components are listed.

Canada DSL: All the components are listed.

Japan ENCS: All the components are listed.

Ατταπουλιγίτης -Safety Data Sheet

1. Identification

Product identifier ATTAPULGITE
Other means of identification None.
Recommended use Not available.
Recommended restrictions None known.
Manufacturer/Importer/Supplier/Distributor information
Manufacturer
Company name CETCO, an MTI Company
Address 2870 Forbes Avenue
 Hoffman Estates, IL 60192
 United States
Telephone General Information 800 527-9948
Website <http://www.cetco.com/safetydata@mineralstech.com>
E-mail
Emergency phone number Emergency 1.866.519.4752/1 760 476 3962
Americas 1.866.519.4752 (US, Canada, Mexico) 1 760 476 3962

2. Hazard(s) identification

Physical hazards Not classified.
Health hazards Carcinogenicity Category 1A
 Specific target organ toxicity, repeated exposure Category 1
Environmental hazards Not classified.
OSHA defined hazards Not classified.
Label elements



Signal word Danger
Hazard statement May cause cancer. Causes damage to organs through prolonged or repeated exposure.

Precautionary statement
Prevention Obtain special instructions before use. Do not handle until all safety precautions have been read and understood. Do not breathe dust/fume/gas/mist/vapors/spray. Wash thoroughly after handling. Do not eat, drink or smoke when using this product. Wear protective gloves/protective clothing/eye protection/face protection.
Response If exposed or concerned: Get medical advice/attention.
Storage Store locked up.
Disposal Dispose of contents/container in accordance with local/regional/national/international regulations.

Hazard(s) not otherwise classified (HNOC)

None known.
Supplemental information None.

3. Composition/information on ingredients

Chemical name	Common name and synonyms	CAS number	%
QUARTZ	CRYSTALLINE SILICA, QUARTZ SILICA (QUARTZ)	14808-60-7	0 - < 10
Other components below reportable levels			90 - 100

*Designates that a specific chemical identity and/or percentage of composition has been withheld as a trade secret.

Composition comments Occupational Exposure Limits for constituents are listed in Section 8. This product contains naturally occurring crystalline silica (not listed in Annex 1 of Directive 67/548/EEC) in quantities less than 10%.

4. First-aid measures

Inhalation Remove to fresh air. If not breathing, give artificial respiration or give oxygen by trained personnel. Get medical attention, if needed.
Skin contact Get medical attention if irritation develops or persists. No special measures required.
Eye contact Flush eyes immediately with large amounts of water. If irritation persists get medical attention.
Ingestion If ingestion of a large amount does occur, seek medical attention. No special measures required. Prolonged exposure may cause chronic effects.
Most important symptoms/effects, acute and delayed
Indication of immediate medical attention and special treatment needed Provide general supportive measures and treat symptomatically. Keep victim under observation. Symptoms may be delayed.
General information If exposed or concerned: Get medical advice/attention. If you feel unwell, seek medical advice (show the label where possible). Ensure that medical personnel are aware of the material(s) involved, and take precautions to protect themselves.

5. Fire-fighting measures

Suitable extinguishing media Dry chemical, CO2, water spray or regular foam. Use any media suitable for the surrounding fires. Do not use water jet as an extinguisher, as this will spread the fire.
Unsuitable extinguishing media
Specific hazards arising from the chemical During fire, gases hazardous to health may be formed.
Special protective equipment and precautions for firefighters Self-contained breathing apparatus and full protective clothing must be worn in case of fire.
Fire fighting equipment/instructions Material can be slippery when wet.
Specific methods Use standard firefighting procedures and consider the hazards of other involved materials.
General fire hazards No unusual fire or explosion hazards noted. This material will not burn.

6. Accidental release measures

Personal precautions, protective equipment and emergency procedures Keep unnecessary personnel away. Keep people away from and upwind of spill/leak. Wear appropriate protective equipment and clothing during clean-up. Provide appropriate exhaust ventilation at places where dust is formed. Do not breathe dust. Avoid prolonged exposure. When using, do not eat, drink or smoke. Should be handled in closed systems, if possible. In case of insufficient ventilation, wear suitable respiratory equipment. Wear appropriate personal protective equipment. Wash hands thoroughly after handling. Observe good industrial hygiene practices.
Methods and materials for containment and cleaning up The product is immiscible with water and will spread on the water surface. Stop the flow of material, if this is without risk. Collect dust or particulates using a vacuum cleaner with a HEPA filter. Avoid the generation of dusts during clean-up. Following product recovery, flush area with water. Reduce airborne dust and prevent scattering by moistening with water.
Environmental precautions Avoid discharge into drains, water courses or onto the ground. No special environmental precautions required.

7. Handling and storage

Precautions for safe handling Obtain special instructions before use. Do not handle until all safety precautions have been read and understood. Keep formation of airborne dusts to a minimum. Provide appropriate exhaust ventilation at places where dust is formed. Do not breathe dust. Avoid prolonged exposure. When using, do not eat, drink or smoke. Should be handled in closed systems, if possible. In case of insufficient ventilation, wear suitable respiratory equipment. Wear appropriate personal protective equipment. Wash hands thoroughly after handling. Observe good industrial hygiene practices.
Conditions for safe storage, including any incompatibilities Store locked up. No special restrictions on storage with other products. Store in original tightly closed container. Guard against dust accumulation of this material. No special storage conditions required. Keep out of the reach of children.

8. Exposure controls/personal protection

Occupational exposure limits
 The following constituents are the only constituents of the product which have a PEL, TLV or other recommended exposure limit. At this time, the other constituents have no known exposure limits.

US. OSHA Table Z-1 Limits for Air Contaminants (29 CFR 1910.1000)			
Components	Type	Value	Form
QUARTZ (CAS 14808-60-7)	PEL	0.05 mg/m3	Respirable dust.
US. OSHA Table Z-3 (29 CFR 1910.1000)			
Components	Type	Value	Form
QUARTZ (CAS 14808-60-7)	TWA	0.05 mg/m3	Respirable.
		2.4 mppcf	Respirable.
Constituents	Type	Value	Form
INERT OR NUISANCE DUSTS	TWA	5 mg/m3	Respirable fraction.
		15 mg/m3	Total dust.
		50 mppcf	Total dust.
		15 mppcf	Respirable fraction.
US. ACGIH Threshold Limit Values			
Components	Type	Value	Form
QUARTZ (CAS 14808-60-7)	TWA	0.025 mg/m3	Respirable fraction.
US. NIOSH: Pocket Guide to Chemical Hazards			
Components	Type	Value	Form
QUARTZ (CAS 14808-60-7)	TWA	0.05 mg/m3	Respirable dust.

Biological limit values
No biological exposure limits noted for the ingredient(s).

Exposure guidelines
Occupational exposure to nuisance dust (total and respirable) and respirable crystalline silica should be monitored and controlled.

Appropriate engineering controls
If engineering measures are not sufficient to maintain concentrations of dust particulates below the OEL, suitable respiratory protection must be worn. Good general ventilation (typically 10 air changes per hour) should be used. Ventilation rates should be matched to conditions. If applicable, use process enclosures, local exhaust ventilation, or other engineering controls to maintain airborne levels below recommended exposure limits. If exposure limits have not been established, maintain airborne levels to an acceptable level. If material is ground, cut, or used in any operation which may generate dusts, use appropriate local exhaust ventilation to keep exposures below the recommended exposure limits.

Individual protection measures, such as personal protective equipment

Eye/face protection
Wear dust goggles. Eye wash fountain is recommended.

Skin protection

Hand protection
Wear appropriate chemical resistant gloves. Suitable gloves can be recommended by the glove supplier.

Other
Use of an impervious apron is recommended. No special protective equipment required.

Respiratory protection
Use a particulate filter respirator for particulate concentrations exceeding the Occupational Exposure Limit.

Thermal hazards
Wear appropriate thermal protective clothing, when necessary.

General hygiene considerations
Always observe good personal hygiene measures, such as washing after handling the material and before eating, drinking, and/or smoking. Routinely wash work clothing and protective equipment to remove contaminants. Use good industrial hygiene practices in handling this material.

9. Physical and chemical properties

Appearance	
Physical state	Solid.
Form	Powder. Granular. or
Color	Brown to grey.
Odor	None.
Odor threshold	Not available.
pH	Not available.
Melting point/freezing point	Not available.
Initial boiling point and boiling range	Not available.
Flash point	Non-flammable
Evaporation rate	Not available.
Flammability (solid, gas)	Not available.
Upper/lower flammability or explosive limits	
Flammability limit - lower (%)	Non-explosive
Flammability limit - upper (%)	Not available.
Explosive limit - lower (%)	Not available.
Explosive limit - upper (%)	Not available.
Vapor pressure	0.00001 hPa estimated
Vapor density	Not available.
Relative density	Not available.
Solubility(ies)	
Solubility (water)	Insoluble
Partition coefficient (n-octanol/water)	Not available.
Auto-ignition temperature	Not available.
Decomposition temperature	Not available.
Viscosity	Not available.
Other information	
Explosive properties	Not explosive.
Oxidizing properties	Not oxidizing.
VOC	CARB

10. Stability and reactivity

Reactivity	The product is stable and non-reactive under normal conditions of use, storage and transport.
Chemical stability	Stable at normal conditions.
Possibility of hazardous reactions	Will not occur.
Conditions to avoid	Contact with incompatible materials.
Incompatible materials	Powerful oxidizers. Chlorine.
Hazardous decomposition products	None known.

11. Toxicological information

Information on likely routes of exposure	
Inhalation	Prolonged inhalation may be harmful.
Skin contact	Due to lack of data the classification is not possible.
Eye contact	Due to lack of data the classification is not possible.
Ingestion	Due to lack of data the classification is not possible.
Symptoms related to the physical, chemical and toxicological characteristics	Direct contact with eyes may cause temporary irritation.
Information on toxicological effects	
Acute toxicity	

Components	Species	Test Results
QUARTZ (CAS 14808-60-7)		
Acute Oral		
LD50	Rat	500 mg/kg

* Estimates for product may be based on additional component data not shown.

Skin corrosion/irritation
Due to lack of data the classification is not possible.

Serious eye damage/eye irritation
Due to lack of data the classification is not possible. Mild irritant to eyes (according to the modified Kay & Calandra criteria) Mild irritant to eyes (according to the modified Kay & Calandra criteria)

Respiratory or skin sensitization

Respiratory sensitization
Due to lack of data the classification is not possible.

Skin sensitization
Due to lack of data the classification is not possible. According to the classification criteria of the European Union, the product is not considered as being a skin irritant.

Germ cell mutagenicity
Due to lack of data the classification is not possible.

Carcinogenicity
In 1997, IARC (the International Agency for Research on Cancer) concluded that crystalline silica inhaled from occupational sources can cause lung cancer in humans. However in making the overall evaluation, IARC noted that "carcinogenicity was not detected in all industrial circumstances studied. Carcinogenicity may be dependent on inherent characteristics of the crystalline silica or on external factors affecting its biological activity or distribution of its polymorphs." (IARC Monographs on the evaluation of the carcinogenic risks of chemicals to humans. Silica, silicates dust and organic fibres. 1997, Vol. 68, IARC, Lyon, France.) In June 2003, SCOEL (the EU Scientific Committee on Occupational Exposure Limits) concluded that the main effect in humans of the inhalation of respirable crystalline silica dust is silicosis. "There is sufficient information to conclude that the relative risk of lung cancer is increased in persons with silicosis (and, apparently, not in employees without silicosis exposed to silica dust in quarries and in the ceramic industry). Therefore, preventing the onset of silicosis will also reduce the cancer risk..." (SCOEL SUM Doc 94-final, June 2003) According to the current state of the art, worker protection against silicosis can be consistently assured by respecting the existing regulatory occupational exposure limits. May cause cancer. Occupational exposure to respirable dust and respirable crystalline silica should be monitored and controlled.

IARC Monographs. Overall Evaluation of Carcinogenicity
QUARTZ (CAS 14808-60-7) 1 Carcinogenic to humans.
OSHA Specifically Regulated Substances (29 CFR 1910.1001-1053)
Not listed.

US. National Toxicology Program (NTP) Report on Carcinogens
QUARTZ (CAS 14808-60-7) Known To Be Human Carcinogen.

Reproductive toxicity
Due to lack of data the classification is not possible.

Specific target organ toxicity - single exposure
Due to lack of data the classification is not possible.

Specific target organ toxicity - repeated exposure
Causes damage to organs through prolonged or repeated exposure.

Aspiration hazard
Due to lack of data the classification is not possible.

Chronic effects
In 1997, IARC (the International Agency for Research on Cancer) concluded that crystalline silica inhaled from occupational sources can cause lung cancer in humans. However in making the overall evaluation, IARC noted that "carcinogenicity was not detected in all industrial circumstances studied. Carcinogenicity may be dependent on inherent characteristics of the crystalline silica or on external factors affecting its biological activity or distribution of its polymorphs." (IARC Monographs on the evaluation of the carcinogenic risks of chemicals to humans. Silica, silicates dust and organic fibres. 1997, Vol. 68, IARC, Lyon, France.)

In June 2003, SCOEL (the EU Scientific Committee on Occupational Exposure Limits) concluded that the main effect in humans of the inhalation of respirable crystalline silica dust is silicosis. "There is sufficient information to conclude that the relative risk of lung cancer is increased in persons with silicosis (and, apparently, not in employees without silicosis exposed to silica dust in quarries and in the ceramic industry). Therefore, preventing the onset of silicosis will also reduce the cancer risk..." (SCOEL SUM Doc 94-final, June 2003)

According to the current state of the art, worker protection against silicosis can be consistently assured by respecting the existing regulatory occupational exposure limits. Causes damage to organs through prolonged or repeated exposure. Prolonged inhalation may be harmful. Prolonged exposure may cause chronic effects. Occupational exposure to nuisance dust (total and respirable) and respirable crystalline silica should be monitored and controlled.

12. Ecological information

Ecotoxicity	This material is not expected to be harmful to aquatic life.
Persistence and degradability	No data is available on the degradability of this product.
Bioaccumulative potential	No data available.
Mobility in soil	No data available.
Other adverse effects	No other adverse environmental effects (e.g. ozone depletion, photochemical ozone creation potential, endocrine disruption, global warming potential) are expected from this component.

13. Disposal considerations

Disposal instructions	Collect and reclaim or dispose in sealed containers at licensed waste disposal site. Dispose of contents/container in accordance with local/regional/national/international regulations. Material should be recycled if possible.
Local disposal regulations	Dispose in accordance with all applicable regulations.
Hazardous waste code	The waste code should be assigned in discussion between the user, the producer and the waste disposal company.
Waste from residues / unused products	Dispose of in accordance with local regulations. Empty containers or liners may retain some product residues. This material and its container must be disposed of in a safe manner (see: Disposal instructions).
Contaminated packaging	Since emptied containers may retain product residue, follow label warnings even after container is emptied. Empty containers should be taken to an approved waste handling site for recycling or disposal.

14. Transport information

DOT	Not regulated as dangerous goods.
IATA	Not regulated as dangerous goods.
IMDG	Not regulated as dangerous goods.
Transport in bulk according to Annex II of MARPOL 73/78 and the IBC Code	Not available.

15. Regulatory information

US federal regulations	OSHA Process Safety Standard: This material is not known to be hazardous by the OSHA Highly Hazardous Process Safety Standard, 29 CFR 1910.119. All components are on the U.S. EPA TSCA Inventory List. CERCLA/SARA Hazardous Substances - Not applicable. This product is a "Hazardous Chemical" as defined by the OSHA Hazard Communication Standard, 29 CFR 1910.1200.
-------------------------------	--

Toxic Substances Control Act (TSCA)
TSCA Section 12(b) Export Notification (40 CFR 707, Subpt. D)
 Not regulated.

CERCLA Hazardous Substance List (40 CFR 302.4)
 Not listed.

SARA 304 Emergency release notification
 Not regulated.

OSHA Specifically Regulated Substances (29 CFR 1910.1001-1053)
 Not listed.

Superfund Amendments and Reauthorization Act of 1986 (SARA)
SARA 302 Extremely hazardous substance
 Not listed.

SARA 311/312 Hazardous chemical No (Exempt)

SARA 313 (TRI reporting)
 Not regulated.


Other federal regulations

Clean Air Act (CAA) Section 112 Hazardous Air Pollutants (HAPs) List
 Not regulated.

Clean Air Act (CAA) Section 112(r) Accidental Release Prevention (40 CFR 68.130)
 Not regulated.

Safe Drinking Water Act (SDWA) Contains component(s) regulated under the Safe Drinking Water Act.

US state regulations WARNING: This product contains a chemical known to the State of California to cause cancer.

California Proposition 65
 **WARNING:** This product can expose you to QUARTZ, which is known to the State of California to cause cancer. For more information go to www.P65Warnings.ca.gov.

California Proposition 65 - CRT: Listed date/Carcinogenic substance
 QUARTZ (CAS 14808-60-7) Listed: October 1, 1988

US, California, Candidate Chemicals List, Safer Consumer Products Regulations (Cal. Code Regs. tit. 22, 69502.3, subd. (a))
 QUARTZ (CAS 14808-60-7)

International Inventories

Country(s) or region	Inventory name	On inventory (yes/no)*
Australia	Australian Inventory of Chemical Substances (AICS)	Yes
Canada	Domestic Substances List (DSL)	Yes
Canada	Non-Domestic Substances List (NDSL)	No
China	Inventory of Existing Chemical Substances in China (IECSC)	Yes
Europe	European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances (EINECS)	Yes
Europe	European List of Notified Chemical Substances (ELINCS)	No
Japan	Inventory of Existing and New Chemical Substances (ENCS)	Yes
Korea	Existing Chemicals List (ECL)	Yes
New Zealand	New Zealand Inventory	Yes
Philippines	Philippine Inventory of Chemicals and Chemical Substances (PICCS)	Yes
Taiwan	Taiwan Chemical Substance Inventory (TCSI)	Yes
United States & Puerto Rico	Toxic Substances Control Act (TSCA) Inventory	Yes

*A "Yes" indicates that all components of this product comply with the inventory requirements administered by the governing country(s)
 A "No" indicates that one or more components of the product are not listed or exempt from listing on the inventory administered by the governing country(s).

16. Other information, including date of preparation or last revision

Issue date 12-September-2014
Revision date 24-February-2020
Version # 11
Further information This safety datasheet only contains information relating to safety and does not replace any product information or product specification. HMIS® is a registered trade and service mark of the NPCA.

HMIS® ratings Health: 3
 Flammability: 0
 Physical hazard: 0

NFPA ratings Health: 2
 Flammability: 0
 Instability: 0

References ACGIH
 EPA: AQUIRE database
 NLM: Hazardous Substances Data Base
 US: IARC Monographs on Occupational Exposures to Chemical Agents

Μεθυλοκυτταρίνη - Safety Data Sheet

Revision date 24-August-2022

Revision Number 2

Keep away from all ignition sources including heat, sparks, and flame
 Keep container closed and grounded
 Prevent dust accumulations to minimize explosion hazard

1. Identification

Product identifier

Product Name METHYLCELLULOSE, 4,000 CPS, USP

Other means of identification

Product Code(s) ME137

Synonyms None

Recommended use of the chemical and restrictions on use

Recommended use No information available

Restrictions on use No information available

Details of the supplier of the safety data sheet

Supplier Address

Spectrum Chemical Mfg. Corp.
 14422 South San Pedro St.
 Gardena, CA 90248
 (310) 516-8000

Emergency telephone number

Emergency Telephone Chemtrec 1-800-424-9300

2. Hazard(s) identification

Classification

Combustible dust Yes

Hazards not otherwise classified (HNOC)

Not applicable

Label elements

Warning

Hazard statements

May form combustible dust concentrations in air

Appearance granules or powder **Physical state** Solid **Odor** No information available

Precautionary Statements - Prevention

Other information

No information available.

3. Composition/information on ingredients

Substance

Chemical name	CAS No	Weight-%	Trade secret
Methylcellulose, 4000 cps	9004-67-5	100	*

*The exact percentage (concentration) of composition has been withheld as a trade secret.

4. First-aid measures

Description of first aid measures

Inhalation Remove to fresh air.

Eye contact Rinse thoroughly with plenty of water for at least 15 minutes, lifting lower and upper eyelids. Consult a physician.

Skin contact Wash skin with soap and water.

Ingestion Clean mouth with water and drink afterwards plenty of water.

Most important symptoms and effects, both acute and delayed

Symptoms No information available.

Indication of any immediate medical attention and special treatment needed

Note to physicians Treat symptomatically.

5. Fire-fighting measures

Suitable Extinguishing Media Use extinguishing measures that are appropriate to local circumstances and the surrounding environment.
Large Fire CAUTION: Use of water spray when fighting fire may be inefficient.

Unsuitable extinguishing media Do not scatter spilled material with high pressure water streams.

Specific hazards arising from the chemical Avoid generation of dust. Fine dust dispersed in air may ignite.

Hazardous combustion products Carbon Monoxide, Carbon Dioxide.

Explosion data

Sensitivity to mechanical impact none.

Sensitivity to static discharge yes.

Special protective equipment for Firefighters should wear self-contained breathing apparatus and full firefighting turnout

fire-fighters gear. Use personal protection equipment.

6. Accidental release measures

Personal precautions, protective equipment and emergency procedures

Personal precautions Ensure adequate ventilation. Avoid generation of dust. Avoid contact with eyes. Use personal protective equipment as required. Do not breathe dust. ELIMINATE all ignition sources (no smoking, flares, sparks or flames in immediate area). Take precautionary measures against static discharges.

Other information Refer to protective measures listed in Sections 7 and 8.

Methods and material for containment and cleaning up

Methods for containment Prevent further leakage or spillage if safe to do so. Prevent dust cloud.

Methods for cleaning up Take up with inert, damp, non-combustible material using clean non-sparking tools and place into loosely covered plastic containers for later disposal. Pick up and transfer to properly labeled containers.

7. Handling and storage

Precautions for safe handling

Advice on safe handling Handle in accordance with good industrial hygiene and safety practice. Ensure adequate ventilation. Avoid generation of dust. Do not breathe dust. Avoid contact with eyes. Keep away from heat, hot surfaces, sparks, open flames and other ignition sources. No smoking. Use spark-proof tools and explosion-proof equipment. Take precautionary measures against static discharges.

Conditions for safe storage, including any incompatibilities

Storage Conditions Keep containers tightly closed in a dry, cool and well-ventilated place. Store locked up. Keep out of the reach of children.

8. Exposure controls/personal protection

Control parameters

Exposure Limits The following ingredients are the only ingredients of the product above the cut-off level (or level that contributes to the hazard classification of the mixture) which have an exposure limit applicable in the region for which this safety data sheet is intended or other recommended limit. At this time, the other relevant constituents have no known exposure limits from the sources listed here.

Appropriate engineering controls

Engineering controls Showers
Eyewash stations
Ventilation systems.

Individual protection measures, such as personal protective equipment

Eye/face protection Wear safety glasses with side shields (or goggles).

Skin and body protection No special protective equipment required.

Respiratory protection No protective equipment is needed under normal use conditions. If exposure limits are exceeded or irritation is experienced, ventilation and evacuation may be required.

General hygiene considerations Do not breathe dust.

9. Physical and chemical properties

Information on basic physical and chemical properties

Physical state Solid
Appearance granules or powder
Color White to Off-White
Odor No information available
Odor threshold No information available

Property	Values	Remarks - Method
pH	no data available	None known
Melting point / freezing point	>290 °C / °F	None known
Boiling point / boiling range	no data available	None known
Flash point	no data available	None known
Evaporation rate	no data available	None known
Flammability (solid, gas)	no data available	None known
Flammability Limit in Air		None known
Upper flammability or explosive limits	No data available	
Lower flammability or explosive limits	No data available	
Vapor pressure	No data available	None known
Vapor density	no data available	None known
Relative density	1.3	None known
Water solubility	Slowly soluble in cold water	None known
Solubility(ies)	Insoluble in Alcohol Insoluble in Chloroform Insoluble in Ether	None known
Partition coefficient	No data available	None known
Autoignition temperature	no data available	None known
Decomposition temperature	no data available	None known
Kinematic viscosity	no data available	None known
Dynamic viscosity	No data available	None known

Other information
Explosive properties No information available
Oxidizing properties No information available
Softening point No information available
Molecular weight No information available
VOC Content (%) No information available
Liquid Density No information available
Bulk density No information available

10. Stability and reactivity

Reactivity No information available.

Chemical stability Stable under normal conditions.

Possibility of hazardous reactions None under normal processing.

Conditions to avoid Excessive heat. Heating in air. dust formation.

Incompatible materials None known based on information supplied.

Hazardous decomposition products None known based on information supplied.

11. Toxicological information

Information on likely routes of exposure

Product Information -

Inhalation Specific test data for the substance or mixture is not available. May cause irritation of respiratory tract.

Eye contact Specific test data for the substance or mixture is not available.

Skin contact Specific test data for the substance or mixture is not available.

Ingestion Specific test data for the substance or mixture is not available.

Symptoms related to the physical, chemical and toxicological characteristics

Symptoms No information available.

Acute toxicity

Numerical measures of toxicity

10000

Delayed and immediate effects as well as chronic effects from short and long-term exposure

Skin corrosion/irritation No information available.
Serious eye damage/eye irritation No information available.
Respiratory or skin sensitization No information available.
Germ cell mutagenicity No information available.

Reproductive toxicity No information available.

STOT - single exposure No information available.

STOT - repeated exposure No information available.

Aspiration hazard No information available.

Other adverse effects No information available.

Interactive effects No information available.

12. Ecological information

Ecotoxicity The environmental impact of this product has not been fully investigated.

Persistence and degradability No information available.
Bioaccumulation Inherently biodegradable.

Other adverse effects No information available.

13. Disposal considerations

Waste treatment methods

Waste from residues/unused products Dispose of in accordance with local regulations. Dispose of waste in accordance with environmental legislation.

Contaminated packaging Do not reuse empty containers.

14. Transport information

DOT not regulated

TDG not regulated

MEX not regulated

ICAO (air) not regulated

IATA not regulated

IMDG not regulated

RID not regulated

ADR not regulated

ADN not regulated

15. Regulatory information

International inventories

TSCA Complies

DSL/NDL Complies
EINECS/ELINCS Does not Comply
ENCS This product complies with ENCS:
IECSC This product complies with China:
KECL Complies
PICCS Complies
AICS All the constituents of this material are listed on the Australian Inventory of Chemical Substances (AICS).

Legend:

TSCA - United States Toxic Substances Control Act Section 8(b) Inventory
DSL/NDL - Canadian Domestic Substances List/Non-Domestic Substances List
EINECS/ELINCS - European Inventory of Existing Chemical Substances/European List of Notified Chemical Substances
ENCS - Japan Existing and New Chemical Substances
IECSC - China Inventory of Existing Chemical Substances
KECL - Korean Existing and Evaluated Chemical Substances
PICCS - Philippines Inventory of Chemicals and Chemical Substances

US Federal Regulations

SARA 313

Section 313 of Title III of the Superfund Amendments and Reauthorization Act of 1986 (SARA). This product does not contain any chemicals which are subject to the reporting requirements of the Act and Title 40 of the Code of Federal Regulations, Part 372.

SARA 311/312 Hazard Categories

Should this product meet EPCRA 311/312 Tier reporting criteria at 40 CFR 370, refer to Section 2 of this SDS for appropriate classifications.

CWA (Clean Water Act)

This product does not contain any substances regulated as pollutants pursuant to the Clean Water Act (40 CFR 122.21 and 40 CFR 122.42).

CERCLA

This material, as supplied, does not contain any substances regulated as hazardous substances under the Comprehensive Environmental Response Compensation and Liability Act (CERCLA) (40 CFR 302) or the Superfund Amendments and Reauthorization Act (SARA) (40 CFR 355). There may be specific reporting requirements at the local, regional, or state level pertaining to releases of this material.

US State Regulations

California Proposition 65

This product does not contain any Proposition 65 chemicals.

U.S. State Right-to-Know Regulations

This product does not contain any substances regulated under applicable state right-to-know regulations

U.S. EPA Label Information

EPA Pesticide Registration Number Not applicable

16. Other information

NFPA

Health hazards 0

Flammability 1

Instability 0

Physical and chemical properties -

HMIS

Health hazards 0

Flammability 0

Physical hazards 0

Personal protection X

Key or legend to abbreviations and acronyms used in the safety data sheet

Legend Section 8: EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

TWA TWA (time-weighted average) STEL STEL (Short Term Exposure Limit)
Ceiling Maximum limit value

Key literature references and sources for data used to compile the SDS

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)
U.S. Environmental Protection Agency ChemView Database
European Food Safety Authority (EFSA)
EPA (Environmental Protection Agency)
Acute Exposure Guideline Level(s) (AEG(L)(s))
U.S. Environmental Protection Agency Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act
U.S. Environmental Protection Agency High Production Volume Chemicals
Food Research Journal
Hazardous Substance Database
International Uniform Chemical Information Database (IUCLID)
Japan GHS Classification
Australia National Industrial Chemicals Notification and Assessment Scheme (NICNAS)
NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health)
National Library of Medicine's ChemID Plus (NLM CIP)
National Library of Medicine's PubMed database (NLM PUBMED)
National Toxicology Program (NTP)
New Zealand's Chemical Classification and Information Database (CCID)
Organization for Economic Co-operation and Development Environment, Health, and Safety Publications
Organization for Economic Co-operation and Development High Production Volume Chemicals Program
Organization for Economic Co-operation and Development Screening Information Data Set

Καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη – Safety Data Sheet

1. Identification

Product Name Carboxymethyl cellulose, sodium salt
Cat No. : AC332640000; AC332640010; AC332641000
Synonyms Sodium Carboxymethyl Cellulose; Aquaplast; Carboxymethyl Cellulose
Recommended Use Laboratory chemicals.
Uses advised against Food, drug, pesticide or biocidal product use.

Details of the supplier of the safety data sheet.

Company
Fisher Scientific Company
One Reagent Lane
Fair Lawn, NJ 07410
Tel: (201) 796-7100
Acros Organics
One Reagent Lane
Fair Lawn, NJ 07410

Emergency Telephone Number For information **US** call: 001-800-ACROS-01 / **Europe** call: +32 14 57 52 11
Emergency Number **US**:001-201-796-7100 / **Europe**: +32 14 57 52 99
CHEMTREC Tel. No **US**:001-800-424-9300 / **Europe**:001-703-527-3887

2. Hazard(s) identification

Classification
Classification under 2012 OSHA Hazard Communication Standard (29 CFR 1910.1200)

This chemical is not considered hazardous by the 2012 OSHA Hazard Communication Standard (29 CFR 1910.1200)

Label Elements

None required

Hazards not otherwise classified (HNOC)

None identified

3. Composition/Information on Ingredients

Component	CAS No	Weight %
Sodium carboxymethyl cellulose	9004-32-4	100

4. First-aid measures

Eye Contact Rinse immediately with plenty of water, also under the eyelids, for at least 15 minutes. Get medical attention.
Skin Contact Wash off immediately with soap and plenty of water while removing all contaminated clothes and shoes. Get medical attention.
Inhalation Remove from exposure, lie down. Remove to fresh air. If not breathing, give artificial respiration. Get medical attention.
Ingestion Clean mouth with water. Get medical attention.
Most important symptoms and effects No information available.
Notes to Physician Treat symptomatically

5. Fire-fighting measures

Suitable Extinguishing Media Water spray. Carbon dioxide (CO₂). Dry chemical. Chemical foam.
Unsuitable Extinguishing Media No information available
Flash Point No information available
Method No information available
Autoignition Temperature 370 °C / 698 °F
Explosion Limits
Upper No data available
Lower No data available
Sensitivity to Mechanical Impact No information available
Sensitivity to Static Discharge No information available

Specific Hazards Arising from the Chemical
Keep product and empty container away from heat and sources of ignition.

Hazardous Combustion Products
Carbon monoxide (CO), Carbon dioxide (CO₂)
Protective Equipment and Precautions for Firefighters
As in any fire, wear self-contained breathing apparatus pressure-demand, MSHA/NIOSH (approved or equivalent) and full protective gear.

NFPA

Health	Flammability	Instability	Physical hazards
0	1	0	N/A

6. Accidental release measures

Personal Precautions Ensure adequate ventilation. Use personal protective equipment as required.
Environmental Precautions See Section 12 for additional Ecological Information.

Methods for Containment and Clean Up Sweep up and shovel into suitable containers for disposal.

7. Handling and storage

Handling Avoid contact with skin and eyes. Do not breathe dust.
Storage. Keep in a dry, cool and well-ventilated place. Keep container tightly closed.

8. Exposure controls / personal protection

Exposure Guidelines. This product does not contain any hazardous materials with occupational exposure limit established by the region specific regulatory bodies.

Engineering Measures None under normal use conditions.

Personal Protective Equipment

Eye/Face Protection Wear appropriate protective eyeglasses or chemical safety goggles as described by OSHA's eye and face protection regulations in 29 CFR 1910.133 or European Standard EN166.

Skin and body protection Wear appropriate protective gloves and clothing to prevent skin exposure.

Respiratory Protection No protective equipment is needed under normal use conditions.

Hygiene Measures Handle in accordance with good industrial hygiene and safety practice.

9. Physical and chemical properties

Physical State Powder Solid
Appearance Beige
Odor Odorless
Odor Threshold No information available
pH 6.5-8 1% aq sol
Melting Point/Range 300 °C / 572 °F
Boiling Point/Range No information available
Flash Point No information available
Evaporation Rate Not applicable
Flammability (solid,gas) No information available
Flammability or explosive limits
Upper No data available
Lower No data available
Vapor Pressure No information available
Vapor Density Not applicable
Specific Gravity No information available
Solubility No information available
Partition coefficient: n-octanol/water No data available
Autoignition Temperature 370 °C / 698 °F
Decomposition Temperature No information available
Viscosity Not applicable

10. Stability and reactivity

Reactive Hazard None known, based on information available

Stability Stable.

Conditions to Avoid Incompatible products.

Incompatible Materials Strong oxidizing agents

Hazardous Decomposition Products Carbon monoxide (CO), Carbon dioxide (CO₂)

Hazardous Polymerization No information available.

Hazardous Reactions None under normal processing.

11. Toxicological information

Acute Toxicity

Product Information No acute toxicity information is available for this product
Oral LD50 Based on ATE data, the classification criteria are not met. ATE > 2000 mg/kg.
Dermal LD50 Based on ATE data, the classification criteria are not met. ATE > 2000 mg/kg.
Mist LC50 Based on ATE data, the classification criteria are not met. ATE > 5 mg/l.

Component Information

Component	LD50 Oral	LD50 Dermal	LC50 Inhalation
Sodium carboxymethyl cellulose	LD50 = 27000 mg/kg (Rat)	Not listed	LC50 > 5800 mg/m ³ (Rat) 4 h

Toxicologically Synergistic Products No information available

Delayed and immediate effects as well as chronic effects from short and long-term exposure

Irritation No information available

Sensitization No information available

Carcinogenicity The table below indicates whether each agency has listed any ingredient as a carcinogen.

Component	CAS No	IARC	NTP	ACGIH	OSHA	Mexico
Sodium carboxymethyl cellulose	9004-32-4	Not listed	Not listed	Not listed	Not listed	Not listed

Mutagenic Effects No information available

Reproductive Effects No information available.

Developmental Effects No information available.

Teratogenicity No information available.

STOT - single exposure None known

STOT - repeated exposure None known

Aspiration hazard No information available

Symptoms / effects, both acute and delayed No information available

Endocrine Disruptor Information No information available

Other Adverse Effects The toxicological properties have not been fully investigated.

12. Ecological information

Ecotoxicity

Persistence and Degradability Soluble in water Persistence is unlikely based on information available.

Bioaccumulation/ Accumulation No information available.

Mobility Will likely be mobile in the environment due to its water solubility.

13. Disposal considerations

Waste Disposal Methods Chemical waste generators must determine whether a discarded chemical is classified as a hazardous waste. Chemical waste generators must also consult local, regional, and national hazardous waste regulations to ensure complete and accurate classification.

14. Transport information

DOT Not regulated
TDG Not regulated
IATA Not regulated
IMDG/IMO Not regulated

15. Regulatory information

United States of America Inventory

Component	CAS No	TSCA	TSCA Inventory notification - Active-Inactive	TSCA - EPA Regulatory Flags
Sodium carboxymethyl cellulose	9004-32-4	X	ACTIVE	XU

Legend:

TSCA US EPA (TSCA) - Toxic Substances Control Act, (40 CFR Part 710)

X - Listed

- - Not Listed

XU - Indicates a substance exempt from reporting under the Inventory Update Rule, i.e. Partial Updating of the TSCA Inventory Data Base Production and Site Reports (40 CFR 710(b))

TSCA 12(b) - Notices of Export Not applicable

International Inventories

Canada (DSL/NDSL), Europe (EINECS/ELINCS/NLP), Philippines (PICCS), Japan (ENCS), Japan (ISHL), Australia (AICS), China (IECSC), Korea (KECL)

Component	CAS No	DSL	NDSL	EINECS	PICCS	ENCS	ISHL	AICS	IECSC	KECL
Sodium carboxymethyl cellulose	9004-32-4	X		X	X	X	X	X	X	KE-05354

KECL - NIER number or KE number (<http://nicis.nier.go.kr/en/main.do>)

U.S. Federal Regulations

SARA 313 Not applicable

SARA 311/312 Hazard Categories See section 2 for more information

CWA (Clean Water Act) Not applicable

Clean Air Act Not applicable

OSHA - Occupational Safety and Health Administration Not applicable

CERCLA Not applicable

California Proposition 65 This product does not contain any Proposition 65 chemicals.

U.S. State Right-to-Know Regulations Not applicable

U.S. Department of Transportation

Reportable Quantity (RQ): N

DOT Marine Pollutant N

DOT Severe Marine Pollutant N

U.S. Department of Homeland Security This product does not contain any DHS chemicals.

Other International Regulations

Mexico - Grade No information available

Authorisation/Restrictions according to EU REACH

Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture

Component	CAS No	OECD HPV	Persistent Organic Pollutant	Ozone Depletion Potential	Restriction of Hazardous Substances (RoHS)
Sodium carboxymethyl cellulose	9004-32-4	Not applicable	Not applicable	Not applicable	Not applicable

Component	CAS No	Seveso III Directive (2012/18/EC) - Qualifying Quantities for Major Accident Notification	Seveso III Directive (2012/18/EC) - Qualifying Quantities for Safety Report Requirements	Rotterdam Convention (PIC)	Basel Convention (Hazardous Waste)
Sodium carboxymethyl cellulose	9004-32-4	Not applicable	Not applicable	Not applicable	Not applicable

16. Other information

Prepared By Regulatory Affairs
Thermo Fisher Scientific
Email: EMSDS-RA@thermofisher.com

Revision Date 25-Dec-2021

Print Date 25-Dec-2021

Revision Summary This document has been updated to comply with the US OSHA HazCom 2012 Standard replacing the current legislation under 29 CFR 1910.1200 to align with the Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals (GHS).

Disclaimer

The information provided in this Safety Data Sheet is correct to the best of our knowledge, information and belief at the date of its publication. The information given is designed only as a guidance for safe handling, use, processing, storage, transportation, disposal and release and is not to be considered a warranty or quality specification. The information relates only to the specific material designated and may not be valid for such material used in combination with any other materials or in any process, unless specified in the text.

Agar – Safety Data Sheet

SAFETY DATA SHEET

according to Regulation (EC) No. 1907/2006

Version 6.6
Revision Date 01.02.2023
Print Date 26.02.2023
GENERIC EU MSDS - NO COUNTRY SPECIFIC DATA - NO OEL DATA

SECTION 1: Identification of the substance/mixture and of the company/undertaking

1.1 Product identifiers

Product name : Agar

Product Number : A1296
Brand : Sigma
REACH No. : A registration number is not available for this substance as the substance or its uses are exempted from registration, the annual tonnage does not require a registration or the registration is envisaged for a later registration deadline.
CAS-No. : 9002-18-0

1.2 Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against

Identified uses : Laboratory chemicals, Manufacture of substances

1.3 Details of the supplier of the safety data sheet

Company : Sigma-Aldrich Chemie GmbH
Eschenstrasse 5
D-82024 TAUFKIRCHEN

Telephone : +49 (0)89 6513-1130
Fax : +49 (0)89 6513-1161
E-mail address : technischerservice@merckgroup.com

1.4 Emergency telephone

Emergency Phone # : 0800 181 7059 (CHEMTREC Deutschland)
+49 (0)696 43508409 (CHEMTREC weltweit)

SECTION 2: Hazards identification

2.1 Classification of the substance or mixture

Not a hazardous substance or mixture according to Regulation (EC) No 1272/2008.

2.2 Label elements

No hazard pictogram, no signal word, no hazard statement(s), no precautionary statement(s) required

2.3 Other hazards

This substance/mixture contains no components considered to be either persistent, bioaccumulative and toxic (PBT), or very persistent and very bioaccumulative (vPvB) at levels of 0.1% or higher.

SECTION 3: Composition/information on ingredients

3.1 Substances

Synonyms : Gum agar
Agar-agar

CAS-No. : 9002-18-0
EC-No. : 232-658-1

No components need to be disclosed according to the applicable regulations.

SECTION 4: First aid measures

4.1 Description of first-aid measures

If inhaled

After inhalation: fresh air.

In case of skin contact

In case of skin contact: Take off immediately all contaminated clothing. Rinse skin with water/ shower.

In case of eye contact

After eye contact: rinse out with plenty of water. Remove contact lenses.

If swallowed

After swallowing: make victim drink water (two glasses at most). Consult doctor if feeling unwell.

4.2 Most important symptoms and effects, both acute and delayed

The most important known symptoms and effects are described in the labelling (see section 2.2) and/or in section 11

4.3 Indication of any immediate medical attention and special treatment needed

No data available

SECTION 5: Firefighting measures

5.1 Extinguishing media

Suitable extinguishing media

Water Foam Carbon dioxide (CO₂) Dry powder

Unsuitable extinguishing media

For this substance/mixture no limitations of extinguishing agents are given.

5.2 Special hazards arising from the substance or mixture

Carbon oxides
Combustible.
Development of hazardous combustion gases or vapours possible in the event of fire.

5.3 Advice for firefighters

In the event of fire, wear self-contained breathing apparatus.

5.4 Further information

Prevent fire extinguishing water from contaminating surface water or the ground water system.

SECTION 6: Accidental release measures

6.1 Personal precautions, protective equipment and emergency procedures

Advice for non-emergency personnel: Avoid inhalation of dusts. Evacuate the danger area, observe emergency procedures, consult an expert.
For personal protection see section 8.

6.2 Environmental precautions

Do not let product enter drains.

6.3 Methods and materials for containment and cleaning up

Cover drains. Collect, bind, and pump off spills. Observe possible material restrictions (see sections 7 and 10). Take up dry. Dispose of properly. Clean up affected area. Avoid generation of dusts.

6.4 Reference to other sections

For disposal see section 13.

SECTION 7: Handling and storage

7.1 Precautions for safe handling

For precautions see section 2.2.

7.2 Conditions for safe storage, including any incompatibilities

Storage conditions

Tightly closed. Dry.

Moisture sensitive.

Storage class

Storage class (TRGS 510): 11: Combustible Solids

7.3 Specific end use(s)

Apart from the uses mentioned in section 1.2 no other specific uses are stipulated

SECTION 8: Exposure controls/personal protection

8.1 Control parameters

Ingredients with workplace control parameters

8.2 Exposure controls

Personal protective equipment

Eye/face protection

Use equipment for eye protection tested and approved under appropriate government standards such as NIOSH (US) or EN 166(EU). Safety glasses

Skin protection

This recommendation applies only to the product stated in the safety data sheet, supplied by us and for the designated use. When dissolving in or mixing with other substances and under conditions deviating from those stated in EN374 please contact the supplier of CE-approved gloves (e.g. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: www.kcl.de).
Full contact

Material: Nitrile rubber
Minimum layer thickness: 0,11 mm
Break through time: 480 min
Material tested:KCL 741 Dermatrill® L

This recommendation applies only to the product stated in the safety data sheet, supplied by us and for the designated use. When dissolving in or mixing with other substances and under conditions deviating from those stated in EN374 please contact the supplier of CE-approved gloves (e.g. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: www.kcl.de).

Splash contact

Material: Nitrile rubber
Minimum layer thickness: 0,11 mm
Break through time: 480 min
Material tested:KCL 741 Dermatrill® L

Respiratory protection

required when dusts are generated.
Our recommendations on filtering respiratory protection are based on the following standards: DIN EN 143, DIN 14387 and other accompanying standards relating to the used respiratory protection system.
Recommended Filter type: Filter type P1

The entrepreneur has to ensure that maintenance, cleaning and testing of respiratory protective devices are carried out according to the instructions of the producer. These measures have to be properly documented.

Control of environmental exposure

Do not let product enter drains.

SECTION 9: Physical and chemical properties

9.1 Information on basic physical and chemical properties

- | | |
|---|-------------------|
| a) Physical state | powder |
| b) Color | beige |
| c) Odor | No data available |
| d) Melting point/freezing point | No data available |
| e) Initial boiling point and boiling range | No data available |
| f) Flammability (solid, gas) | No data available |
| g) Upper/lower flammability or explosive limits | No data available |
| h) Flash point | Not applicable |
| i) Autoignition | No data available |

	temperature	
j)	Decomposition temperature	No data available
k)	pH	5,0 - 7 at 15 g/l at 50 °C
l)	Viscosity	Viscosity, kinematic: No data available Viscosity, dynamic: No data available
m)	Water solubility	No data available
n)	Partition coefficient: n-octanol/water	No data available
o)	Vapor pressure	No data available
p)	Density	No data available
	Relative density	No data available
q)	Relative vapor density	No data available
r)	Particle characteristics	No data available
s)	Explosive properties	No data available
t)	Oxidizing properties	none

9.2 Other safety information

No data available

SECTION 10: Stability and reactivity

10.1 Reactivity

The following applies in general to flammable organic substances and mixtures: in correspondingly fine distribution, when whirled up a dust explosion potential may generally be assumed.

10.2 Chemical stability

The product is chemically stable under standard ambient conditions (room temperature) . Exposure to moisture.

10.3 Possibility of hazardous reactions

No data available

10.4 Conditions to avoid

Exposure to moisture.
no information available

10.5 Incompatible materials

No data available

10.6 Hazardous decomposition products

In the event of fire: see section 5

SECTION 11: Toxicological information

11.1 Information on toxicological effects

Acute toxicity

LD50 Oral - Rat - 11.000 mg/kg
Inhalation: No data available
Dermal: No data available

Skin corrosion/irritation

No data available

Serious eye damage/eye irritation

No data available

Respiratory or skin sensitization

No data available

Germ cell mutagenicity

No data available

Carcinogenicity

No data available

Reproductive toxicity

No data available

Specific target organ toxicity - single exposure

No data available

Specific target organ toxicity - repeated exposure

No data available

Aspiration hazard

No data available

11.2 Additional Information

Endocrine disrupting properties

Product:

Assessment : The substance/mixture does not contain components considered to have endocrine disrupting properties according to REACH Article 57(f) or Commission Delegated regulation (EU) 2017/2100 or Commission Regulation (EU) 2018/605 at levels of 0.1% or higher.

RTECS: AW7950000

To the best of our knowledge, the chemical, physical, and toxicological properties have not been thoroughly investigated.

After uptake of large quantities:

Diarrhea

However, when the product is handled appropriately, hazardous effects are unlikely to occur.

Handle in accordance with good industrial hygiene and safety practice.

SECTION 12: Ecological information

12.1 Toxicity

No data available

12.2 Persistence and degradability

No data available

12.3 Bioaccumulative potential

No data available

12.4 Mobility in soil

No data available

12.5 Results of PBT and vPvB assessment

This substance/mixture contains no components considered to be either persistent, bioaccumulative and toxic (PBT), or very persistent and very bioaccumulative (vPvB) at levels of 0.1% or higher.

12.6 Endocrine disrupting properties

Product:

Assessment : The substance/mixture does not contain components considered to have endocrine disrupting properties according to REACH Article 57(f) or Commission Delegated regulation (EU) 2017/2100 or Commission Regulation (EU) 2018/605 at levels of 0.1% or higher.

12.7 Other adverse effects

No data available

SECTION 13: Disposal considerations

13.1 Waste treatment methods

Product

See www.retrologistik.com for processes regarding the return of chemicals and containers, or contact us there if you have further questions.

SECTION 14: Transport information

14.1 UN number

ADR/RID: - IMDG: - IATA: -

14.2 UN proper shipping name

ADR/RID: Not dangerous goods
IMDG: Not dangerous goods
IATA: Not dangerous goods

14.3 Transport hazard class(es)

ADR/RID: - IMDG: - IATA: -

14.4 Packaging group

ADR/RID: - IMDG: - IATA: -

14.5 Environmental hazards

ADR/RID: no IMDG Marine pollutant: no IATA: no

14.6 Special precautions for user

No data available

Further information

Not classified as dangerous in the meaning of transport regulations.

SECTION 15: Regulatory information

15.1 Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture

This material safety data sheet complies with the requirements of Regulation (EC) No. 1907/2006.

15.2 Chemical Safety Assessment

For this product a chemical safety assessment was not carried out

SECTION 16: Other information

Full text of other abbreviations

ADN - European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Inland Waterways; ADR - Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road; AIIC - Australian Inventory of Industrial Chemicals; ASTM - American Society for the Testing of Materials; bw - Body weight; CMR - Carcinogen, Mutagen or Reproductive Toxicant; DIN - Standard of the German Institute for Standardisation; DSL - Domestic Substances List (Canada); ECx - Concentration associated with x% response; ELx - Loading rate associated with x% response; Ems - Emergency Schedule; ENCS - Existing and New Chemical Substances (Japan); ERcx - Concentration associated with x% growth rate response; GHS - Globally Harmonized System; GLP - Good Laboratory Practice; IARC - International Agency for Research on Cancer; IATA - International Air Transport Association; IBC - International Code for the Construction and Equipment of Ships carrying Dangerous Chemicals in Bulk; IC50 - Half maximal inhibitory concentration; ICAO - International Civil Aviation Organization; IECS - Inventory of Existing Chemical Substances in China; IMDG - International Maritime Dangerous Goods; IMO - International Maritime Organization; ISHL - Industrial Safety and Health Law (Japan); ISO - International Organisation for Standardization; KECI - Korea Existing Chemicals Inventory; LC50 - Lethal Concentration to 50 % of a test population; LD50 - Lethal Dose to 50% of a test population (Median Lethal Dose); MARPOL - International Convention for the Prevention of Pollution from Ships; n.o.s. - Not Otherwise Specified; NO(A)EC - No Observed (Adverse) Effect Concentration; NO(A)EL - No Observed (Adverse) Effect Level; NOELR - No Observable Effect Loading Rate; NZIoC - New Zealand Inventory of Chemicals; OECD - Organization for Economic Co-operation and Development; OPPTS - Office of Chemical Safety and Pollution Prevention; PBT - Persistent, Bioaccumulative and Toxic substance; PICCS - Philippines Inventory of Chemicals and Chemical Substances; (Q)SAR - (Quantitative) Structure Activity Relationship; REACH - Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals; RID - Regulations concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail; SADT - Self-Accelerating Decomposition Temperature; SDS - Safety Data Sheet; TCSI - Taiwan Chemical Substance Inventory; TECL - Thailand Existing Chemicals Inventory; TSCA - Toxic Substances Control Act (United States); UN - United Nations; UNRTDG - United Nations Recommendations on the Transport of Dangerous Goods; vPvB - Very Persistent and Very Bioaccumulative

PVA - Safety Data Sheet

1. Chemical Product and Company Identification

Product Name : Polyvinyl alcohol
Catalog Codes : SLP3877, SLP1060
CAS# : 9002-89-5
RTECS : TR8100000
TSCA : TSCA 8(b) inventory: Polyvinyl alcohol
CI# : Not available.
Synonym : Ethanol, Homopolymer; PVA; PVOH
Chemical Name : Polyvinyl Alcohol
Chemical Formula : (CH₂CHOH)_n

COMPANY IDENTIFICATION

Supplier: **Pon Pure Chemicals Group**
CHENNAI, TAMILNADU, INDIA

24 Hour Health Emergency (91) 8939878447

(91) 9444038694

Transportation Emergency Phone (91) 8939768680

Company Name	Place	EMERGENCY TELEPHONE NUMBER
Pon Pure Chemicals Group	India	Day Emergency - 044-26161803-26161809

2. Composition and Information on Ingredients

Composition:

Name	CAS #	% by Weight
Polyvinyl alcohol	9002-89-5	100

Toxicological Data on Ingredients: Not applicable.

3. Hazards Identification

Potential Acute Health Effects: Slightly hazardous in case of skin contact (irritant), of eye contact (irritant), of ingestion, of inhalation.

Potential Chronic Health Effects:

CARCINOGENIC EFFECTS: 3 (Not classifiable for human.) by IARC. **MUTAGENIC EFFECTS:** Not available.

TERATOGENIC EFFECTS: Not available.

DEVELOPMENTAL TOXICITY: Not available. Repeated or prolonged exposure is not known to aggravate medical condition.

4. First Aid Measures

Eye Contact:

Check for and remove any contact lenses. In case of contact, immediately flush eyes with plenty of water for at least 15 minutes. Cold water may be used. Get medical attention if irritation occurs.

Skin Contact:

Wash with soap and water. Cover the irritated skin with an emollient. Get medical attention if irritation develops. Cold water may be used.

Serious Skin Contact: Not available.

Inhalation:

If inhaled, remove to fresh air. If not breathing, give artificial respiration. If breathing is difficult, give oxygen. Get medical attention.

Serious Inhalation: Not available.

Ingestion:

Do NOT induce vomiting unless directed to do so by medical personnel. Never give anything by mouth to an unconscious person. Loosen tight clothing such as a collar, tie, belt or waistband. Get medical attention if symptoms appear.

Serious Ingestion: Not available.

5. Fire and Explosion Data

Flammability of the Product : May be combustible at high temperature.

Auto-Ignition Temperature : Not available.

Flash Points : OPEN CUP: 79°C (174.2°F).

Flammable Limits : Not available.

Products of Combustion : These products are carbon oxides (CO, CO₂).

Fire Hazards in Presence of Various Substances:

Flammable in presence of open flames and sparks, of heat. Non-flammable in presence of shocks.

Explosion Hazards in Presence of Various Substances:

Risks of explosion of the product in presence of mechanical impact: Not available.

Slightly explosive in presence of open flames and sparks.

Fire Fighting Media and Instructions:

SMALL FIRE: Use DRY chemical powder. **LARGE FIRE:** Use water spray, fog or foam. Do not use water jet.

Special Remarks on Fire Hazards: Not available.

Special Remarks on Explosion Hazards:

Fine dust dispersed in air in sufficient concentrations, and in the presence of an ignition source is a potential dust explosion hazard.

6. Accidental Release Measures

Small Spill:

Use appropriate tools to put the spilled solid in a convenient waste disposal container. Finish cleaning by spreading water on the contaminated surface and dispose of according to local and regional authority requirements.

Large Spill:

Use a shovel to put the material into a convenient waste disposal container. Finish cleaning by spreading water on the contaminated surface and allow to evacuate through the sanitary system.

7. Handling and Storage

Precautions:

Keep away from heat. Keep away from sources of ignition. Empty containers pose a fire risk, evaporate the residue under a fume hood. Do not breathe dust. If ingested, seek medical advice immediately and show the container or the label. Keep away from incompatibles such as oxidizing agents, metals, acids, alkalis.

Storage: Keep container tightly closed. Keep container in a cool, well-ventilated area.

8. Exposure Controls/Personal Protection

Engineering Controls:

Use process enclosures, local exhaust ventilation, or other engineering controls to keep airborne levels below recommended exposure limits. If user operations generate dust, fume or mist, use ventilation to keep exposure to airborne contaminants below the exposure limit.

Personal Protection: Safety glasses. Lab coat. Dust respirator. Be sure to use an approved/certified respirator or equivalent. Gloves.

Personal Protection in Case of a Large Spill:

Splash goggles. Full suit. Dust respirator. Boots. Gloves. A self contained breathing apparatus should be used to avoid inhalation of the product. Suggested protective clothing might not be sufficient; consult a specialist BEFORE handling this product.

Exposure Limits: Not available.

9. Physical and Chemical Properties

Physical state and appearance : Solid. (Powdered solid. Amorphous solid powder.)

Odor : Odorless.

Taste : Not available.

Molecular Weight : (44.05)_n g/mole

Color : Off-white. White. Colorless.

pH (1% soln/water) : Not available.

Boiling Point : Not available.

Melting Point : Softens at about 200°C (392°F) with decomposition. Decomposition @ 228 deg. C.

Critical Temperature : Not available.

Specific Gravity : 1.19-1.31 (Water = 1)

Vapor Pressure : Not applicable.

Vapor Density : Not available.

Volatility : Not available.

Odor Threshold : Not available.

Water/Oil Dist. Coeff. : Not available.

Ionicity (in Water) : Not available.

Dispersion Properties : See solubility in water.

Solubility:

Soluble in cold water, hot water. Insoluble in diethyl ether, acetone, petroleum solvents, aromatic hydrocarbons, esters. Practically insoluble in animal and vegetable oils and chlorinated hydrocarbons.

10. Stability and Reactivity Data

Stability : The product is stable.

Instability Temperature : Not available.

Conditions of Instability : Heat, ignition sources, flame, excess dust generation, incompatible materials.

Incompatibility with various substances: Reactive with oxidizing agents, metals, acids, alkalis.

Corrosivity : Non-corrosive in presence of glass.

Special Remarks on Reactivity:

Incompatible with oxidizing agents (perchlorates, nitrates, etc.), reactive metals (sodium, calcium, zinc, etc.), sodium or calcium hypochlorite, materials reactive with hydroxyl compounds. Reaction with peroxides may result in violent decomposition of peroxide possibly creating and explosion.

Special Remarks on Corrosivity : Not available.

Polymerization : Will not occur.

11. Toxicological Information

Routes of Entry : Inhalation. Ingestion.

Toxicity to Animals:

Acute oral toxicity (LD50): 14700 mg/kg [Mouse]. Acute oral toxicity (LD50): > 20000 mg/kg [Rat].

Chronic Effects on Humans: CARCINOGENIC EFFECTS: 3 (Not classifiable for human.) by IARC.

Other Toxic Effects on Humans: Slightly hazardous in case of skin contact (irritant), of ingestion, of inhalation.

Special Remarks on Toxicity to Animals: Not available.

Special Remarks on Chronic Effects on Humans: May cause cancer (tumorigenic) based on animal studies. No human data found at this time.

Special Remarks on other Toxic Effects on Humans:

Acute Potential Health Effects: Skin: May cause skin irritation. Eyes: May cause eye irritation. Ingestion: May cause gastrointestinal (digestive) tract irritation. May affect behavior/central nervous system (symptoms may include general depressed activity, altered sleep time, muscle weakness). May also affect blood and metabolism.

Inhalation: May cause respiratory tract irritation. Chronic Potential Health Effects: Inhalation or ingestion for prolonged period of time may affect blood and metabolism, and behavior. May cause cancer (tumorigenic) based on animal studies. No human data found at this time.

12: Ecological Information

Ecotoxicity: Ecotoxicity in water (LC50) : 10000 mg/l 96 hours [Bluegill Sunfish].
>40000 mg/l 96 hours [Fathead Minnow].

BOD5 and COD : Not available.

Products of Biodegradation:

Possibly hazardous short term degradation products are not likely. However, long term degradation products may arise.

Toxicity of the Products of Biodegradation: The product itself and its products of degradation are not toxic.

Special Remarks on the Products of Biodegradation: Not available.

13. Disposal Considerations

Waste Disposal:

Waste must be disposed of in accordance with federal, state and local environmental control regulations.

14. Transport Information

DOT Classification : Not a DOT controlled material (United States).

Identification : Not applicable.

Special Provisions for Transport : Not applicable.

15.: Other Regulatory Information

Federal and State Regulations : TSCA 8(b) inventory: Polyvinyl alcohol

Other Regulations : Not available.

Other Classifications:

WHMIS (Canada) : Not controlled under WHMIS (Canada).

DSCL (FEC):

This product is not classified according to the EU regulations. Not applicable.

HMIS (U.S.A.):

Health Hazard : 1

Fire Hazard : 2

Reactivity : 0

Personal Protection : E

National Fire Protection Association (U.S.A.):

Health : 0

Flammability : 2

Reactivity : 0

Specific hazard:

Protective Equipment:

Gloves, Lab coat, Dust respirator. Be sure to use an approved/certified respirator or equivalent Safety glasses.

16. Other Information

Disclaimer:

The information and recommendations contained herein are, to the best of **Pon Pure Chemicals Group** knowledge and belief, accurate and reliable as of the date issued. You can contact **Pon Pure Chemicals Group** to ensure that this document is the most current available from **Pon Pure Chemicals Group**. The information and recommendations are offered for the user's consideration and examination. It is the user's responsibility to satisfy itself that the product is suitable for the intended use. If buyer repackages this product, it is the user's responsibility to insure proper health, safety and other necessary information is included with and/or on the container. Appropriate warnings and safe-handling procedures should be provided to handlers and users. Alteration of this document is strictly prohibited. Except to the extent required by law, re-publication or retransmission of this document, in whole or in part, is not permitted.

Όξινο ανθρακικό νάτριο – Safety Data Sheet

1. PRODUCT IDENTIFICATION / COMPANY ADDRESS

Trade Name	Sodium Bicarbonate	Common Name	Baking Soda	Synonyms	Bicarb, baking soda, bicarbonate, sodium acid carbonate
Company Name / Address / Phone / Fax	Tata Chemicals Limited, Mithapur District: Devbhoomi Dwarka (Gujarat) 361 345 INDIA Contact in case of Emergency Only: +91(02892 675802 /03) Contact Person :+91 9227676113 Mr. Devendra Thakur				
Chemical Name	Sodium Bicarbonate (Crystalline Solid)				

2. HAZARD IDENTIFICATION

Hazard Classification	Eye Irrit. 2B, H320
LABEL ELEMENTS	No Labelling
Signal word	Danger
Hazard statement	H320 - Causes eye irritation
Precautionary statement	P264 - Wash exposed skin thoroughly after handling. P305+P351+P338 - If in eyes: Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing. P337+P313 - If eye irritation persists: Get medical advice/attention

3. COMPOSITION / INFORMATION AND INGREDIENTS

Structural Formula		Chemical Family	
CAS No	144-55-8	Molecular weight	84.05 g/mol
Name	Product Identifier	%	Classification
Sodium Bicarbonate	144-55-8	100%	Eye Irrit. 2B, H320

4. FIRST AID MEASURE

Ingestion	<ul style="list-style-type: none"> Do NOT induce vomiting unless directed to do so by medical personnel. Never give anything by mouth to an unconscious person. Loosen tight clothing such as a collar, tie, belt or waist band. Get medical attention if symptoms appear
Inhalation	<ul style="list-style-type: none"> If inhaled, remove to fresh air. If not breathing, give artificial respiration. If breathing is difficult, give oxygen. Get medical attention.
Eyes	<ul style="list-style-type: none"> Flush eyes with running water for 15 minutes, maintaining the eyelids wide open to eliminate the product. Consult an ophthalmologist in case of persistent pain.
Skin	<ul style="list-style-type: none"> Wash with soap and water. Cold water may be used. Get medical attention if irritation develops.
Antidote	
Most important symptoms/ effects, acute and or delayed	Eye Contact- Moderate irritation to eyes. Inhalation- Slight irritating to nose. Skin contact- Negligible effect. Ingestion- Ingestion of large quantities may cause nausea and vomiting.
Indication of immediate medical attention and special treatment needed	No additional information available

5. FIRE FIGHTING MEASURES

Fire extinguishing media	<ul style="list-style-type: none"> In case of fire in close proximity, all means of extinguishing are acceptable.
Hazardous decomposition products	No additional information available
Special fire fighting procedure	<ul style="list-style-type: none"> Use Protective Equipment as applicable to the combustion products associated with the fire.
Precaution to Fire Fighters	Non-flammable.

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Personal precaution	<ul style="list-style-type: none"> Refer to Section 8 "Exposure Controls / Personal Protection".
Precautions for the environment	Prevent entry to sewers and public waters. Notify authorities if liquid enters sewers or public waters.
Clean up method	<ul style="list-style-type: none"> Can be recovered and re-used if contamination does not present a problem. Vacuum or sweep up the material. If the spilled product is unusable due to contamination, consult state or federal environmental agencies for acceptable disposal procedures and locations

7. HANDLING AND STORAGE

General precaution	<ul style="list-style-type: none"> Use air conveying/mechanical systems for bulk transfer to storage. For manual handling of bulk transfer use mechanical ventilation to remove airborne dust from railcar, ship or truck. Use approved respiratory protection when ventilation systems are not available. Selection of respirators is based on the dust cloud generated.
Personal protection	Wear personal protective equipment as Section-8
Storage	<ul style="list-style-type: none"> Protect from excessive heat and moisture. Store away from acids
Incompatibilities	Strong oxidizers. Strong acids.

8. EXPOSURE CONTROL / PERSONAL PROTECTION

Personal protection			
Skin	<ul style="list-style-type: none"> Dry product is generally non irritating to intact skin. However, this product can be irritating where skin has been damaged and can create skin irritation after long exposures when moisture is present. Under such conditions, gloves and long-sleeved clothing are recommended to minimize skin contact. 	Eyes	<ul style="list-style-type: none"> Appropriate eye and face protection equipment (ANSI Z87 approved) should be selected for the particular use intended for this material. Safety glasses with side shields are recommended.
Respiration	<ul style="list-style-type: none"> Whenever dust in the worker's breathing zone cannot be controlled with ventilation or other engineering means, workers should wear respirators or dust masks approved by NIOSH / OSHA or comparable certification organization to protect them against airborne dust. 	Other	
Exposure limits			
TLV-TWA	15 mg/m3 (Total Dust) 5 mg/m3 (Respirable Dust)	TLV-STEL	
Appropriate Engineering Control	Appropriate engineering controls: Emergency eye wash fountains should be available in the immediate vicinity of any potential exposure. Provide adequate general and local exhaust ventilation		

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Appearance	White Crystalline Solid	Molecular Weight	84.05 g/mol	Specific gravity	No data available
Odour/Odor threshold	Odorless	Flash Point °C	Not Pertinent	pH/ Acidity	8.6 (5% solution).
Auto Ignition Temp. °C	No data available	Boiling Point °C @ 760 mm Hg	Not available	Melting Point °C	270 °C
Vapor Press. Mm Hg @ 20 °C	Not Applicable	Vapour Density	No data available	Water Solubility @ 20 °C	88g / liter water. @ 20°C (68°F).
LEL %	Not Applicable	UEL %	Not Applicable	% Volatile	
Evaporation rate		Viscosity @ 25 °C		PH	
Octanol / Water Partition Coefficient	No data Available			No data available	

10. STABILITY AND REACTIVITY

Chemical Stability	Stable under normal conditions.	Possibility of Hazardous reaction	Contact with acids except under controlled conditions.
Hazardous Reactions/ Decomposition products	<ul style="list-style-type: none"> May liberate Carbon Monoxide Carbon Dioxide or Oxides Fumes. 	Incompatible Materials	Strong acids. Strong oxidizers.
Condition to avoid	<ul style="list-style-type: none"> Incompatible materials, Moisture. Stable in dry air, but slowly decomposes in moist air. 		

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

Routes of exposure	Ingestion, Eyes, Inhalation, Skin Absorption				
LD50 (oral / rats) mg/kg	4000 mg/kg	LD50 (dermal/ rats) mg/kg		LC50 (inhalation / rats) - 4 hrs. mg/l	-----
Target Organ Effects	Mainly Respiratory system				
Symptoms related to physical, chemical & toxicological characteristics	Based on available data, the classification criteria are not met. Causes eye irritation.				

12. ECOLOGICAL INFORMATION

Mobility in Soil	No additional information available
Persistence and degradability	Not established.
Bioaccumulative Potential	Not established.
Effects on fish (Ecotoxicity)	Non-toxic, the substance dissociates readily into its constituent ions, all of which are abundant in nature
Effects on birds	No data available
Effects on bees	No data available

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

• Waste must be disposed of in accordance with federal, state and local environmental control regulations

14. TRANSPORT INFORMATION

UN No.	---	IMDG No.	---
Shipping Name	Sodium Bicarbonate	Hazard class	---
Packing group		Hazard Sub class	---
Marine Pollutant	Yes	Labels required	---
Warning Statement	---		
Packaging / Precaution			
Shipping Marking			

15. REGULATORY INFORMATION

LABELING:

PHRASES R:

Not classified as hazardous or toxic to users.

PHRASES S:

Not classified as hazardous or toxic to users.

Όξινο ανθρακικό αμμώνιο - Safety Data Sheet

1. Identification

Product Name Ammonium Bicarbonate (Certified)

Cat No. : A643-50; A643-500

CAS No 1066-33-7
Synonyms Ammonium hydrogencarbonate

Recommended Use Laboratory chemicals.
Uses advised against Food, drug, pesticide or biocidal product use.

Details of the supplier of the safety data sheet

Company
Fisher Scientific Company
One Reagent Lane
Fair Lawn, NJ 07410
Tel: (201) 796-7100

Emergency Telephone Number CHEMTREC®, Inside the USA: 800-424-9300
CHEMTREC®, Outside the USA: 001-703-527-3887

2. Hazard(s) Identification

Classification
This chemical is considered hazardous by the 2012 OSHA Hazard Communication Standard (29 CFR 1910.1200)

Acute oral toxicity Category 4

Label Elements

Signal Word
Warning

Hazard Statements
Harmful if swallowed



Precautionary Statements

Prevention
Wash face, hands and any exposed skin thoroughly after handling
Do not eat, drink or smoke when using this product
Ingestion
IF SWALLOWED: Call a POISON CENTER or doctor/physician if you feel unwell
Rinse mouth
Disposal
Dispose of contents/container to an approved waste disposal plant
Hazards not otherwise classified (HNOC).
None identified

3. Composition/Information on Ingredients

Component	CAS No	Weight %
Ammonium bicarbonate (1:1)	1066-33-7	100

4. First-aid measures

General Advice	If symptoms persist, call a physician.
Eye Contact	Rinse immediately with plenty of water, also under the eyelids, for at least 15 minutes. Get medical attention.
Skin Contact	Wash off immediately with plenty of water for at least 15 minutes. If skin irritation persists, call a physician.
Inhalation	Remove to fresh air. If not breathing, give artificial respiration. Get medical attention if symptoms occur.
Ingestion	Clean mouth with water and drink afterwards plenty of water. Get medical attention if symptoms occur.
Most important symptoms and effects	None reasonably foreseeable.
Notes to Physician	Treat symptomatically

5. Fire-fighting measures

Suitable Extinguishing Media	Substance is nonflammable; use agent most appropriate to extinguish surrounding fire.
Unsuitable Extinguishing Media	No information available
Flash Point Method -	Not applicable No information available
Autoignition Temperature Explosion Limits	No information available

Upper No data available
 Lower No data available
 Sensitivity to Mechanical Impact No information available
 Sensitivity to Static Discharge No information available

Specific Hazards Arising from the Chemical
 Non-combustible. Thermal decomposition can lead to release of irritating gases and vapors. Keep product and empty container away from heat and sources of ignition.

Hazardous Combustion Products
 Carbon monoxide (CO), Carbon dioxide (CO₂), Ammonia.
Protective Equipment and Precautions for Firefighters
 As in any fire, wear self-contained breathing apparatus pressure-demand, MSHA/NIOSH (approved or equivalent) and full protective gear.

NFPA

Health	2	Flammability	0	Instability	1	Physical hazards	N/A
--------	---	--------------	---	-------------	---	------------------	-----

6. Accidental release measures

Personal Precautions Use personal protective equipment as required. Ensure adequate ventilation. Avoid dust formation.
Environmental Precautions Do not flush into surface water or sanitary sewer system.
Methods for Containment and Clean Up Sweep up and shovel into suitable containers for disposal. Keep in suitable, closed containers for disposal.

7. Handling and storage

Handling Wear personal protective equipment/face protection. Ensure adequate ventilation. Avoid dust formation. Avoid ingestion and inhalation. Do not get in eyes, on skin, or on clothing.
Storage. Keep in a dry, cool and well-ventilated place. Keep container tightly closed. Incompatible Materials: Strong acids. Alkaline.

8. Exposure controls / personal protection

Exposure Guidelines. This product does not contain any hazardous materials with occupational exposure limits established by the region specific regulatory bodies.

Engineering Measures Ensure adequate ventilation, especially in confined areas. Ensure that eyewash stations and safety showers are close to the workstation location.

Personal Protective Equipment

Eye/face Protection Wear appropriate protective eyeglasses or chemical safety goggles as described by OSHA's eye and face protection regulations in 29 CFR 1910.133 or European Standard EN166.
Skin and body protection Wear appropriate protective gloves and clothing to prevent skin exposure.
Respiratory Protection Follow the OSHA respirator regulations found in 29 CFR 1910.134 or European Standard EN 149. Use a NIOSH/MSHA or European Standard EN 149 approved respirator if exposure limits are exceeded or if irritation or other symptoms are experienced.
Hygiene Measures Handle in accordance with good industrial hygiene and safety practice.

9. Physical and chemical properties

Physical State Solid
Appearance White
Odor Ammonia-like
Odor Threshold No information available
pH 7.8 (0.1N)
Melting Point/Range 60 °C / 140 °F
Boiling Point/Range No information available
Flash Point Not applicable
Evaporation Rate Not applicable
Flammability (solid, gas) No information available
Flammability or explosive limits
 Upper No data available
 Lower No data available
Vapor Pressure 60 mmHg @ 25 °C
Vapor Density Not applicable
Specific Gravity 1.599
Solubility Partially soluble
Partition coefficient; n-octanol/water No data available
Autoignition Temperature No information available
Decomposition Temperature No information available
Viscosity Not applicable
Molecular Formula NH₄HCO₃
Molecular Weight 79.06

10. Stability and reactivity

Reactive Hazard None known, based on information available
Stability Stable under normal conditions. Heat sensitive.
Conditions to Avoid Avoid dust formation. Incompatible products. Temperatures above 35°C.
Incompatible Materials Strong acids, Alkaline
Hazardous Decomposition Products Carbon monoxide (CO), Carbon dioxide (CO₂), Ammonia
Hazardous Polymerization Hazardous polymerization does not occur.
Hazardous Reactions None under normal processing.

11. Toxicological information

Acute Toxicity

Component	LD50 Oral	LD50 Dermal	LC50 Inhalation
Ammonium bicarbonate (1:1)	LD50 = 1576 mg/kg (Rat)	LD50 > 5000 mg/kg (Rabbit)	Not listed

Toxicologically Synergistic Products No information available
Delayed and immediate effects as well as chronic effects from short and long-term exposure

Irritation No information available
Sensitization No information available

Carcinogenicity The table below indicates whether each agency has listed any ingredient as a carcinogen.

Component	CAS No	IARC	NTP	ACGIH	OSHA	Mexico
Ammonium bicarbonate (1:1)	1066-33-7	Not listed	Not listed	Not listed	Not listed	Not listed

Mutagenic Effects No information available
Reproductive Effects No information available.
Developmental Effects No information available.
Teratogenicity No information available.
STOT - single exposure None known
STOT - repeated exposure None known
Aspiration hazard No information available
Symptoms / effects, both acute and delayed No information available
Endocrine Disruptor Information No information available
Other Adverse Effects The toxicological properties have not been fully investigated.

12. Ecological information

Ecotoxicity
 Contains a substance which is: Very toxic to aquatic organisms. The product contains following substances which are hazardous for the environment.

Component	Freshwater Algae	Freshwater Fish	Microtox	Water Flea
Ammonium bicarbonate (1:1)	Not listed	LC50: 63.4 mg/L (96h) (Oncorhynchus mykiss)	EC10: 1347 mg/L (16h) (Pseudomonas putida)	EC50: 145.6 mg/L (48h)

Persistence and Degradability Persistence is unlikely
Bioaccumulation/ Accumulation No information available.

Mobility

Component	log Pow
Ammonium bicarbonate (1:1)	-2.4

13. Disposal considerations

Waste Disposal Methods Chemical waste generators must determine whether a discarded chemical is classified as a hazardous waste. Chemical waste generators must also consult local, regional, and national hazardous waste regulations to ensure complete and accurate classification.

14. Transport information

DOT Not regulated
TDG Not regulated
IATA Not regulated
IMDG/IMO Not regulated

15. Regulatory information

United States of America Inventory

Component	CAS No	TSCA	TSCA Inventory notification - Active-Inactive	TSCA - EPA Regulatory Flags
Ammonium bicarbonate (1:1)	1066-33-7	X	ACTIVE	

Legend:

TSCA US EPA (TSCA) - Toxic Substances Control Act, (40 CFR Part 710)
 X - Listed
 - - Not Listed

TSCA 12(b) - Notices of Export Not applicable

International Inventories

Canada (DSL/NDSL), Europe (EINECS/ELINCS/NLP), Philippines (PICSS), Japan (ENCS), Japan (ISHL), Australia (AICS), China (IECSC), Korea (KECL).

Component	CAS No	DSL	NDSL	EINECS	PICCS	ENCS	ISHL	AICS	IECSC	KECL
Ammonium bicarbonate (1:1)	1066-33-7	X	-	213-911-5	X	X	X	X	X	KE-01678

KECL - NIER number or KE number (<http://nicka.nier.go.kr/en/main.do>)

U.S. Federal Regulations

Component	CAS No	Weight %	SARA 313 - Threshold Values %
Ammonium bicarbonate (1:1)	1066-33-7	100	1.0

SARA 311/312 Hazard Categories See section 2 for more information

Component	CWA - Hazardous Substances	CWA - Reportable Quantities	CWA - Toxic Pollutants	CWA - Priority Pollutants
Ammonium bicarbonate (1:1)	X	5000 lb	-	-

Clean Air Act Not applicable

OSHA - Occupational Safety and Health Administration Not applicable

Component	Hazardous Substances RQs	CERCLA EHS RQs
Ammonium bicarbonate (1:1)	5000 lb	-

California Proposition 65 This product does not contain any Proposition 65 chemicals.

U.S. State Right-to-Know Regulations

Component	Massachusetts	New Jersey	Pennsylvania	Illinois	Rhode Island
Ammonium bicarbonate (1:1)	X	X	X	-	-

U.S. Department of Transportation

Reportable Quantity (RQ): Y
 DOT Marine Pollutant: N
 DOT Severe Marine Pollutant: N

U.S. Department of Homeland Security This product does not contain any DHS chemicals.

Other International Regulations

Mexico - Grade No information available

Authorisation/Restrictions according to EU REACH

Component	REACH (1907/2006) - Annex XIV - Substances Subject to Authorization	REACH (1907/2006) - Annex XVII - Restrictions on Certain Dangerous Substances	REACH Regulation (EC 1907/2006) article 59 - Candidate List of Substances of Very High Concern (SVHC)
Ammonium bicarbonate (1:1)	-	Use restricted. See item 65. (see link for restriction details)	

<https://echa.europa.eu/substances-restricted-under-reach>

Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture

Component	CAS No	OECD HPV	Persistent Organic Pollutant	Ozone Depletion Potential	Restriction of Hazardous Substances (RoHS)
Ammonium bicarbonate (1:1)	1066-33-7	Listed	Not applicable	Not applicable	Not applicable

Component	CAS No	Seveso III Directive (2012/18/EC) - Qualifying Quantities for Major Accident Notification Requirements	Seveso III Directive (2012/18/EC) - Qualifying Quantities for Safety Report Requirements	Rotterdam Convention (PIC)	Basel Convention (Hazardous Waste)
Ammonium bicarbonate (1:1)	1066-33-7	Not applicable	Not applicable	Not applicable	Not applicable

16. Other information

Prepared By Regulatory Affairs
 Thermo Fisher Scientific
 Email: EMSDS.RA@thermofisher.com

Creation Date 03-Jul-2014
Revision Date 24-Dec-2021
Print Date 24-Dec-2021
Revision Summary This document has been updated to comply with the US OSHA HazCom 2012 Standard replacing the current legislation under 29 CFR 1910.1200 to align with the Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals (GHS).

Disclaimer
 The information provided in this Safety Data Sheet is correct to the best of our knowledge, information and belief at the date of its publication. The information given is designed only as a guidance for safe handling, use, processing, storage, transportation, disposal and release and is not to be considered a warranty or quality specification. The information relates only to the specific material designated and may not be valid for such material used in combination with any other materials or in any process, unless specified in the text

EDTA –Safety Data Sheet

1. Identification	
Product Name	Ethylenediamine Tetraacetic Acid
Cat No. :	BP118-500; E478-1; E478-10; E478-500; NC1065691; XXBP118-10KG; NC1163901; XXE478-12KG; NC1253743
CAS No	60-00-4
Synonyms	3,6-Diazaoctanedioic acid, 3,6-bis(carboxymethyl); Acetic acid, (Ethylenedinitrilo)tetraacetic acid; EDTA; Edetic acid; Diaminoethanetetraacetic acid
Recommended Use	Laboratory chemicals.
Uses advised against	Food, drug, pesticide or biocidal product use.
Details of the supplier of the safety data sheet	
Company	
Fisher Scientific Company One Reagent Lane Fair Lawn, NJ 07410 Tel: (201) 796-7100	
Emergency Telephone Number	CHEMTREC®, Inside the USA: 800-424-9300 CHEMTREC®, Outside the USA: 001-703-527-3887

2. Hazard(s) identification									
Classification									
This chemical is considered hazardous by the 2012 OSHA Hazard Communication Standard (29 CFR 1910.1200)									
<table border="0"> <tr> <td>Acute Inhalation Toxicity - Dusts and Mists</td> <td>Category 4</td> </tr> <tr> <td>Serious Eye Damage/Eye Irritation</td> <td>Category 2</td> </tr> <tr> <td>Specific target organ toxicity - (repeated exposure)</td> <td>Category 2</td> </tr> <tr> <td>Target Organs - Respiratory system.</td> <td></td> </tr> </table>		Acute Inhalation Toxicity - Dusts and Mists	Category 4	Serious Eye Damage/Eye Irritation	Category 2	Specific target organ toxicity - (repeated exposure)	Category 2	Target Organs - Respiratory system.	
Acute Inhalation Toxicity - Dusts and Mists	Category 4								
Serious Eye Damage/Eye Irritation	Category 2								
Specific target organ toxicity - (repeated exposure)	Category 2								
Target Organs - Respiratory system.									

Label Elements	
Signal Word	Warning
Hazard Statements	Causes serious eye irritation Harmful if inhaled May cause damage to organs through prolonged or repeated exposure
	
Precautionary Statements	
Prevention	
Use only outdoors or in a well-ventilated area Wash face, hands and any exposed skin thoroughly after handling Wear eye/face protection Do not breathe dust/fume/gas/mist/vapors/spray	
Response	
Get medical attention/advice if you feel unwell	
Inhalation	
IF INHALED: Remove victim to fresh air and keep at rest in a position comfortable for breathing Call a POISON CENTER or doctor/physician if you feel unwell	
Eyes	
IF IN EYES: Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing If eye irritation persists: Get medical advice/attention	
Disposal	
Dispose of contents/container to an approved waste disposal plant	
Hazards not otherwise classified (HNOC)	
None identified	

3. Composition/Information on Ingredients		
Component	CAS No	Weight %
Ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA)	60-00-4	> 99

4. First-aid measures	
General Advice	If symptoms persist, call a physician.
Eye Contact	Rinse immediately with plenty of water, also under the eyelids, for at least 15 minutes. Obtain medical attention if irritation persists.
Skin Contact	Wash off immediately with plenty of water for at least 15 minutes. If skin irritation persists, call a physician.
Inhalation	Remove to fresh air. If not breathing, give artificial respiration. Get medical attention if symptoms occur.
Ingestion	Clean mouth with water and drink afterwards plenty of water. Get medical attention if symptoms occur.
Most important symptoms and effects	None reasonably foreseeable.
Notes to Physician	Treat symptomatically

5. Fire-fighting measures	
Suitable Extinguishing Media	Water spray, carbon dioxide (CO2), dry chemical, alcohol-resistant foam.
Unsuitable Extinguishing Media	No information available
Flash Point	Not applicable
Method -	No information available
Autoignition Temperature	200 °C / 392 °F
Explosion Limits	
Upper	No data available
Lower	No data available
Sensitivity to Mechanical Impact	No information available
Sensitivity to Static Discharge	No information available
Specific Hazards Arising from the Chemical	
Thermal decomposition can lead to release of irritating gases and vapors. Keep product and empty container away from heat and sources of ignition.	
Hazardous Combustion Products	
Nitrogen oxides (NOx), Carbon monoxide (CO), Carbon dioxide (CO2).	
Protective Equipment and Precautions for Firefighters	
As in any fire, wear self-contained breathing apparatus pressure-demand, MSHA/NIOSH (approved or equivalent) and full protective gear.	
NEPA	
Health	2
Flammability	1
Instability	0
Physical hazards	N/A

6. Accidental release measures	
Personal Precautions	Use personal protective equipment as required. Ensure adequate ventilation. Avoid dust formation.
Environmental Precautions	Do not flush into surface water or sanitary sewer system.
Methods for Containment and Clean Up	Sweep up and shovel into suitable containers for disposal. Keep in suitable, closed containers for disposal.
7. Handling and storage	
Handling	Wear personal protective equipment/face protection. Ensure adequate ventilation. Avoid dust formation. Do not get in eyes, on skin, or on clothing. Avoid ingestion and inhalation.
Storage	Keep in a dry, cool and well-ventilated place. Keep container tightly closed. Incompatible Materials. Strong oxidizing agents. Strong bases. Metals. copper.
8. Exposure controls / personal protection	
Exposure Guidelines	This product does not contain any hazardous materials with occupational exposure limit established by the region specific regulatory bodies.
Engineering Measures	Ensure adequate ventilation, especially in confined areas. Ensure that eyewash stations and safety showers are close to the workstation location.
Personal Protective Equipment	
Eye/face Protection	Wear appropriate protective eyeglasses or chemical safety goggles as described by OSHA's eye and face protection regulations in 29 CFR 1910.133 or European Standard EN166.
Skin and body protection	Wear appropriate protective gloves and clothing to prevent skin exposure.
Respiratory Protection	Follow the OSHA respirator regulations found in 29 CFR 1910.134 or European Standard EN 149. Use a NIOSH/MSHA or European Standard EN 149 approved respirator if exposure limits are exceeded or if irritation or other symptoms are experienced.
Hygiene Measures	Handle in accordance with good industrial hygiene and safety practice.

9. Physical and chemical properties	
Physical State	Powder Solid
Appearance	White
Odor	Odorless
Odor Threshold	No information available
pH	2.5 - 10 g/L (23°C)
Melting Point/Range	220 °C / 428 °F
Boiling Point/Range	No information available
Flash Point	Not applicable
Evaporation Rate	Not applicable
Flammability (solid,gas)	No information available
Flammability or explosive limits	
Upper	No data available
Lower	No data available
Vapor Pressure	0.013 hPa @ 20 °C
Vapor Density	Not applicable
Specific Gravity	0.86 @ 20°C
Solubility	Slightly soluble in water
Partition coefficient; n-octanol/water	No data available
Autoignition Temperature	200 °C / 392 °F
Decomposition Temperature	> 150°C
Viscosity	Not applicable
Molecular Formula	C10 H16 N2 O8
Molecular Weight	292.23

10. Stability and reactivity	
Reactive Hazard	None known, based on information available
Stability	Stable under normal conditions.
Conditions to Avoid	Avoid dust formation. Incompatible products. Excess heat.
Incompatible Materials	Strong oxidizing agents, Strong bases, Metals, copper
Hazardous Decomposition Products	Nitrogen oxides (NOx), Carbon monoxide (CO), Carbon dioxide (CO2)
Hazardous Polymerization	Hazardous polymerization does not occur.
Hazardous Reactions	None under normal processing.

11. Toxicological information			
Acute Toxicity			
Product Information			
Component Information			
Component	LD50 Oral	LD50 Dermal	LC50 Inhalation
Ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA)	4500 mg/kg (Rat) >2000 mg/kg (Rat)	Not listed	1 mg/l (rat)

Toxicologically Synergistic Products	No information available					
Delayed and immediate effects as well as chronic effects from short and long-term exposure						
Irritation	Irritating to eyes					
Sensitization	No information available					
Carcinogenicity	The table below indicates whether each agency has listed any ingredient as a carcinogen.					
Component	CAS No	IARC	NTP	ACGIH	OSHA	Mexico
Ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA)	60-00-4	Not listed	Not listed	Not listed	Not listed	Not listed
Mutagenic Effects		No information available				
Reproductive Effects		No information available.				
Developmental Effects		No information available.				
Teratogenicity		No information available.				
STOT - single exposure		None known				
STOT - repeated exposure		Respiratory system				
Aspiration hazard		No information available				
Symptoms / effects, both acute and delayed		No information available				
Endocrine Disruptor Information		No information available				
Other Adverse Effects		The toxicological properties have not been fully investigated.				

12. Ecological Information

Ecotoxicity. Contains a substance which is: The product contains following substances which are hazardous for the environment. Toxic to aquatic organisms.

Component	Freshwater Algae	Freshwater Fish	Microtox	Water Flea
Ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA)	EC50 = 1.01 mg/L, 72h (Desmodesmus subspicatus)	LC50: 34 - 62 mg/L, 96h static (Lepomis macrochirus) LC50: 44.2 - 76.5 mg/L, 96h static (Pimephales promelas)	Not listed	EC50 = 113 mg/L, 48h Static (Daphnia magna)

Persistence and Degradability Soluble in water Persistence is unlikely based on information available.

Bioaccumulation/ Accumulation No information available.

Mobility Will likely be mobile in the environment due to its water solubility.

13. Disposal considerations

Waste Disposal Methods Chemical waste generators must determine whether a discarded chemical is classified as a hazardous waste. Chemical waste generators must also consult local, regional, and national hazardous waste regulations to ensure complete and accurate classification.

14. Transport information

DOT	Not regulated
TDG	Not regulated
IATA	Not regulated
IMDG/IMO	Not regulated

15. Regulatory information

United States of America Inventory

Component	CAS No	TSCA	TSCA Inventory notification - Active-Inactive	TSCA - EPA Regulatory Flag
Ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA)	60-00-4	X	ACTIVE	-

Legend:

TSCA US EPA (TSCA) - Toxic Substances Control Act, (40 CFR Part 710)

X - Listed
- - Not Listed

TSCA 12(b) - Notices of Export Not applicable

International Inventories

Canada (DSL/NDSL), Europe (EINECS/ELINCS/NLP), Philippines (PICCS), Japan (ENCS), Japan (ISHL), Australia (AICS), China (IECSC), Korea (KECL).

Component	CAS No	DSL	NDSL	EINECS	PICCS	ENCS	ISHL	AICS	IECSC	KECL
Ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA)	60-00-4	X	-	200-445-4	X	X	X	X	X	KE-13648

KECL - NIER number or KE number (<http://ncis.nier.go.kr/en/main.do>)

U.S. Federal Regulations

SARA 313 Not applicable

SARA 311/312 Hazard Categories See section 2 for more information

CWA (Clean Water Act)

Component	CWA - Hazardous Substances	CWA - Reportable Quantities	CWA - Toxic Pollutants	CWA - Priority Pollutants
Ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA)	X	5000 lb	-	-

Clean Air Act Not applicable

OSHA - Occupational Safety and Health Administration Not applicable

CERCLA

Component	Hazardous Substances RQs	CERCLA EHS RQs
Ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA)	5000 lb	-

California Proposition 65 This product does not contain any Proposition 65 chemicals.

U.S. State Right-to-Know Regulations

Component	Massachusetts	New Jersey	Pennsylvania	Illinois	Rhode Island
Ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA)	X	X	X	-	-

U.S. Department of Transportation

Reportable Quantity (RQ): Y
DOT Marine Pollutant: N
DOT Severe Marine Pollutant: N

U.S. Department of Homeland Security This product does not contain any DHS chemicals.

Other International Regulations

Mexico - Grade No information available

Authorisation/Restrictions according to EU REACH

Component	REACH (1907/2006) - Annex XIV - Substances Subject to Authorization	REACH (1907/2006) - Annex XVII - Restrictions on Certain Dangerous Substances	REACH Regulation (EC 1907/2006) article 59 - Candidate List of Substances of Very High Concern (SVHC)
Ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA)	-	Use restricted. See item 75 (see link for restriction details)	-

<https://echa.europa.eu/substances-restricted-under-reach>

Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture

Component	CAS No	OECD HPV	Persistent Organic Pollutant	Ozone Depletion Potential	Restriction of Hazardous Substances (RoHS)
Ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA)	60-00-4	Listed	Not applicable	Not applicable	Not applicable

Component	CAS No	Seveso III Directive (2012/18/EC) - Qualifying Quantities for Major Accident Notification	Seveso III Directive (2012/18/EC) - Qualifying Quantities for Safety Report Requirements	Rotterdam Convention (PIC)	Basel Convention (Hazardous Waste)
Ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA)	60-00-4	Not applicable	Not applicable	Not applicable	Not applicable

16. Other information

Prepared By Regulatory Affairs
Thermo Fisher Scientific
Email: EMSDS_RA@thermofisher.com

Creation Date 02-Jan-2015
Revision Date 24-Dec-2021
Print Date 24-Dec-2021

Revision Summary This document has been updated to comply with the US OSHA HazCom 2012 Standard replacing the current legislation under 29 CFR 1910.1200 to align with the Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals (GHS).

Disclaimer

The information provided in this Safety Data Sheet is correct to the best of our knowledge, information and belief at the date of its publication. The information given is designed only as a guidance for safe handling, use, processing, storage, transportation, disposal and release and is not to be considered a warranty or quality specification. The information relates only to the specific material designated and may not be valid for such material used in combination with any other materials or in any process, unless specified in the text

