



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

**IN VITRO ΦΑΡΜΑΚΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ (O₃)
ΩΣ ΒΙΟΔΡΑΣΤΙΚΟ ΜΟΡΙΟ ΜΕ ΑΝΤΙΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗ ΔΡΑΣΗ ΚΑΙ
Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΣΤΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ
ΤΩΝ ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΠΟΥΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΟΔΟΝΤΙΚΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΟΣ
ΑΘΗΝΑ 2014

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

1. Δρακούλης Νικόλαος, Επίκουρος Καθηγητής, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
2. Καποτάς Νικήτας, Επίκουρος Καθηγητής, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
3. Προμπονάς Αντώνιος, Αναπληρωτής Καθηγητής, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας

Επταμελής Εξεταστική Επιτροπή

1. Δρακούλης Νικόλαος, Επίκουρος Καθηγητής, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
2. Καποτάς Νικήτας, Επίκουρος Καθηγητής, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
3. Προμπονάς Αντώνιος, Αναπληρωτής Καθηγητής, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας
4. Δεμέτζος Κωνσταντίνος, Καθηγητής, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
5. Μπεζιρτζόγλου Ευγενία, Καθηγήτρια, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
6. Γιαννικάκης Σταύρος, Καθηγητής, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας
7. Κυριακού Αδαμαντίνη, Επίκουρη Καθηγήτρια, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Υποστήριξη της Διδακτορικής Διατριβής:

24/6/2014

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διδακτορικής διατριβής μου, αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Δρακούλη Νικόλαο του οποίου η παρουσία ήταν ουσιαστική και παραδειγματική για την προσωπική αλλά και επιστημονική πρόοδο μου. Από τη σχεδίαση των πειραμάτων μέχρι και τη διόρθωση των τελικών κειμένων, η αδιάκοπη αρωγή και προθυμία του για την εξέλιξη της επιστήμης, ήταν πραγματικά αξιοθαύμαστη. Λόγω του πολυδιάστατου θέματος που επιλέχθηκε, ήταν απαραίτητη η συνεργασία με πολλά τμήματα του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, όπως και με άλλα πανεπιστήμια, όπου αναδείχθηκε η σπάνια δυνατότητα του στη σύναψη των κατάλληλων επαφών.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να αποδώσω στον καθηγητή μου κ. Προμπονά Αντώνιο, του τμήματος Οδοντικής Τεχνολογίας, του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Αθήνας, του οποίου η παρουσία, από την αρχή της ακαδημαϊκής μου ζωής, στάθηκε καθοριστική για την επιστημονική μου εξέλιξη. Στην παρούσα διατριβή με βοήθησε εξαιρετικά στη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων των πειραμάτων που αφορούσαν τις μεταβολές διαστάσεων των αποτυπωτικών υλικών καθώς και των φωτοπολυμεριζόμενων ρητινών. Η βοήθεια του ήταν ανεκτίμητη όσον αφορά το σχεδιασμό και την εκτέλεση των πειραμάτων που αφορούσαν τις μεταβολές διαστάσεων των οδοντιατρικών αυτών υλικών.

Θερμές ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στον επίκουρο καθηγητή της Ιατρικής σχολής Αθηνών κ. Καποτά Νικήτα, ο οποίος με βοήθησε στην αναζήτηση της βιβλιογραφίας και στη σύνταξη των κειμένων της μικροβιολογικής μελέτης της διατριβής μου, αλλά και για τις πολύ εύστοχες παρατηρήσεις του κατά τη διόρθωση και αξιολόγηση του τελικού κειμένου.

Για την πραγματοποίηση της μικροβιολογικής μελέτης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την επίκουρη καθηγήτρια του τμήματος Επιστήμης Διαιτολογίας-Διατροφής του Χαροκόπειου Πανεπιστημίου, κ. Κυριακού Αδαμαντίνη, η οποία σχεδίασε την εν λόγω μελέτη. Η διάθεση της για συζήτηση επί των πειραματικών διατάξεων ήταν ανεξάντλητη. Θερμές ευχαριστίες, επίσης, θα ήθελα να αποδώσω στην ερευνήτρια Δρ. Κώτσου Μαρία του ίδιου τμήματος, της οποίας η βοήθεια υπήρξε καίρια στην εκτέλεση των πειραμάτων και τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια Μπεζιρτζόγλου Ευγενία, του τμήματος Αγροτικής Ανάπτυξης του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης, για τις χρήσιμες συμβουλές της επάνω στη μικροβιολογική μελέτη, λόγω της εξειδικευμένης γνώσης της επί της απολυμαντικής δράσης του όζοντος από παλαιότερες μελέτες.

Ιδιαίτερα σημαντική ήταν η συμβολή του κ. Καραμπότσου Αθανάσιου, του τμήματος Συντήρησης Αρχαιοτήτων και Έργων Τέχνης, του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Αθήνας, ο οποίος με καθοδήγησε και με βοήθησε στη φωτογράφιση των δοκιμίων που αφορούσαν την μελέτη επιφανειακής διάβρωσης με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης. Η διάθεση του για βοήθεια και το ενδιαφέρον του για το θέμα υπήρξε κομβικό για την ολοκλήρωση της μελέτης.

Θέλω επίσης να ευχαριστήσω από τη θέση αυτή τον Καθηγητή κ. Γιαννικάκη Σταύρο, του τμήματος Οδοντικής Τεχνολογίας, του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Αθήνας, για τις σημαντικές διορθώσεις που μου πρότεινε και γενικά για την υποστήριξη του στην προσπάθεια μου για την εκπόνηση αυτής της διατριβής.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Ηλιάδη Γεώργιο, όπως και τον επίκουρο καθηγητή κ. Ζηνέλη Σπυρίδωνα, της Οδοντιατρικής σχολής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, οι οποίοι μου έδωσαν πρόσβαση στο μετρητικό μικροσκόπιο της σχολής για να πραγματοποιήσω τις μετρήσεις της μελέτης μεταβολής διαστάσεων των αποτυπωτικών υλικών.

Ευχαριστώ τον κ. Κώττη Φίλιππο από το Εθνικό Κέντρο Αξιολόγησης της Ποιότητας και Τεχνολογίας στην Υγεία Α.Ε., ο οποίος μου παραχώρησε τη μήτρα παραγωγής δοκιμίων ελαστομερών αποτυπωτικών υλικών σύμφωνα με την οδηγία ISO 4823 για να πραγματοποιηθεί η μελέτη μεταβολής διαστάσεων αποτυπωτικών υλικών.

Τέλος, ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον ομότιμο καθηγητή κ. Μερτή Κωνσταντίνο, του τμήματος Χημείας του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, ο οποίος με βοήθησε στη χημική ανάλυση των αποτελεσμάτων της μελέτης επιφανειακής διάβρωσης των ελαστομερών αποτυπωτικών υλικών. Η συμβολή του υπήρξε εξαιρετικά σημαντική στην ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	1
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	2
1.1 Η φυσιολογική μικροβιακή χλωρίδα του ανθρώπινου οργανισμού	2
1.2 Φυσιολογική μικροβιακή χλωρίδα του στόματος.....	2
1.2.1 Είδη μικροοργανισμών της φυσιολογικής χλωρίδας του στόματος	3
1.3 Οδοντιατρικά υλικά που μολύνονται με μικροοργανισμούς	4
1.3.1 Αποτυπωτικά υλικά.....	4
1.3.1.1 Συνθετικά ελαστομερή πολυμερή.....	4
1.3.1.1.1 Πολυσουλφίδια	4
1.3.1.1.2 Σιλικόνες συμπίκνωσης	4
1.3.1.1.2.1 Σύνθεση – Αντίδραση πολυμερισμού σιλικόνων συμπίκνωσης	4
1.3.1.1.3 Σιλικόνες προσθήκης	5
1.3.1.1.3.1 Σύνθεση – Αντίδραση πολυμερισμού σιλικόνων προσθήκης.....	5
1.3.1.1.4 Πολυαιθέρες.....	7
1.3.1.1.4.1 Σύνθεση – Αντίδραση πολυμερισμού πολυαιθέρων.....	7
1.3.1.2 Υδροκολλοειδή	8
1.3.1.2.1 Άγαρ – Άγαρ	8
1.3.1.2.2 Αλγινικό υδροκολλοειδές	8
1.3.1.2.2.1 Σύνθεση – Χημική αντίδραση αλγινικού υδροκολλοειδούς.....	9
1.3.2 Ακρυλικές ρητίνες.....	10
1.3.2.1 Θερμοπολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες	10
1.3.2.1.1 Σύνθεση – Αντίδραση πολυμερισμού θερμοπολυμεριζόμενων ακρυλικών ρητινών	10
1.3.2.2 Αυτοπολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες	11
1.3.2.2.1 Σύνθεση – Αντίδραση πολυμερισμού αυτοπολυμεριζόμενων ακρυλικών ρητινών	11
1.3.3 Σύνθετες ρητίνες	12
1.3.3.1 Φωτοπολυμεριζόμενες σύνθετες ρητίνες.....	12
1.3.3.1.1 Ατομικά δισκάρια	12
1.3.3.1.2 Βασικές πλάκες.....	12
1.3.3.1.3 Σύνθεση – Αντίδραση πολυμερισμού φωτοπολυμεριζόμενων σύνθετων ρητινών	13
1.4 Απολύμανση οδοντιατρικών υλικών	13
1.4.1 Μέθοδοι απολύμανσης.....	14
1.4.2 Διαλύματα απολύμανσης οδοντιατρικών υλικών αποτύπωσης.....	14
1.4.3 Μειονεκτήματα τρεχόντων μεθόδων απολύμανσης	14
1.4.3.1 Μεταβολή διαστάσεων οδοντιατρικών υλικών αποτύπωσης	15
1.4.3.2 Διάβρωση της επιφάνειας των αποτυπωτικών υλικών	15
1.4.3.3 Λοιπά μειονεκτήματα	15
1.5 ΟΖΟΝ	16
1.5.1 Φυσικές και χημικές ιδιότητες του όζοντος.....	16
1.5.1.1 Διάσπαση όζοντος.....	16
1.5.2 Παραγωγή όζοντος.....	17
1.5.2.1 Σύγχρονοι τρόποι παραγωγής όζοντος	17
1.5.2.1.1 Τεχνολογία ηλεκτρικών εκκενώσεων	17
1.5.2.1.2 Υπεριώδης ακτινοβολία	18

1.5.2.1.3 Ηλεκτρόλυση	18
1.5.3 Απολυμαντική δράση του όζοντος	18
1.5.3.1 Μηχανισμός καταστροφής των βακτηρίων	18
1.5.3.2 Μηχανισμός καταστροφής των ιών	19
1.5.3.3 Μηχανισμός καταστροφής των μυκήτων	19
1.5.3.4 Επίδραση του όζοντος σε νουκλεϊνικά οξέα.....	20
1.5.3.5 Ασφαλή όρια έκθεσης στο όζον	20
1.5.4 Επίδραση του όζοντος στα ελαστομερή υλικά	20
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	22
1.7 Σκοπός της εργασίας.....	23
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	24
2.1 Συσκευή απολύμανσης με όζον	24
2.1.1 Θάλαμος απολύμανσης	25
2.1.2 Πίνακας ελέγχου συσκευής.....	25
2.1.3 Διαδικασία απολύμανσης.....	25
2.2. Μικροβιολογική μελέτη.....	25
2.2.1 Βακτηριολογική μελέτη υπό συνθήκες εργαστηρίου	25
2.2.1.1 Διαδικασία επιμόλυνσης και απολύμανσης του αποτυπωτικού υλικού.....	25
2.2.1.2 Βακτηριακά στελέχη και θρεπτικά υλικά	26
2.2.1.3 Καταμέτρηση βακτηριακού φορτίου	27
2.2.2 Βακτηριολογική μελέτη υπό συνθήκες καθημερινής οδοντιατρικής πράξης	27
2.2.2.1 Διαδικασία επιμόλυνσης των οδοντιατρικών αποτυπωμάτων.....	27
2.2.2.2 Απολύμανση και καταμέτρηση βακτηριακού φορτίου.....	27
2.3 Μελέτη μεταβολής διαστάσεων αποτυπωτικών υλικών.....	28
2.3.1 Μήτρα παραγωγής δοκιμών ελαστομερών αποτυπωτικών υλικών	28
2.3.2 Ελαστομερή αποτυπωτικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν	29
2.3.3 Κατασκευή δοκιμών	29
2.3.4 Πειραματική διαδικασία μέτρησης της μεταβολής διαστάσεων των αποτυπωτικών υλικών.....	30
2.3.4.1 Μετρητικό μικροκόπιο.....	30
2.3.4.2 Τρόπος μέτρησης των δοκιμών στο μετρητικό μικροσκόπιο	31
2.3.4.3 Μέθοδοι απολύμανσης που εξετάστηκαν	31
2.3.4.4 Μέτρηση της μεταβολής διαστάσεων των υπό εξέταση δοκιμών.....	31
2.3.4.4.1 Μέτρηση μεταβολής διαστάσεων με απολυμαντικό διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου	32
2.3.4.4.2 Μέτρηση μεταβολής διαστάσεων με απολυμαντικό διάλυμα χλωριούχου βενζαλκονίου	32
2.3.4.4.3 Μέτρηση μεταβολής διαστάσεων με απολυμαντικό μέσο το όζον	32
2.3.4.4.4 Υπολογισμός ποσοστιαίας μεταβολής διαστάσεων.....	33
2.4 Μελέτη μεταβολής διαστάσεων ατομικών δισκαρίων	33
2.4.1 Κατασκευή μήτρας δοκιμών ατομικών δισκαρίων.....	34
2.4.2 Κατασκευή δοκιμών	35
2.4.3 Πειραματική διαδικασία μέτρησης της μεταβολής διαστάσεων των ατομικών δισκαρίων	37
2.4.3.1 Ψηφιακό μικρόμετρο	37
2.4.3.2 Τρόπος μέτρησης των δοκιμών με το ψηφιακό μικρόμετρο	37
2.4.3.3 Μέθοδοι απολύμανσης που εξετάστηκαν	38

2.4.3.4 Μέτρηση της μεταβολής διαστάσεων των υπό εξέταση δοκιμίων	38
2.4.3.4.1 Μέτρηση μεταβολής διαστάσεων με απολυμαντικό διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου	38
2.4.3.4.2 Μέτρηση μεταβολής διαστάσεων με απολυμαντικό διάλυμα χλωριούχου βενζαλκονίου	39
2.4.3.4.3 Μέτρηση μεταβολής διαστάσεων με απολυμαντικό μέσο το όζον	39
2.4.3.4.4.1 Ποσοστιαία μεταβολή διαστάσεων αποστάσεων	39
2.4.3.4.4.2 Συνολική ποσοστιαία μεταβολή διαστάσεων ατομικών δισκαρίων	40
2.5 Μελέτη επιφανειακής διάβρωσης ελαστομερών αποτυπωτικών υλικών	41
2.5.1 Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης	41
2.5.2 Ελαστομερή αποτυπωτικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν	42
2.5.3 Κατασκευή δοκιμίων	42
2.5.4 Πειραματική διαδικασία μελέτης επιφανειακής διάβρωσης ελαστομερών αποτυπωτικών υλικών	43
2.5.4.1 Μέθοδοι απολύμανσης που εξετάστηκαν	43
2.5.4.1.1 Απολύμανση δοκιμίων με απολυμαντικό διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου	43
2.5.4.1.2 Απολύμανση δοκιμίων με απολυμαντικό διάλυμα χλωριούχου βενζαλκονίου	43
2.5.4.1.3 Απολύμανση δοκιμίων με απολυμαντικό μέσο το όζον	44
2.5.4.2 Προετοιμασία δοκιμίων προς εξέταση	44
2.5.4.3 Αγωγή επικάλυψη δοκιμίων	45
2.5.4.4 Σάρωση των δοκιμίων στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο	45
2.6 Στατιστική Ανάλυση	45
2.6.1 Μικροβιολογική μελέτη	45
2.6.2 Μελέτη μεταβολής διαστάσεων αποτυπωτικών υλικών	46
2.6.3 Μελέτη μεταβολής διαστάσεων ατομικών δισκαρίων	46
2.6.4 Στατιστική σημαντικότητα	46
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	47
3.1 Μικροβιολογική μελέτη	47
3.1.1 Βακτηριολογική μελέτη υπό συνθήκες εργαστηρίου	47
3.1.2 Βακτηριολογική μελέτη υπό συνθήκες καθημερινής οδοντιατρικής πράξης	48
3.2 Μελέτη μεταβολής διαστάσεων αποτυπωτικών υλικών	54
3.3 Μελέτη μεταβολής διαστάσεων ατομικών δισκαρίων	65
3.4 Μελέτη επιφανειακής διάβρωσης ελαστομερών αποτυπωτικών υλικών	79
3.4.1 Μελέτη επιφανειακής διάβρωσης του υλικού Exalence	79
3.4.2 Μελέτη επιφανειακής διάβρωσης του υλικού Express	87
3.4.3 Μελέτη επιφανειακής διάβρωσης του υλικού Aquasil	95
3.4.4 Μελέτη επιφανειακής διάβρωσης του υλικού Impregum	103
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	111
4.1 Κατασκευή πρωτότυπης συσκευής απολύμανσης οδοντιατρικών υλικών αποτύπωσης με όζον	111
4.1.1 Υπολογισμός συγκέντρωσης όζοντος εντός του θαλάμου (ppm)	112
4.2 Μικροβιολογική μελέτη	113
4.2.1 Βακτηριολογική μελέτη υπό συνθήκες εργαστηρίου	113
4.2.2 Βακτηριολογική μελέτη υπό συνθήκες καθημερινής οδοντιατρικής πράξης	114

4.2.3 Σύγκριση απολυμαντικών μεθόδων	116
4.3 Μελέτη μεταβολής διαστάσεων αποτυπωτικών υλικών.....	116
4.4 Μελέτη μεταβολής διαστάσεων ατομικών δισκαρίων	119
4.5 Μελέτη επιφανειακής διάβρωσης ελαστομερών αποτυπωτικών υλικών	121
4.6. Συμπεράσματα	124
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	126
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	139
ABSTRACT.....	141
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΕΩΝ	143

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗ ΧΛΩΡΙΔΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

Το δέρμα, οι βλεννογόνοι που επικοινωνούν με το εξωτερικό περιβάλλον και το έντερο του υγιούς ανθρώπινου οργανισμού αποικίζονται επιφανειακά από μία ποικιλία μικροοργανισμών που συναποτελούν τη φυσιολογική μικροβιακή χλωρίδα του. Στις επιφάνειες αυτές, οι μικροοργανισμοί καταφέρνουν να επιβιώσουν σε ένα ευρύ φάσμα περιβαλλοντολογικών και διατροφικών συνθηκών. Το φάσμα ποικίλλει, από τις ξηρές και αλατούχες συνθήκες του δέρματος, μέχρι τις όξινες συνθήκες του στομάχου. Ο ανθρώπινος οργανισμός προσλαμβάνει αρκετά οφέλη από την παρουσία των μικροοργανισμών αυτών (Bagg, 2006), όπως π.χ. πρόσληψη βιταμινών και άλλων θρεπτικών ουσιών (Levinson, 2008).

Η δράση των μικροοργανισμών της φυσιολογικής μικροβιακής χλωρίδας εξισορροπείται από την ταυτόχρονη δράση του ανοσοποιητικού συστήματος. Ως αποτέλεσμα, ο οργανισμός παραμένει υγιής.

Οι μικροοργανισμοί που προκαλούν λοιμώξεις στον άνθρωπο καλούνται παθογόνοι. Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί διακρίνονται σε υποχρεωτικά παθογόνους (προκαλούν λοιμώξεις κάτω από οιαδήποτε συνθήκες) και ευκαιριακά ή δυνητικά παθογόνους. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν και αρκετοί μικροοργανισμοί της φυσιολογικής μικροβιολογικής χλωρίδας (π.χ. *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Candida albicans* και άλλα). Οι ευκαιριακά παθογόνοι μικροοργανισμοί προκαλούν λοίμωξη μόνον εφόσον αυξηθεί υπέρμετρα το μικροβιακό τους φορτίο ή όταν το ανοσοποιητικό σύστημα του οργανισμού είναι εξασθενημένο (Bagg, 2006).

1.2 ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗ ΧΛΩΡΙΔΑ ΤΟΥ ΣΤΟΜΑΤΟΣ

Η φυσιολογική μικροβιακή χλωρίδα του στόματος παρουσιάζει μια από τις πιο μεγάλες πληθυσμιακές ποικιλομορφίες μικροοργανισμών που υπάρχουν. Έχουν ταυτοποιηθεί τουλάχιστον 350 είδη, με πιθανόν, ένα περαιτέρω 50% το οποίο δεν μπορεί να καλλιεργηθεί εργαστηριακά με τις παρούσες τεχνικές. Ο πληθυσμός των μικροοργανισμών που βρίσκεται στη στοματική κοιλότητα είναι εξαιρετικά μεγάλος, εφόσον ενδεικτικά υπολογίζεται στα 100 εκατομμύρια μικροοργανισμών ανά χιλιοστόλιτρο. Όπως και σε άλλες περιοχές του οργανισμού, η στοματική κοιλότητα φιλοξενεί φυσιολογική χλωρίδα με χαρακτηριστική σύνθεση, περιλαμβάνοντας μεγάλο αριθμό αναερόβιων μικροοργανισμών.

Η αρμονική συνύπαρξη της φυσιολογικής χλωρίδας του στόματος με τον ανθρώπινο οργανισμό μπορεί να διαταραχτεί από διάφορους παράγοντες (Bagg, 2006). Τέτοιοι παράγοντες είναι η θερμοκρασία, το pH, το οξυγόνο, η ροή της σιέλου, η ηλικία του ανθρώπινου οργανισμού (Lamont *et al.*, 2006) και η διατροφή (Bagg, 2006).

Τα σημεία όπου αποικούν οι μικροοργανισμοί της φυσιολογικής χλωρίδας του στόματος είναι τα εξής:

- Οδοντική πλάκα

Οδοντική πλάκα ονομάζεται η πυκνή μάζα μικροοργανισμών η οποία είναι

κολλημένη πάνω στους οδοντικούς ιστούς μέσω του σιαλικού υμένιου. Το σιαλικό υμένιο και η οδοντική πλάκα αποτελούνται από προϊόντα του ανθρώπινου οργανισμού και των βακτηρίων (Lamont *et al.*, 2006).

- Οδοντική τρυγία

Οδοντική τρυγία ονομάζεται η ασβεστοποιημένη οδοντική πλάκα. Αποτελείται από αδιάλυτους κρυστάλλους φωσφορικού ασβεστίου, στη δημιουργία των οποίων συμβάλλουν τα ιόντα ασβεστίου και τα φωσφορικά ιόντα που βρίσκονται σε πλεόνασμα στη σίελο (Bagg, 2006).

- Βλεννογόνοι

Ο επιθηλιακός ιστός που καλύπτει τα ούλα, τις παρειές και τον ουρανίσκο δρα ως επιφάνεια αποικίας των μικροοργανισμών της φυσιολογικής χλωρίδας του στόματος. Λόγω της συνεχόμενης τακτικής κατακρήμνισης των επιθηλιακών κυττάρων (ως εκ τούτου κατακρήμνισης και των μικροοργανισμών), δεν παρατηρείται η πολυπληθυσμικότητα μικροοργανισμών που παρατηρείται στην επιφάνεια των δοντιών.

- Γλώσσα

Η επιφάνεια της γλώσσας καλύπτεται από θηλές που δημιουργούν προφυλασσόμενες περιοχές τις οποίες μπορούν να αποικίσουν οι μικροοργανισμοί. Έτσι, η γλώσσα χρησιμεύει ως το μεγαλύτερο αποικιστικό περιβάλλον για τους μικροοργανισμούς της φυσιολογικής χλωρίδας του στόματος, μετά τα δόντια και τις ουλοδοντικές σχισμές (Lamont *et al.*, 2006).

1.2.1 Είδη μικροοργανισμών της φυσιολογικής χλωρίδας του στόματος

Το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού των μικροοργανισμών που βρίσκονται στη στοματική κοιλότητα αποτελείται από βακτήρια (πίνακας 1.1). Ωστόσο, υπάρχουν και άλλοι μικροοργανισμοί όπως πρωτόζωα, μύκητες και ιοί (Levinson, 2008, Bagg, 2006, Marcotte and Lavoie, 1998).

Βακτήρια της φυσιολογικής μικροβιακής χλωρίδας του στόματος	
Gram (-) Βακτήρια	Gram (+) Βακτήρια
<i>Neisseria spp.</i>	<i>Streptococcus spp.</i>
<i>Veillonella spp.</i>	<i>Staphylococcus spp.</i>
<i>Haemophilus spp.</i>	<i>Actinomyces spp.</i>
<i>Eikenella spp.</i>	<i>Lactobacillus spp.</i>
<i>Capnocytophaga spp.</i>	<i>Eubacterium spp.</i>
<i>Actinobacillus spp.</i>	
<i>Porphyromonas spp.</i>	
<i>Prevotella spp.</i>	
<i>Fusobacterium spp.</i>	
<i>Spirochaetes</i>	

Πίνακας 1.1. Τα πιο σημαντικά βακτήρια που βρίσκονται στη φυσιολογική χλωρίδα του στόματος (Bagg, 2006, Aas *et al.*, 2005)

1.3 ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΜΟΛΥΝΟΝΤΑΙ ΜΕ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ

1.3.1 Αποτυπωτικά υλικά

Τα αποτυπωτικά υλικά χρησιμοποιούνται ευρέως στην οδοντιατρική, με σκοπό την πλήρη και με ακρίβεια αντιγραφή σκληρών και μαλακών ιστών του στόματος. Τα πιο διαδεδομένα υλικά που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι τα συνθετικά ελαστομερή πολυμερή και τα υδροκολλοειδή. Τα οδοντιατρικά αποτυπώματα σχηματίζουν το αρνητικό εκμαγείο των ιστών του στόματος, ενώ η πλήρωση των αποτυπωμάτων με οδοντιατρική γύψο, έχει ως αποτέλεσμα την πιστή θετική αναπαράσταση των ιστών. Τα αποτυπωτικά υλικά τοποθετούνται σε ειδικά δισκάρια (μεταλλικά ή πλαστικά) σε πλαστική ή ρευστή μορφή, τοποθετούνται στη στοματική κοιλότητα αντιγράφοντας τους ιστούς και ακολουθεί η πήξη τους η οποία είναι το επακόλουθο μίας χημικής αντίδρασης ή πολυμερισμού (O'Brien, 2002, Craig and Powers, 2002).

1.3.1.1 Συνθετικά ελαστομερή πολυμερή

Υπάρχουν 4 τύποι συνθετικών ελαστομερών αποτυπωτικών υλικών, διαθέσιμοι στην οδοντιατρική. Τα πολυσουλφίδια, οι σιλικόνες συμπύκνωσης, οι σιλικόνες προσθήκης και οι πολυαιθέρες. Τα ελαστομερή αποτυπωτικά υλικά διατίθενται σε διάφορες συστάσεις, ανάλογα με το ιξώδες τους. Ανάλογα με τον τύπο του υλικού, υπάρχουν από 2 ως 4 διαφορετικές συστάσεις, κυμαινόμενες από ρευστή μορφή έως στοκώδη. Ο κάθε τύπος ελαστομερούς αποτυπωτικού υλικού και η ανάλογη μορφή του επιλέγονται από τον οδοντίατρο βάσει της περίπτωσης (Craig and Powers, 2002).

1.3.1.1.1 Πολυσουλφίδια

Τα πολυσουλφίδια είναι τα πρώτα συνθετικά ελαστομερή αποτυπωτικά υλικά που εισήχθησαν στην οδοντιατρική το 1950, όμως χρησιμοποιούνται ελάχιστα στη σύγχρονη οδοντιατρική και ως εκ τούτου δεν θα αναλυθούν περαιτέρω (Craig and Powers, 2002).

1.3.1.1.2 Σιλικόνες συμπύκνωσης

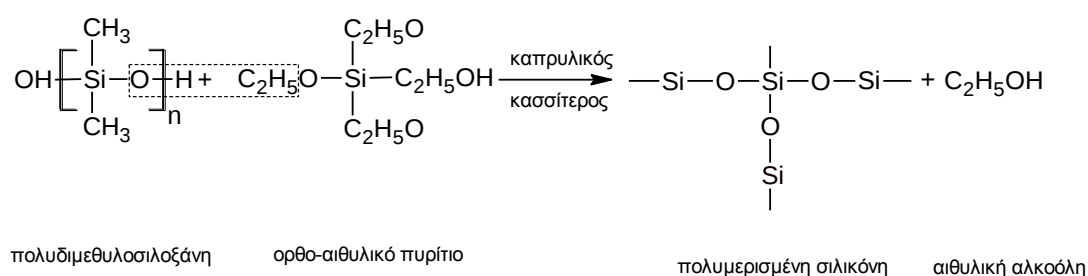
Οι σιλικόνες συμπύκνωσης διατίθενται σε μορφή πάστας (βάση) – πάστας (καταλύτης) ή πάστας (βάση) – υγρού καταλύτη και σε τέσσερις συστάσεις, χαμηλού, μεσαίου, υψηλού και πολύ υψηλού ιξώδους.

1.3.1.1.2.1 Σύνθεση – Αντίδραση πολυμερισμού σιλικόνων συμπύκνωσης

Η πάστα της βάσης συνήθως περιέχει μία μικρού μοριακού βάρους σιλικόνη διμεθυλο-πολυσιλοξάνης η οποία έχει ελεύθερες υδροξυλομάδες, ένα αλκυλο-πυριτικό άλας, όπως το ορθο-αιθυλικό πυρίτιο, ως παράγοντας διασταύρωσης και ανόργανες ουσίες ως έκδοχα. Τα έκδοχα είναι ανθρακικό ασβέστιο ή πυρίτιο. Όσο μεγαλύτερο το ιξώδες, τόσο μεγαλύτερο το ποσοστό των εκδόχων που περιέχεται στη σιλικόνη.

Ο καταλύτης συνήθως περιέχει ένα μεταλλικό οργανικό εστέρα, όπως καπρυλικό κασσίτερο. Ορισμένες φορές το αλκυλο-πυριτικό άλας περιέχεται στον καταλύτη και όχι στη βάση.

Όταν τα δύο υλικά (βάση–καταλύτης) αναμειχθούν, ξεκινά η αντίδραση πολυμερισμού. Ο μεταλλικός οργανικός εστέρας καταλύει την αντίδραση πολυμερισμού των σιλικόνων συμπύκνωσης (σχήμα 1.1). Κατά τον πολυμερισμό των σιλικόνων συμπύκνωσης, απελευθερώνεται αιθυλική αλκοόλη ως παραπροϊόν, οδηγώντας σε ελαφρά συστολή του αποτυπωτικού υλικού. Η συστολή αυτή κυμαίνεται από 0,2% έως 1,0% κατά τις πρώτες 24 ώρες. Παράλληλα, παρατηρείται μικρή αύξηση της θερμοκρασίας, της τάξεως του 1°C (Καφούσιας και συν., 1994, O'Brien, 2002, Craig and Powers, 2002).



Σχήμα 1.1. Αντίδραση πολυμερισμού σιλικόνων συμπύκνωσης

1.3.1.1.3 Σιλικόνες προσθήκης

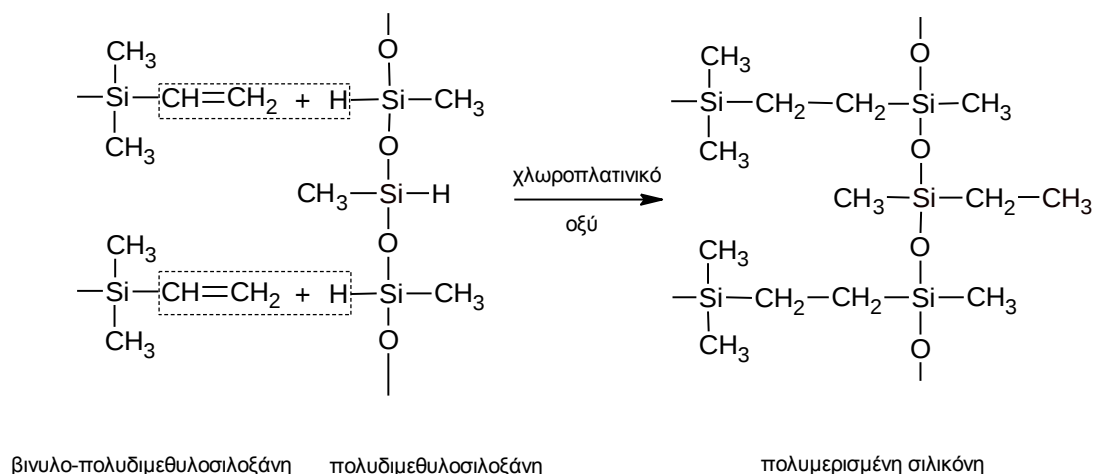
Οι σιλικόνες προσθήκης αποτελούν ένα επίτευγμα ακριβείας σε σύγκριση με τις σιλικόνες συμπύκνωσης. Αυτό οφείλεται στο ότι αφαιρέθηκε από την αντίδραση πολυμερισμού, η δημιουργία της αιθυλικής αλκοόλης ως παραπροϊόν, η οποία ευθυνόταν για τη συστολή της πολυμερισμένης σιλικόνης. Οι σιλικόνες προσθήκης διατίθενται σε μορφή πάστας (βάση) – πάστας (καταλύτης) και σε τέσσερις συστάσεις, χαμηλού, μεσαίου, υψηλού και πολύ υψηλού ιξώδους.

1.3.1.1.3.1 Σύνθεση – Αντίδραση πολυμερισμού σιλικόνων προσθήκης

Η πάστα της βάσης και η πάστα του καταλύτη, αποτελούνται από πολυμερή σιλικόνων και διαφοροποιούνται, σε βάση και καταλύτη, βάσει της τοποθέτησης του καταλύτη, που βρίσκεται σε μια από τις δύο πάστες. Η μία πάστα περιέχει σιλικόνη πολυδιμεθυλοσιλοξάνης που έχει ελεύθερες βινυλομάδες. Η δεύτερη πάστα περιέχει μια μικρού μοριακού βάρους σιλικόνη πολυδιμεθυλοσιλοξάνης που έχει ελεύθερες ομάδες υδρογόνου.

Ο καταλύτης που βρίσκεται σε μία από τις δύο πάστες, είναι το χλωροπλατινικό οξύ.

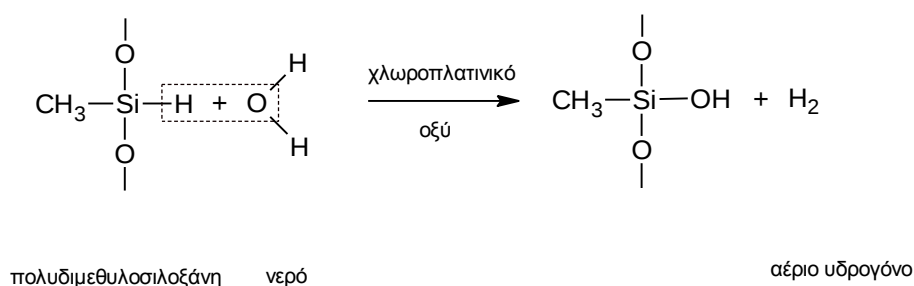
Όταν οι δύο πάστες (βάση–καταλύτης) αναμειχθούν, ξεκινάει η αντίδραση πολυμερισμού. Το χλωροπλατινικό οξύ καταλύει την αντίδραση πολυμερισμού των σιλικόνων προσθήκης (σχήμα 1.2).



Σχήμα 1.2. Αντίδραση πολυμερισμού σιλικώνων προσθήκης

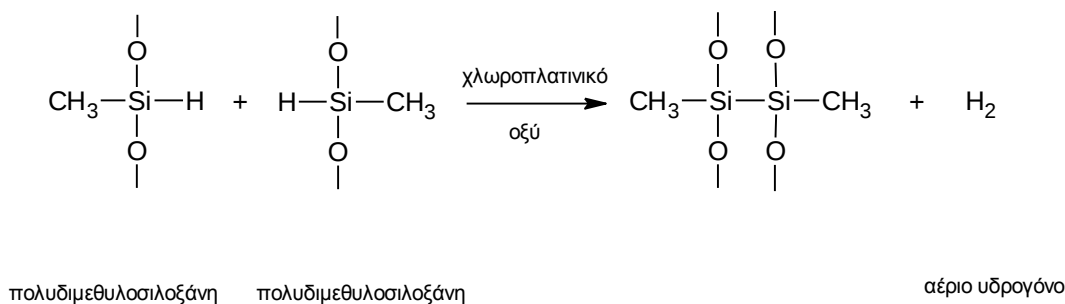
Κατά τον πολυμερισμό των σιλικώνων προσθήκης δεν παράγεται παραπροϊόν με αποτέλεσμα να μην εμφανίζεται η συστολή που εμφανίζεται στις σιλικόνες συμπύκνωσης. Η συστολή που παρουσιάζουν οι σιλικόνες προσθήκης είναι περίπου 0.05% μετά από μια εβδομάδα. Ωστόσο, έχει παρατηρηθεί σε ορισμένες περιπτώσεις, ότι κατά την αντίδραση πολυμερισμού απελευθερώνεται υδρογόνο από δευτερογενείς αντιδράσεις που μπορεί να συμβούν. Δύο είναι οι πιθανές χημικές αντιδράσεις εκλύσεως υδρογόνου, που μπορούν να συμβούν κατά τον πολυμερισμό των σιλικώνων προσθήκης.

Η μία χημική αντίδραση μπορεί να συμβεί ανάμεσα στην πολυδιμεθυλοσιλοξάνη, που έχει ελεύθερες ομάδες υδρογόνου και στα μόρια του νερού που βρίσκονται σε αφθονία στη στοματική κοιλότητα (σχήμα 1.3).



Σχήμα 1.3. Αντίδραση εκλύσεως υδρογόνου λόγω παρουσίας νερού κατά τον πολυμερισμό των σιλικώνων προσθήκης

Η δεύτερη χημική αντίδραση μπορεί να συμβεί ανάμεσα στις ελεύθερες ομάδες υδρογόνου της αντίστοιχης πολυδιμεθυλοσιλοξάνης υπό την κατάλυση του χλωροπλατινικού οξέος (σχήμα 1.4).



Σχήμα 1.4. Αντίδραση εκλύσεως υδρογόνου από την αντίδραση των ελεύθερων ομάδων υδρογόνου της αντίστοιχης πολυδιμεθυλοσιλοξάνης κατά τον πολυμερισμό των σιλικόνων προσθήκης

Στις περιπτώσεις όπου υπάρχει απελευθέρωση υδρογόνου, προστίθενται στο υλικό στοιχεία που δεσμεύουν το υδρογόνο, όπως είναι η πλατίνα, το παλλάδιο κ.α. (Καφούσιας και συν., 1994, O'Brien, 2002, Craig and Powers, 2002).

1.3.1.1.4 Πολυαιθέρες

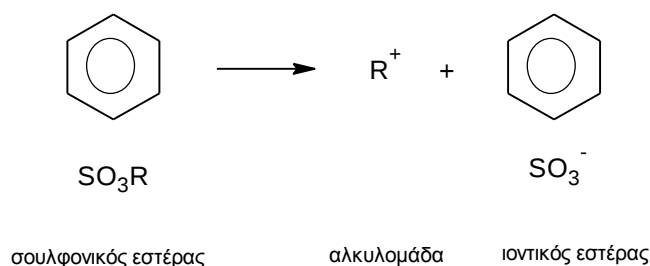
Οι πολυαιθέρες έχουν ως χαρακτηριστικό το πολύ υψηλό ιξώδες τους, το οποίο τους περιορίζει σε αποτύπωση περιοχών χωρίς ιδιαίτερες εσοχές. Οι πολυαιθέρες διατίθενται σε μορφή πάστας (βάση) – πάστας (καταλύτης) και σε τρεις συστάσεις, χαμηλού, μεσαίου και υψηλού ιξώδους.

1.3.1.1.4.1 Σύνθεση – Αντίδραση πολυμερισμού πολυαιθέρων

Η πάστα της βάσης περιέχει πολυαιθυλενικό πολυμερές μικρού μοριακού βάρους (έχει ελεύθερες ιμινομάδες), κολλοειδές πυρίτιο ως έκδοχο και γλυκοαιθέρα ως παράγοντα πλαστικοποίησης.

Η πάστα του καταλύτη περιέχει έναν αρωματικό σουλφονικό εστέρα, πυρίτιο ως έκδοχο και πλαστικοποιητές.

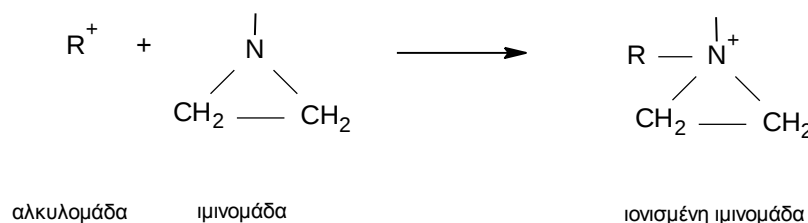
Όταν τα δύο υλικά (βάση–καταλύτης) αναμειχθούν, ξεκινάει η αντίδραση πολυμερισμού. Ο σουλφονικός εστέρας χωρίζεται σε ιοντικού τύπου εστέρα (ανιόν) και σε αλκυλομάδα (κατιόν) (σχήμα 1.5).



Σχήμα 1.5. Αντίδραση ιονισμού σουλφονικού εστέρα

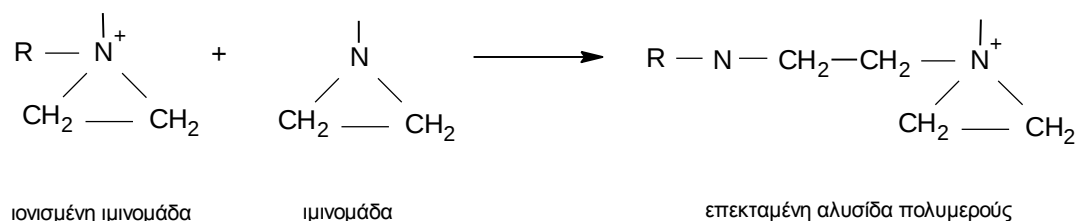
Οι αλκυλομάδες, ως κατιόντα, αντιδρούν με τους δακτυλίους των ιμινομάδων, τους ανοίγουν και ενώνονται μαζί τους. Οι ιμινομάδες μετατρέπονται με αυτόν τον

τρόπο σε κατιόντα (σχήμα 1.6) (Καφούσιας και συν., 1994, O'Brien, 2002, Craig and Powers, 2002).



Σχήμα 1.6. Αντίδραση ιονισμού ιμινομάδας

Οι ιμινομάδες πια, όντας κατιόντα, αντιδρούν με άλλους δακτυλίους ιμινομάδων κι ενώνονται μαζί τους. Ως αποτέλεσμα η αλυσίδα του πολυμερούς επεκτείνεται και συνεχίζεται ο πολυμερισμός. Το τελικό πολυμερές δεν παρουσιάζει συστολή λόγω της μη υπάρξεως παραπροϊόντος (σχήμα 1.7).



Σχήμα 1.7. Αντίδραση πολυμερισμού πολυαιθέρα

1.3.1.2 Υδροκολλοειδή

Υπάρχουν 2 τύποι αποτυπωτικών υλικών οι οποίοι ανήκουν στα υδροκολλοειδή:

1.3.1.2.1 Άγαρ – Άγαρ

Το άγαρ-άγαρ ήταν το πρώτο ελαστικό αποτυπωτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε στην Οδοντιατρική. Σήμερα, το άγαρ-άγαρ δεν χρησιμοποιείται ευρέως στην καθημερινή Οδοντιατρική πράξη και ως εκ τούτου δεν θα αναλυθεί περαιτέρω στη συνέχεια.

1.3.1.2.2 Αλγινικό υδροκολλοειδές

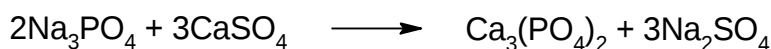
Το αλγινικό υδροκολλοειδές εισήχθη στην Οδοντιατρική τη δεκαετία του 1930. Έχει αποδεκτές ελαστικές ιδιότητες, τα αποτυπωτικά του αποτελέσματα είναι ικανοποιητικά, ενώ παρουσιάζει ευκολία στη χρήση. Διατίθεται σε μορφή σκόνης η οποία αναμειγνύεται με νερό.

1.3.1.2.2.1 Σύνθεση – Χημική αντίδραση αλγινικού υδροκολλοειδούς

Η σκόνη του αλγινικού υδροκολλοειδούς αποτελείται από άλατα αλγινικού νατρίου ή καλίου. Το αλγινικό οξύ που είναι ένα υψηλού μοριακού βάρους πολυμερές - το *β-D-μανουρικό οξύ* - προέρχεται από ένα θαλάσσιο φυτό. Στο αλγινικό υδροκολλοειδές περιέχονται επίσης θειικό ασβέστιο, φωσφορικό νάτριο ως επιβραδυντής, διατομική γη ως έκδοχο – ρυθμιστής της σκληρότητας μετά την πήξη, θειικός ψευδάργυρος και φθοριούχα, πυριτικά και βορικά άλατα για την αύξηση της αντοχής και της ελαστικότητας του τελικού προϊόντος.

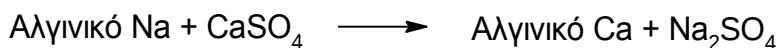
Όταν η σκόνη του αλγινικού υδροκολλοειδούς αναμειχθεί με νερό δημιουργείται μια πάστα και λαμβάνουν χώρα 2 χημικές αντιδράσεις. Η πρώτη χημική αντίδραση έχει ως σκοπό την καθυστέρηση εκκίνησης της δεύτερης που οδηγεί και στην πήξη του υλικού. Η καθυστέρηση αυτή προσφέρεται ως χρόνος επεξεργασίας του υλικού.

Κατά την πρώτη χημική αντίδραση, το φωσφορικό νάτριο αντιδρά με το θειικό ασβέστιο και δημιουργούνται φωσφορικά άλατα (σχήμα 1.8).



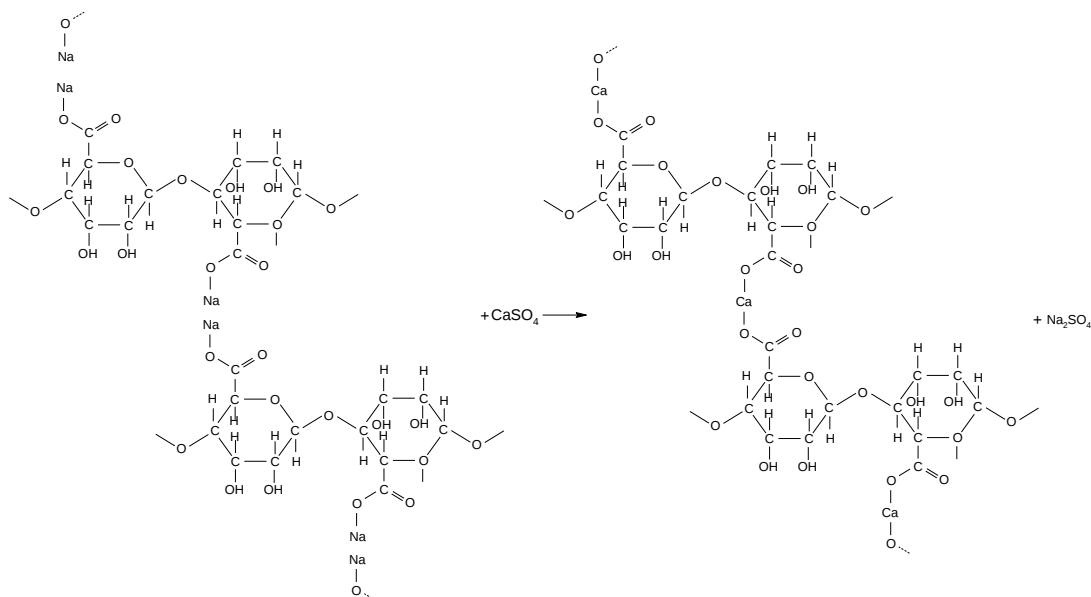
Σχήμα 1.8. Πρώτη χημική αντίδραση αλγινικού υδροκολλοειδούς

Όταν εξαντληθεί η ποσότητα φωσφορικού νατρίου, τότε ξεκινάει η δεύτερη χημική αντίδραση. Κατά τη δεύτερη χημική αντίδραση, το θειικό ασβέστιο αντιδρά με το αλγινικό άλας και δημιουργείται αλγινικό ασβέστιο (σχήμα 1.9).



Σχήμα 1.9. Δεύτερη χημική αντίδραση αλγινικού υδροκολλοειδούς

Το αλγινικό άλας είναι ένα πολυμερές προερχόμενο από αλγινικό οξύ. Κατά τη δεύτερη αντίδραση, ιόντα Ca^{++} αντικαθιστούν τα ιόντα N^+ ή K^+ που βρίσκονται στην αλυσίδα του πολυμερούς του αλγινικού άλατος, ενώνοντας τις αλυσίδες μεταξύ τους (σχήμα 1.10). Συνεπώς, δημιουργείται ένα σταυροειδώς συνδεδεμένο πολυμερές. Στα κενά που δημιουργούνται ανάμεσα στις αλυσίδες του πλέγματος του πολυμερούς, υπάρχει πολύ νερό, έκδοχα και παραπροϊόντα των χημικών αντιδράσεων (Καφούσιας και συν., 1994, O'Brien, 2002, Craig and Powers, 2002).



Σχήμα 1.10. Δεύτερη χημική αντίδραση αλγινικού υδροκολλοειδούς (συντακτικός τύπος)

1.3.2 Ακρυλικές ρητίνες

Οι ακρυλικές ρητίνες εισήχθησαν στην οδοντιατρική το 1937 για την κατασκευή οδοντοστοιχιών και μέχρι σήμερα παραμένουν υλικό εκλογής για αυτού του είδους τις αποκαταστάσεις. Οι ολικές οδοντοστοιχίες αποτελούνται εξολοκλήρου από ακρυλικές ρητίνες (βάση οδοντοστοιχίας – δόντια). Οι ακρυλικές ρητίνες έχουν και άλλες εφαρμογές, όπως στην κατασκευή ατομικών αποτυπωτικών δισκαρίων, βασικών πλακών και προσωρινών στεφανών – γεφυρών.

Οι ακρυλικές ρητίνες που χρησιμοποιούνται σήμερα στην Οδοντιατρική χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο πολυμερισμού τους. Η πρώτη απαρτίζεται από τις θερμοπολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες και η δεύτερη από τις αυτοπολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες (Καφούσιας και συν., 1994, O'Brien, 2002, Craig and Powers, 2002).

1.3.2.1 Θερμοπολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες

Οι θερμοπολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες χρησιμοποιούνται σήμερα στην Οδοντιατρική ως υλικό εκλογής για την κατασκευή ολικών οδοντοστοιχιών και προσωρινών στεφανών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι παρουσιάζουν τις καλύτερες ιδιότητες, οι οποίες είναι δυνατόν να επιτευχθούν. Διατίθενται σε μορφή σκόνης (πολυμερές) – υγρού (μονομερές).

1.3.2.1.1 Σύνθεση – Αντίδραση πολυμερισμού θερμοπολυμεριζόμενων ακρυλικών ρητινών

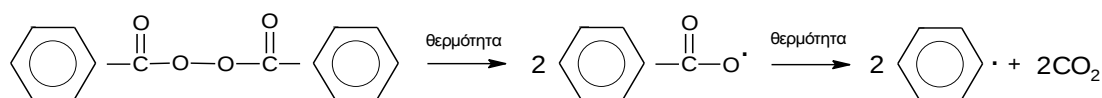
Η σκόνη των θερμοπολυμεριζόμενων ακρυλικών ρητινών αποτελείται κυρίως από κόκκους μεθακρυλικού μεθυλίου. Σημαντική προσθήκη στη σκόνη αποτελεί ο παράγοντας έναρξης του πολυμερισμού, ο οποίος είναι συνήθως το υπεροξείδιο του βενζολίου σε ποσοστό 0,2-0,5%. Ο χρωματισμός της ακρυλικής ρητίνης στο χρώμα των ιστών ή των δοντιών επιτυγχάνεται με την παρουσία οργανικών ή ανόργανων

οξειδίων, όπως το οξείδιο του σιδήρου ή ο χλωριούχος ψευδάργυρος. Ορισμένες φορές η σκόνη μπορεί να περιέχει ίνες Nylon ή Rayon προς απομίμηση των αγγείων του βλεννογόνου. Πλαστικοποιητές όπως η διβουτυλοφθαλεΐνη, ενσωματώνονται συχνά στη σκόνη και συμβάλλουν στη δημιουργία της ζύμης κατά τη διαδικασία πολυμερισμού της ακρυλικής ρητίνης.

Το υγρό των θερμοπολυμεριζόμενων ακρυλικών ρητινών αποτελείται από μεθακρυλικό μεθύλιο. Λόγω της δυνατότητας πολυμερισμού του μεθακρυλικού μεθυλίου παρουσία φωτός, ζέστης ή οξυγόνου, προστίθενται σταθεροποιητικές ουσίες όπως η πυρογαλλόλη (0,1%) ή η υδροκινόνη (0,003-0,006%), έτσι ώστε να εξασφαλίζεται μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Το υγρό των ακρυλικών ρητινών είναι δυνατόν να περιέχει παράγοντες δημιουργίας διασταυρούμενων πολυμερών, όπως είναι η διμεθακρυλική γλυκόλη ή το βινυλ-βενζόλιο. Οι παράγοντες αυτοί, δημιουργώντας διασταυρούμενα πολυμερή, αυξάνουν την αντοχή στη θραύση και μειώνουν την απορροφητική ικανότητα υγρών.

Όταν τα δύο υλικά (σκόνη-υγρό) αναμειχθούν, το υγρό μεθακρυλικό μεθύλιο διηθείται στους κόκκους του μεθακρυλικού μεθυλίου της σκόνης, προκαλώντας αύξηση του όγκου τους με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός συμπλόκου που έχει μορφή πλαστικής ζύμης. Παρόλο που το υγρό διηθείται πολύ καλά σε όλη τη μάζα των κόκκων, οι κόκκοι δεν διαλύονται εντελώς. Αφού η πλαστική ζύμη τοποθετηθεί στο εκάστοτε καλούπι, ακολουθεί ο πολυμερισμός.

Ο πολυμερισμός στις θερμοπολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες είναι αθροιστικού τύπου και ξεκινάει με την άνοδο της θερμοκρασίας στους 60-65°C. Σε αυτή τη θερμοκρασία παράγονται ελεύθερες ρίζες από τον παράγοντα έναρξης του πολυμερισμού, το υπεροξείδιο του βενζολίου, οι οποίες εκκινούν την αντίδραση πολυμερισμού (σχήμα 1.11) (Καφούσιας και συν., 1994, O'Brien, 2002, Craig and Powers, 2002).



Σχήμα 1.11. Παραγωγή ελευθέρων ριζών από το υπεροξείδιο του βενζολίου

1.3.2.2 Αυτοπολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες

Οι αυτοπολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες χρησιμοποιούνται σήμερα στην Οδοντιατρική ως υλικό επιδιορθώσεως βάσεων ολικών οδοντοστοιχιών και κατασκευής ατομικών αποτυπωτικών δισκαρίων και βασικών πλακών, όπως επίσης για την κατασκευή προσωρινών ακίνητων προσθέσεων. Οι αυτοπολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες υστερούν σε ιδιότητες από τις εν θερμώ πολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες. Ο λόγος που χρησιμοποιούνται ευρέως οι ρητίνες αυτές βρίσκεται στον τρόπο πολυμερισμού τους, που είναι γρήγορος και πραγματοποιείται σε θερμοκρασία δωματίου. Διατίθενται σε μορφή σκόνης (πολυμερές) – υγρού (μονομερές) όπως οι εν θερμώ πολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες (Καφούσιας και συν., 1994, O'Brien, 2002, Craig and Powers, 2002).

1.3.2.2.1 Σύνθεση – Αντίδραση πολυμερισμού αυτοπολυμεριζόμενων ακρυλικών ρητινών

Η σύνθεση των αυτοπολυμεριζόμενων ακρυλικών ρητινών είναι κατά βάση ίδια με αυτή των εν θερμώ πολυμεριζόμενων ακρυλικών ρητινών. Η ουσιαστική

διαφορά έγκειται στην πρόσθεση μιας τριτοταγούς αμίνης στο υγρό, η οποία υποκαθιστά το ρόλο της θερμότητας (στην περίπτωση των εν θερμώ πολυμεριζόμενων ακρυλικών ρητινών είναι η διάσπαση του παράγοντα έναρξης του πολυμερισμού προς δημιουργία ελεύθερων ριζών). Ο παράγοντας έναρξης του πολυμερισμού είναι ο ίδιος, το υπεροξειδίο του βενζολίου που βρίσκεται στη σκόνη. Η τριτοταγής αμίνη που χρησιμοποιείται είναι συνήθως η διμεθυλο-παρατολουιδίνη.

Όταν τα δύο υλικά (σκόνη-υγρό) αναμειχθούν, η τριτοταγής αμίνη επιδρά στο υπεροξειδίο του βενζολίου και το διασπά σε ελεύθερες ρίζες. Ο πολυμερισμός συνεχίζεται όπως στις εν θερμώ πολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες (Καφούσιας και συν., 1994, O'Brien, 2002, Craig and Powers, 2002).

1.3.3 Σύνθετες ρητίνες

Οι ακρυλικές ρητίνες χρησιμοποιήθηκαν στην Οδοντιατρική και ως εμφρακτικό υλικό. Σε αυτή τη χρήση, παρουσιάστηκαν πολλά μειονεκτήματα. Με σκοπό τη δημιουργία ενός βελτιωμένου υλικού, κατασκευάστηκαν οι σύνθετες ρητίνες. Οι σύνθετες ρητίνες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο πολυμερισμού τους. Η πρώτη κατηγορία αποτελείται από τις χημικά πολυμεριζόμενες και η δεύτερη από τις φωτοπολυμεριζόμενες. Μπορεί να θεωρηθεί και ως τρίτη κατηγορία, ο συνδυασμός των δύο πρώτων. Παρόλο που οι σύνθετες ρητίνες χρησιμοποιούνται κυρίως στην οδοντιατρική ως εμφρακτικό υλικό, τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται και ως υλικό κατασκευής ατομικών δισκαρίων και βασικών πλακών ολικών οδοντοστοιχιών. Οι σύνθετες ρητίνες που χρησιμοποιούνται για αυτό το σκοπό είναι οι φωτοπολυμεριζόμενες (Wirz *et al.*, 1990, Καφούσιας και συν., 1994, O'Brien, 2002, Craig and Powers, 2002).

1.3.3.1 Φωτοπολυμεριζόμενες σύνθετες ρητίνες

Οι φωτοπολυμεριζόμενες σύνθετες ρητίνες που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ατομικών δισκαρίων και βασικών πλακών ολικών οδοντοστοιχιών διατίθενται σε μορφή προκατασκευασμένων εύπλαστων πλακών.

1.3.3.1.1 Ατομικά δισκάρια

Τα ατομικά δισκάρια χρησιμοποιούνται ευρέως στην Κινητή και Ακίνητη Προσθετική και ορίζονται ως εξειδικευμένα δισκάρια αποτυπώσεως, κατασκευασμένα ειδικά για κάθε ασθενή. Η διαφορά των ατομικών δισκαρίων με τα δισκάρια του εμπορίου έγκειται στο πάχος του αποτυπωτικού υλικού που εφαρμόζεται κατά την αποτύπωση, όπου περιορίζεται στο ελάχιστο με σκοπό να μην υπάρξουν μεγάλες μεταβολές διαστάσεων λόγω συστολής πολυμερισμού (Γιαννικάκης, 2003, O'Brien, 2002).

1.3.3.1.2 Βασικές πλάκες

Οι βασικές πλάκες χαρακτηρίζονται ως οι προσωρινές βάσεις των ολικών οδοντοστοιχιών που χρησιμοποιούνται κατά το κλινικό στάδιο των καταγραφών του προσώπου στη διαδικασία κατασκευής ολικών οδοντοστοιχιών (Γιαννικάκης, 2003).

1.3.3.1.3 Σύνθεση – Αντίδραση πολυμερισμού φωτοπολυμεριζόμενων σύνθετων ρητινών

Οι προκατασκευασμένες φωτοπολυμεριζόμενες εύπλαστες πλάκες αποτελούνται από διμεθακρυλική ουρεθάνη (UDMA) ως μονομερές, ένα ακρυλικό συμπολυμερές, μικρόκοκκες ενισχυτικές ουσίες πυριτίου και ένα σύστημα ενεργοποίησης με φωτοκαταλύτη.

Εφόσον έχει δοθεί το τελικό σχήμα στην φωτοπολυμεριζόμενη εύπλαστη πλάκα, τοποθετείται σε ειδικό θάλαμο, όπου εκτίθεται σε ορατή ακτινοβολία μήκους κύματος 400-500nm. Η ακτινοβολία που εκπέμπεται διεγείρει τον φωτοκαταλύτη, ο οποίος αντιδρά με μια αναγωγική αμίνη δημιουργώντας ένα σύμπλοκο το οποίο στη συνέχεια διασπάται παράγοντας ελεύθερες ρίζες οι οποίες ξεκινούν τον πολυμερισμό του υλικού. Συνήθως, ως φωτοκαταλύτης χρησιμοποιείται η καμφοροκινόνη και ως αναγωγική αμίνη το μεθακρυλικό διαιθυλαμινοαιθύλιο (DEAEMA) (Καφούσιας και συν., 1994, O'Brien, 2002, Craig and Powers, 2002).

1.4 ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Το προσωπικό του οδοντοτεχνικού εργαστηρίου είναι ευάλωτο σε μόλυνση από οδοντιατρικά υλικά που παραλαμβάνει από τα οδοντιατρεία και προηγουμένως ήταν τοποθετημένα στη στοματική κοιλότητα ασθενών. Συστάσεις που αφορούν την απολύμανση των υλικών αυτών έχουν δημοσιευθεί εδώ και αρκετές δεκαετίες (Bustos *et al.*, 2010, Beyerle *et al.*, 1994, Councils on Dental Materials, 1978, Councils on Dental Materials, 1985, Councils on Dental Materials, 1988, Powell *et al.*, 1990, Egusa *et al.*, 2008, Kohn *et al.*, 2004, Leung and Schonfeld, 1983). Η πλειονότητα των οδοντιατρικών υλικών που καθημερινά αποστέλλονται από ένα οδοντιατρείο στο οδοντοτεχνικό εργαστήριο είναι τα οδοντιατρικά αποτυπωτικά υλικά. Αυτός είναι ο λόγος που οι περισσότερες σχετικές έρευνες αφορούν στα αποτυπωτικά υλικά. Τα οδοντιατρικά αποτυπώματα μόλις αφαιρεθούν από τη στοματική κοιλότητα του ασθενούς, μετατρέπονται σε φορείς δυνητικά παθογόνων βακτηρίων, ιών και μυκήτων (Beyerle *et al.*, 1994, Powell *et al.*, 1990, Egusa *et al.*, 2008, Samaranayake *et al.*, 1991, Leung and Schonfeld, 1983, Sofou *et al.*, 2002). Αυτοί οι δυνητικά παθογόνοι μικροοργανισμοί μπορεί να παραμείνουν ακόμη και στα γύψινα εκμαγεία (Egusa *et al.*, 2008, Leung and Schonfeld, 1983, Abdullah, 2006). Τα οδοντιατρικά υλικά, λοιπόν, πρέπει να απολυμαίνονται πριν την περαιτέρω επεξεργασία τους από το προσωπικό του οδοντοτεχνικού εργαστηρίου στο οποίο αποστέλλονται. Η διαδικασία της απολύμανσης, βάσει πρωτοκόλλου, διεξάγεται στο οδοντιατρείο (Council on Scientific Affairs, 1996). Όμως, η καθημερινή πράξη έχει δείξει ότι η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται στο οδοντοτεχνικό εργαστήριο, ακόμη και στις περιπτώσεις εκείνες που έχει προηγηθεί απολύμανση στο οδοντιατρείο. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η διασταυρούμενη μόλυνση ανεξάρτητα αν έχει προηγηθεί ή όχι απολύμανση, γεγονός το οποίο πολλές φορές δεν δύναται να γνωρίζει ο οδοντικός τεχνολόγος. Επιπροσθέτως, δεν υπάρχει επαρκής ενημέρωση του προσωπικού του οδοντοτεχνικού εργαστηρίου ως προς τον τρόπο απολύμανσης που χρησιμοποιήθηκε και ως προς τον χρόνο απολύμανσης (Kugel *et al.*, 2000, Egusa *et al.*, 2008, Jagger *et al.*, 1995). Τέλος, δεν πρέπει να παραβλέπεται το γεγονός ότι μεγάλο ποσοστό των οδοντιάτρων και των οδοντικών τεχνολόγων δεν πραγματοποιούν απολύμανση διότι θεωρούν ότι ελοχεύει ο κίνδυνος μεταβολής των διαστάσεων (Silva and Salvador, 2004).

1.4.1 Μέθοδοι απολύμανσης

Λόγω του ότι τα οδοντιατρικά υλικά δεν μπορούν να αποστειρωθούν με μεθόδους ξηρής ή υγρής θερμότητας, η μέθοδος που χρησιμοποιείται στο οδοντοτεχνικό εργαστήριο είναι η απολύμανση. Η πιο αποτελεσματική μέθοδος που χρησιμοποιείται στην καθημερινή πράξη είναι η εμβάπτιση των οδοντιατρικών υλικών σε απολυμαντικό διάλυμα για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (Poulos and Antonoff, 1997, Bustos *et al.*, 2010, Thouati *et al.*, 1996, Martin *et al.*, 2007, Taylor *et al.*, 2002, Silva and Salvador, 2004, Yilmaz *et al.*, 2007). Εναλλακτικός τρόπος απολύμανσης - παρά το ότι δεν έχει ερευνηθεί εκτενώς - είναι ο ψεκασμός με απολυμαντική ουσία (Drennon *et al.*, 1989, Poulos and Antonoff, 1997, Kronstrom *et al.*, 2010). Η μέθοδος αυτή δεν έχει πολλούς οπαδούς (Lepe *et al.*, 1995). Σημαντικό μειονέκτημα της απολύμανσης με ψεκασμό είναι η μη εξασφάλιση της βεβαιότητας ότι όλες οι επιφάνειες του αποτυπώματος έχουν έρθει σε επαφή με την απολυμαντική ουσία (Lepe *et al.*, 2002, Merchant, 1989). Η χρήση μικροκυμάτων ως μέθοδος απολύμανσης έχει επίσης εξεταστεί, δίδοντας θετικά αποτελέσματα όσον αφορά στα αποτυπωτικά υλικά. Δημιουργεί όμως, έστω και μικρές, μεταβολές διαστάσεων (Abdelaziz *et al.*, 2004, Wu *et al.*, 2008). Η χρήση μικροκυμάτων προς απολύμανση ακρυλικών ρητινών δεν προτείνεται, λόγω μεγάλης μεταβολής διαστάσεων (Sartori *et al.*, 2006). Κατά καιρούς έχουν εξεταστεί και τρόποι αποστείρωσης, όπως η υπεριώδης ακτινοβολία, χωρίς όμως αξιόλογα αποτελέσματα (Wu *et al.*, 2008)

1.4.2 Διαλύματα απολύμανσης οδοντιατρικών υλικών αποτύπωσης

Η ανάγκη για αποτελεσματική απολύμανση των αποτυπωτικών υλικών με ταυτόχρονη σταθερή διατήρηση των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων τους, έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη διαφόρων απολυμαντικών μέσων με διαφορετικές δραστικές ουσίες. Η ποικιλία στις δραστικές ουσίες οφείλεται στη διαφορετική χημική αντίδραση του κάθε αποτυπωτικού υλικού στις διαφορετικές δραστικές απολυμαντικές ουσίες (Council on Dental Materials, 1991, Thouati *et al.*, 1996, Martin *et al.*, 2007). Η δραστική ουσία η οποία συνιστάται από την Αμερικανική Οδοντιατρική Ομοσπονδία για τα αλγινικά υδροκολλοειδή είναι το υποχλωριώδες νάτριο. Πιο συγκεκριμένα, προτείνεται η εμβύθιση σε υδατικό διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου συγκεντρώσεως 0,525% για δέκα λεπτά (Council on Dental Materials, 1978, Council on Dental Materials, 1985, Council on Dental Materials, 1988, Council on Dental Materials, 1991). Εκτός του υποχλωριώδους νατρίου που χρησιμοποιείται και στα ελαστομερή αποτυπωτικά υλικά (Merchant *et al.*, 1984, Storer and McCabe, 1981), άλλες δραστικές ουσίες που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι η γλουταραλδεΐδη, η χλωρεξιδίνη, τα ιωδοφόρα, η φορμαλδεΐδη, οι φαινόλες, οι αλκοόλες, τα τεταρτοταγή αμμωνιακά σύμπλοκα και τα χλωριούχα και ιωδιούχα σύμπλοκα (Bustos *et al.*, 2010, Beyerle *et al.*, 1994, Abdullah, 2006, Thouati *et al.*, 1996, Taylor *et al.*, 2002, Silva and Salvador, 2004, Walker *et al.*, 2007, Langenwaller *et al.*, 1990). Οι χρόνοι που προτείνονται εξαρτώνται από το είδος του διαλύματος, την πυκνότητα της δραστικής ουσίας και το αποτυπωτικό υλικό.

1.4.3 Μειονεκτήματα τρεχόντων μεθόδων απολύμανσης

Παρά την ύπαρξη αρκετών πλεονεκτημάτων της μεθόδου απολύμανσης των αποτυπωτικών υλικών με εμβάπτιση σε απολυμαντικά διαλύματα, με βασικότερο την ευκολία πραγματοποίησης απολύμανσης χωρίς ιδιαίτερο εξοπλισμό, υπάρχουν και μια σειρά μειονεκτημάτων:

1.4.3.1 Μεταβολή διαστάσεων οδοντιατρικών υλικών αποτύπωσης

Τα αποτυπωτικά υλικά παρουσιάζουν φυσικές και χημικές ιδιότητες οι οποίες είναι ευάλωτες, έστω και σε μικρό βαθμό, έπειτα από απολύμανση με χημικές ή φυσικές μεθόδους (Wu *et al.*, 2008). Η εμβάπτιση των οδοντιατρικών αποτυπωτικών υλικών σε υδατικά διαλύματα, έχει αποδειχθεί ότι επιφέρει μεταβολή διαστάσεων (Rueggeberg *et al.*, 1992, Thouati *et al.*, 1996, Tuna *et al.*, 2008, Abdullah, 2006, Hirasawa *et al.*, 1983, Martin *et al.*, 2007, Taylor *et al.*, 2002, Silva and Salvador, 2004, Yilmaz *et al.*, 2007, Wu *et al.*, 2008). Η μεταβολή αυτή οφείλεται στην απορρόφηση του υγρού από τα πολυμερή υλικά. Τέτοια μεταβολή συμβαίνει ακόμη και σε έκθεση του πολυμερούς στο νερό ή σε υψηλή συγκέντρωση υγρασίας για μεγάλο χρονικό διάστημα (Anusavice, 2003), ιδιαίτερα όσον αφορά τους πολυαιθέρες (Owen and Goolam, 1993). Βάσει ερευνών, το κατάλληλο απολυμαντικό μέσο σε συνδυασμό με τον κατάλληλο χρόνο απολύμανσης οδηγούν σε μεταβολή διαστάσεων των αποτυπωτικών υλικών η οποία τις περισσότερες φορές είναι στατιστικά ασήμαντη. Δεν πρέπει να παραβλέπεται όμως το γεγονός ότι η μεταβολή διαστάσεων, έστω και στατιστικά ασήμαντη, υπάρχει (Thouati *et al.*, 1996, Johnson *et al.*, 1998, Martin *et al.*, 2007, Adabo *et al.*, 1999, Langenwaller *et al.*, 1990). Οι ακρυλικές ρητίνες (θερμοπολυμεριζόμενες – αυτοπολυμεριζόμενες) (Tuna *et al.*, 2008) και οι σύνθετες ρητίνες (φωτοπολυμεριζόμενες) (Hirasawa *et al.*, 1983), επίσης παρουσιάζουν μεταβολή διαστάσεων κατά την απολύμανση τους, όπως τα αποτυπωτικά υλικά, ιδιαίτερα αυτές που είναι κατασκευασμένες για χρήση ως ατομικά δισκάρια, διότι δεν έχουν εμβυθιστεί σε υδατικό διάλυμα προηγουμένως. Αυτό συμβαίνει επειδή οι ακρυλικές ρητίνες απορροφούν νερό κατά την εμβύθιση τους σε υδατικό διάλυμα, έως ότου φτάσουν στο σημείο κορεσμού (Kalachandra and Turner, 1987, Cheng *et al.*, 1993). Τέλος, η γύψος κατά την απολύμανση της σε υδατικά διαλύματα παρουσιάζει μεταβολή στις διαστάσεις της (Abdullah, 2006).

1.4.3.2 Διάβρωση της επιφάνειας των αποτυπωτικών υλικών

Έρευνες έχουν γίνει όσον αφορά στην επίδραση των απολυμαντικών διαλυμάτων στην επιφάνεια των αποτυπωτικών υλικών. Έχει αποδειχθεί ότι τα περισσότερα αποτυπωτικά υλικά δεν διαβρώνονται επιφανειακά με τη διαδικασία της απολύμανσης (Johnson *et al.*, 1998, Bustos *et al.*, 2010). Σε ορισμένες περιπτώσεις όμως, όπως σε αυτή της χρήσεως πολυαιθέρα ως αποτυπωτικό υλικό, έχει παρουσιαστεί επιφανειακή διάβρωση κατά την παρατεταμένη απολύμανση με υποχλωριώδες νάτριο (Walker *et al.*, 2007). Η παρατεταμένη παραμονή των αποτυπωτικών υλικών στα απολυμαντικά διαλύματα είναι κάτι σύνηθες στα οδοντιατρεία και τα οδοντοτεχνικά εργαστήρια (Lepre *et al.*, 1995). Πολύ συχνά πραγματοποιείται επαναληπτική απολύμανση στο οδοντοτεχνικό εργαστήριο, λόγω έλλειψης συνεννόησης μεταξύ οδοντιάτρου και οδοντοτεχνικού εργαστηρίου (Walker *et al.*, 2007).

1.4.3.3 Λοιπά μειονεκτήματα

Το διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου διαβρώνει τα μεταλλικά δισκάρια, ενώ τα διαλύματα φορμαλδεΰδης είναι καρκινογόνα. Τα διαλύματα φαινολών είναι τοξικά και δεν είναι συμβατά με το latex, την ακρυλική ρητίνη και τα ελαστομερή υλικά (Silva and Salvador, 2004). Η εμβάπτιση αποτυπωτικών υλικών σε γλουταραλδεΰδη αυξάνει την υδροφοβικότητα των ελαστομερών αποτυπωτικών υλικών. Με τη χρήση υγρών απολυμαντικών διαλυμάτων είναι αναγκαία η καθημερινή ή εβδομαδιαία αλλαγή του απολυμαντικού υγρού, με πιθανή μείωση της δραστηριότητάς του, ενώ

απαραίτητο είναι το πολύ καλό στέγνωμα της επιφάνειας του αποτυπώματος προκειμένου να εγχυθεί οδοντιατρική γύψος (Abdelaziz *et al.*, 2004).

1.5 OZON

Το όζον (O₃) ανακαλύφθηκε για πρώτη φορά το 1785 από τον Ολλανδό επιστήμονα Martinus van Marum κατά τη διάρκεια πειραμάτων που πραγματοποιούσε με τη μεγαλύτερη ηλεκτροστατική γεννήτρια του 18^{ου} αιώνα που σχεδίασε ο ίδιος. Παρατήρησε ότι κατά τη διάρκεια των ηλεκτρικών εκκενώσεων παραγόταν μια χαρακτηριστική οσμή, δεν κατάφερε όμως να την αναγνωρίσει ως μια αλλοτροπική μορφή του οξυγόνου (Van Marum, 1786, Perkin, 1908). Το 1801, ο Cruikshank παρατήρησε ότι ένα άγνωστο αέριο παραγόταν κατά την ηλεκτρόλυση του νερού (Bocci, 2002). Το 1840 ο F.C. Schönbein, καθηγητής Φυσικής και Χημείας του Πανεπιστημίου της Βασιλείας, ενώ εργαζόταν με βολταϊκές στήλες υπό την παρουσία οξυγόνου, παρατήρησε την παραγωγή ενός αερίου με μια «ηλεκτρική οσμή», η οποία έμοιαζε με αυτή του φωσφόρου και διορατικώς ανακάλυψε μια νέα μορφή οξυγόνου. Η χαρακτηριστική αυτή οσμή, είχε παρατηρήσει επίσης ότι, παραγόταν κατά την ηλεκτρόλυση του νερού και κατά τη διάρκεια των κεραυνών. Ο Schönbein ονόμασε το νέο αέριο ‘όζον’ από την αρχαία ελληνική λέξη ‘ὄζειν’, που σημαίνει ‘μυρίζω’ (Schönbein, 1840, Bocci, 2002, Fridman, 2008, Holleman and Wiberg, 2001). Επίσης απέδειξε ότι το όζον είναι πολύ πιο ενεργό ως οξειδωτικός παράγοντας από το απλό οξυγόνο (Perkin, 1908). Το μοριακό τύπο του όζοντος (O₃) τον προσδιόρισε το 1865 ο Jacques-Louis Soret, Ελβετός χημικός, ο οποίος χρησιμοποίησε το νόμο διάχυσης των αερίων του Graham. Δύο χρόνια αργότερα, ο F.C. Schönbein επιβεβαίωσε τον μοριακό τύπο του όζοντος (Partington, 1946, Rubin, 2001).

1.5.1 Φυσικές και χημικές ιδιότητες του όζοντος

Το όζον (O₃) είναι μια αλλοτροπική μορφή του οξυγόνου και δημιουργείται με την προσθήκη μιας ελεύθερης ρίζας οξυγόνου στο μοριακό οξυγόνο. Τα 3 άτομα που παρουσιάζει στο μόριο του, ενώνονται σε μη γραμμική διάταξη με γωνία 116,8° παρουσιάζοντας μεσομέρεια, ενώ το μήκος των δεσμών ανάμεσα στα άτομα του είναι 1,278Å (Greenwood and Earnshaw, 1997, O'Donnell *et al.*, 2012). Υπό κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας, το όζον είναι ένα αέριο σκούρου μπλε χρώματος. Σε θερμοκρασία υπό των -111,5°C μετατρέπεται σε υγρό χρώματος μπλε-μωβ, ενώ σε θερμοκρασία υπό των -192,5°C μετατρέπεται σε στερεό χρώματος μαύρου-μωβ. Η οσμή του όζοντος είναι πολύ χαρακτηριστική και μπορεί να εντοπιστεί ακόμη και σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις (≤2ppm) (Holleman and Wiberg, 2001, O'Donnell *et al.*, 2012).

1.5.1.1 Διάσπαση όζοντος

Το όζον είναι σημαντικά ενδόθερμο και για αυτό το λόγο θερμοδυναμικά ασταθές, με συνέπεια να έχει την τάση να διασπάται σε οξυγόνο (Holleman and Wiberg, 2001).

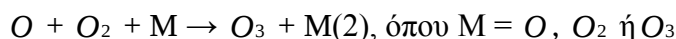
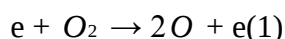


Η διάσπαση του όζοντος ξεκινάει τη στιγμή που δημιουργείται (Manley and Niegowski, 1967), αλλά έχει μεγαλύτερο χρόνο ημιζωής στην αέρια φάση παρά σε

φάση υδατικού διαλύματος (Rice, 1986). Πιο συγκεκριμένα, το αέριο όζον έχει χρόνο ημιζωής 40 λεπτά σε θερμοκρασία 20°C, ενώ με αύξηση της θερμοκρασίας ο χρόνος ημιζωής ελαττώνεται (Bocci, 2002). Η διάσπαση του όζοντος μπορεί να επιταχυνθεί με καταλύτες, όπως το διοξείδιο του μαγγανίου, το διοξείδιο του μολύβδου και ο ενεργός άνθρακας, αλλά και με μεγάλου μήκους κύματος υπεριώδη ακτινοβολία (Holleman and Wiberg, 2001).

1.5.2 Παραγωγή όζοντος

Το όζον στην αέρια μορφή του δεν μπορεί να αποθηκευτεί διότι αρχίζει να διασπάται αυτόματα τη στιγμή που δημιουργείται (Guzel-Seydim *et al.*, 2004). Ως εκ τούτου, το όζον παράγεται από μικρές συσκευές που βρίσκονται στο σημείο όπου θέλουμε να χρησιμοποιηθεί το όζον (Rice and Netzer, 1982). Η πρώτη συγκροτημένη προσπάθεια παρασκευής όζοντος από ειδική συσκευή έγινε το 1857 από τον Werner von Siemens. Χρησιμοποιήθηκε μια πειραματική διάταξη δύο ομόκεντρων γυάλινων σωλήνων, επενδεδυμένων με μεταλλικό φύλλο (ο εξωτερικός σωλήνας στην εξωτερική επιφάνεια και ο εσωτερικός σωλήνας στην εσωτερική επιφάνεια) το οποίο δρούσε ως ηλεκτρόδιο. Κατά τη ροή αέρα ή οξυγόνου εντός του χώρου ανάμεσα στους σωλήνες, δημιουργείτο εκκένωση διηλεκτρικού φράγματος και παραγόταν όζον κατά την εξαγωγή. Πιο συγκεκριμένα, τα ηλεκτρόνια που παράγονται κατά την εκκένωση διηλεκτρικού φράγματος χωρίζουν το μοριακό οξυγόνο (O₂) σε άτομα οξυγόνου (O). Τα άτομα του οξυγόνου στη συνέχεια ενώνονται με άλλα μοριακά οξυγόνα και σχηματίζεται το όζον (O₃).



Πραγματοποιούνται και αρκετές δευτερεύουσες αντιδράσεις, όμως η ανωτέρω είναι η κύρια αντίδραση που πραγματοποιείται (Holleman and Wiberg, 2001, Fridman, 2008, Siemens, 1857, Kogelschatz, 2003, Rakness, 2005, Eliasson *et al.*, 1987).

1.5.2.1 Σύγχρονοι τρόποι παραγωγής όζοντος

1.5.2.1.1 Τεχνολογία ηλεκτρικών εκκενώσεων

Ο πιο διαδεδομένος τρόπος παραγωγής όζοντος σήμερα είναι μέσω γεννητριών όζοντος που χρησιμοποιούν την τεχνολογία ηλεκτρικών εκκενώσεων (Park *et al.*, 2006). Οι πιο συχνοί τύποι ηλεκτρικών εκκενώσεων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή όζοντος είναι αυτός της εκκενώσεως διηλεκτρικού φράγματος και της “εκκενώσεως κορώνας” (corona discharge) (Pontiga *et al.*, 2002), με τον τελευταίο να είναι προτιμητέος σε περιπτώσεις παραγωγής όζοντος σε μικρή κλίμακα (Loiseau *et al.*, 1994, Pashaie *et al.*, 1994). Η τεχνολογία αυτή βασίζεται στην εκκένωση διηλεκτρικού φράγματος με ορισμένες διαφορές όσον αφορά τη γεωμετρία των ηλεκτροδίων που χρησιμοποιούνται (Pashaie *et al.*, 1994). Το ένα ηλεκτρόδιο συνήθως έχει μορφή λεπτού καλωδίου, βελόνας ή καταλήγει σε αιχμηρό άκρο, ενώ το άλλο ηλεκτρόδιο έχει μορφή πλάκας ή κυλίνδρου. Το προωθούμενο αέριο (ατμοσφαιρικός αέρας ή αέριο οξυγόνο) περνά μέσα από τη γεννήτρια όζοντος και ένα μέρος του μετατρέπεται σε όζον (Pekárek, 2003).

1.5.2.1.2 Υπεριώδης ακτινοβολία

Το όζον, στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, δημιουργείται φωτοχημικά μέσω αντιδράσεων που πραγματοποιούνται υπό την επίδραση της μικρού μήκους κύματος ακτινοβολίας του ήλιου. Η βασική αρχή σχηματισμού του όζοντος είναι ίδια με αυτή που προαναφέρθηκε στην τεχνολογία ηλεκτρικών εκκενώσεων. Η διαφορά έγκειται στο ότι η διάσπαση του μοριακού οξυγόνου σε ατομικά οξυγόνα πραγματοποιείται με την ενέργεια της υπεριώδους ακτινοβολίας του ήλιου (<242nm) (Roshchina and Roshchina, 2003, Troshichev and Gabis, 2005). Οι γεννήτριες όζοντος υπεριώδους ακτινοβολίας αποτελούνται από μία λάμπα υπεριώδους ακτινοβολίας μήκους κύματος 185nm, η οποία διασπά φωτοχημικά το μοριακό οξυγόνο του περιβάλλοντος προωθούμενου αερίου (ατμοσφαιρικός αέρας ή αέριο οξυγόνο), παράγοντας όζον. Σημαντικό είναι κατά την παραγωγή όζοντος να χρησιμοποιείται μήκος κύματος 185nm, διότι στο εύρος 220-310nm, το όζον απορροφά την υπεριώδη ακτινοβολία και διασπάται. Οι απλές λάμπες υπεριώδους ακτινοβολίας που χρησιμοποιούνται για αποστείρωση, εκπέμπουν ακτινοβολία μήκους κύματος 254 nm, με συνέπεια να μην είναι κατάλληλες για παραγωγή όζοντος (Dohan and Masschelein, 1987, Troshichev and Gabis, 2005, O'Donnell *et al.*, 2012).

1.5.2.1.3 Ηλεκτρόλυση

Η παραγωγή όζοντος μέσω ηλεκτρόλυσης πραγματοποιείται μέσω του ηλεκτρικού ρεύματος (συνήθως συνεχούς) που δημιουργείται ανάμεσα σε ηλεκτρόδια εμβυθισμένα σε κατάλληλο υγρό ηλεκτρολύτη. Ο ηλεκτρολύτης συμπεριλαμβάνει νερό, το οποίο κατά τη διαδικασία διασπάται σε μοριακό οξυγόνο, ατομικό οξυγόνο και υδρογόνο. Στη συνέχεια, το ατομικό και μοριακό οξυγόνο μετατρέπονται σε όζον μέσω των αντιδράσεων που αναφέρονται ανωτέρω (1.5.2) (Moon, 1992, Murphy, 1995).

Η παραγωγή όζοντος μέσω ηλεκτροχημικών αντιδράσεων δεν χρησιμοποιείται ευρέως λόγω μεγάλης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και παραγωγής χημικών τα οποία μπορεί να είναι τοξικά ή δύσκολο να απορριφθούν στο περιβάλλον (Park *et al.*, 2006).

1.5.3 Απολυμαντική δράση του όζοντος

Το όζον, ως ισχυρό οξειδωτικό μέσο παρουσιάζει σημαντική αντιμικροβιακή δράση και χρησιμοποιείται ως απολυμαντικό μέσο σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών (Azarpazhoooh and Limeback, 2008, Nagayoshi *et al.*, 2004a, Nagayoshi *et al.*, 2004b, Bezirtzoglou *et al.*, 2008, Müller *et al.*, 2007). Σε αέρια ή σε υδατική μορφή, το όζον μπορεί να «σκοτώσει» βακτήρια, ιούς και μύκητες (Kim, 1999a).

1.5.3.1 Μηχανισμός καταστροφής των βακτηρίων

Βιολογικά, η δράση του όζοντος στηρίζεται στην οξειδωτική καταστροφή των βιομοριών. Είναι γενικώς αποδεκτό ότι το όζον, μέσω οξείδωσης καταστρέφει τα κυτταρικά τοιχώματα και την κυτταροπλασματική μεμβράνη των μικροοργανισμών. Η καταστροφική δράση της κυτταρικής μεμβράνης μέσω του όζοντος έχει επιβεβαιωθεί μέσω ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης (SEM), όπου ανιχνεύτηκαν οπές στην κυτταρική μεμβράνη κυττάρων *Streptococcus mutans* που είχαν έρθει σε

επαφή με οξονοποιημένο νερό (Müller *et al.*, 2007, Nagayoshi *et al.*, 2004b). Αφού η κυτταρική μεμβράνη έχει διαβρωθεί, η διαπερατότητα της είναι αυξημένη και τα μόρια του όζοντος μπορούν να εισέλθουν εντός των κυττάρων (Bünning and Hempel, 1996). Οι διαφορές στην ευαισθησία των μικροοργανισμών στο όζον οφείλονται πιθανώς σε διαφορές στη δομή των κυτταρικών τοιχωμάτων των μικροοργανισμών (Nagayoshi *et al.*, 2004b).

Οι πιο σημαντικοί μηχανισμοί οξειδωτικής καταστροφής της κυτταρικής μεμβράνης είναι κυρίως η οξείδωση των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων σε υπεροξικό οξύ ($\text{CH}_3\text{CO}-\text{OOH}$), η οξείδωση των υδροθειομάδων και των αμινοξέων των ενζύμων, των πρωτεϊνών και των πεπτιδίων, καθώς και η οξείδωση γλυκοπρωτεϊνών και γλυκολιπιδίων. Η παρουσία αυτών των βιομορίων στις κυτταρικές μεμβράνες, τις καθιστούν ευαίσθητους στόχους (Victorin, 1992, Rojas-Valencia, 2011). Η οξειδωτική δράση του όζοντος οφείλεται είτε σε άμεση αντίδραση με τα βιομόρια ή σε αντίδραση μέσω της δημιουργίας ελευθέρων ριζών ή και στις δύο διαδικασίες (Mustafa, 1990). Η οξειδωτική δράση του όζοντος συνεχίζεται με την επιπλέον αποδόμηση ενζύμων ενδοκυττάρια (Menzel, 1971, Kuroda *et al.*, 1975, Tamaoki *et al.*, 1978).

Αξιοσημείωτος είναι ο μηχανισμός λύσης του DNA του πλασμιδίου των βακτηρίων: μετά την καταστροφή της κυτταρικής μεμβράνης, το όζον έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να προσβάλλει το DNA του πλασμιδίου, και από κλειστό κυκλικό DNA, να το μετατρέψει σε ανοικτό γραμμικό DNA. Αυτό αποδεικνύει τη δυνατότητα του όζοντος να κόψει την αλυσίδα του DNA (Sawadaishi *et al.*, 1984, Sawadaishi *et al.*, 1985, Ishizaki *et al.*, 1987). Εκτός των πλασμιδίων, έχει αποδειχθεί ότι το όζον αντιδρά και με το χρωμοσωμικό DNA των κυττάρων και αυτός μπορεί να είναι και ένας από τους κύριους λόγους καταστροφής των βακτηρίων (Ishizaki *et al.*, 1987).

1.5.3.2 Μηχανισμός καταστροφής των ιών

Η συμπεριφορά του όζοντος ενάντια των ιών είναι ανάλογη με αυτή ενάντια των βακτηρίων (Lin and Wu, 2006), μη παρουσιάζοντας όμως αυξημένη πολυπλοκότητα στο μηχανισμό καταστροφής τους (Victorin, 1992). Η καταστροφή των ιών, σύμφωνα με αρκετούς ερευνητές, πραγματοποιείται λόγω καταστροφής της πρωτεϊνικής κάψας, με επακόλουθη καταστροφή του νουκλεϊκού οξέος (De Mik and De Groot, 1977, Kim *et al.*, 1980, Sproul *et al.*, 1982). Ωστόσο, υπάρχει κι η αντίθετη άποψη, ότι, παρά την αλλαγή που σημειώνεται στην πρωτεϊνική κάψα, η καταστροφή προέρχεται από την επίδραση στο νουκλεϊνικό οξύ (Roy *et al.*, 1981). Έρευνες έχουν δείξει ότι το όζον είναι πολύ αποτελεσματικό ενάντια σε ιούς με και χωρίς έλυτρο (Lin and Wu, 2006). Ορισμένοι ελυτροφόροι ιοί είναι πιο ευαίσθητοι στο όζον από κάποιους μη ελυτροφόρους. Το έλυτρο των ιών αποτελείται από συνθέσεις λιπαρών οξέων με συνέπεια να είναι πολύ ευαίσθητο στην παρουσία του όζοντος όπως συμβαίνει και στην περίπτωση των κυτταρικών μεμβρανών (Bolton *et al.*, 1982).

1.5.3.3 Μηχανισμός καταστροφής των μυκήτων

Η αποτελεσματικότητα της δράσης του όζοντος στους μύκητες είναι πολύ καλά τεκμηριωμένη (Ali, 2013, Murakami *et al.*, 1996, Oizumi *et al.*, 1998, Hubbezoglu *et al.*, 2013, Huth *et al.*, 2009). Η συμπεριφορά του όζοντος ενάντια των μυκήτων είναι ανάλογη με αυτή ενάντια των βακτηρίων και των ιών. Η κύρια καταστροφική δράση του όζοντος εστιάζεται στην οξείδωση της κυτταρικής μεμβράνης και του νουκλεϊνικού οξέος κατά τρόπο αντίστοιχο με αυτόν που συναντάται στα βακτήρια και στους ιούς (Ali, 2013, Komanapalli and Lau, 1998).

1.5.3.4 Επίδραση του όζοντος σε νουκλεϊνικά οξέα

Ο ακριβής μηχανισμός επίδρασης του όζοντος στα νουκλεϊνικά οξέα δεν είναι πλήρως κατανοητός (Ito *et al.*, 2005). Όσον αφορά στο RNA και το DNA, φαίνεται ότι τα νουκλεοτίδια γουανίνη και γουανίνη και θυμίνη αντίστοιχα, είναι τα πιο ευαίσθητα στο όζον (Ishizaki *et al.*, 1987, Cataldo, 2006).

Οι επαγγελματίες που ασχολούνται με την ηλεκτροσυγκόλληση, πηγή υψηλής παραγωγής όζοντος, παρουσιάζουν σημαντικά μεγαλύτερες πιθανότητες να προσβληθούν από καρκίνο των πνευμόνων (Bornholdt *et al.*, 2002). Έρευνες έχουν δείξει ότι το όζον καταστρέφει το DNA των πνευμονικών κυττάρων. Από τη στιγμή που είναι γνωστό ότι το όζον προκαλεί φλεγμονώδεις αντιδράσεις, υπάρχει η πιθανότητα η εισπνοή όζοντος να οδηγεί σε ενδογενή παραγωγή όζοντος από τα κύτταρα υπό φλεγμονή, με απώτερο αποτέλεσμα την προσβολή του DNA και τη συμμετοχή στην ανάπτυξη καρκίνου. Υπό αυτή τη θεωρία, ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι το όζον έχει αποδειχθεί πως δημιουργεί καρκίνο σε μακροχρόνια μελέτη (Ito *et al.*, 2005, Bornholdt *et al.*, 2002). Το όζον έχει αποδειχθεί ότι είναι μεταλλαξιογόνο επειδή η δράση του είναι στοχευμένη στο ίδιο το μακρομόριο του DNA (Cataldo, 2006).

1.5.3.5 Ασφαλή όρια έκθεσης στο όζον

Παρά το γεγονός ότι το όζον σε χαμηλές συγκεντρώσεις δεν θεωρείται εξαιρετικά τοξικό, σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να αποβεί θανατηφόρο για τον άνθρωπο. Μετά από έκθεση 1-2 ωρών σε συγκεντρώσεις όζοντος 0,65ppm, σκύλοι παρουσίασαν ταχύπνοια, ενώ η μακροχρόνια έκθεση (4-6 εβδομάδες) αρουραίων σε συγκεντρώσεις 0,2ppm οδήγησε σε πνευμονική διάταση. Έχει βρεθεί ότι σε συγκεντρώσεις υψηλότερες από 0,2ppm, το όζον προκαλεί διαφόρων βαθμών καταστροφή στην πνευμονική οδό, ανάλογα με τη διάρκεια της έκθεσης. Η καταστροφή του αναπνευστικού συστήματος περιλαμβάνει την τραχεία, τους βρόγχους και τις πνευμονικές κυψελίδες (Guzel-Seydim *et al.*, 2004). Σύμφωνα με τις τελευταίες οδηγίες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (WHO) το επιτρεπόμενο όριο εισπνοής όζοντος είναι 0,05ppm για 8 ώρες (WHO, 2005). Τα συμπτώματα που παρουσιάζουν άνθρωποι οι οποίοι έχουν εκτεθεί σε παρατεταμένη εισπνοή όζοντος είναι ζαλάδα, πονοκέφαλος, αίσθηση καψίματος στα μάτια και το λαιμό, μια οξεία γεύση και οσμή και βήχας. Χρόνια έκθεση μπορεί να προκαλέσει πονοκέφαλο, αδυναμία, μειωμένη μνήμη, παρατεταμένη βρογχίτιδα και αυξημένη μυϊκή συσταλτικότητα (Hoof, 1982).

1.5.4 Επίδραση του όζοντος στα ελαστομερή υλικά

Το όζον επιδρά στη χημική σύνθεση της πλειονότητας των πολυμερών, ιδιαίτερα σε πολυμερή με υψηλό βαθμό κορεσμού. Τα ελαστομερή, τα οποία περιέχουν διπλούς δεσμούς, προσβάλλονται περισσότερο από το όζον λόγω της αντίδρασης του όζοντος με τους διπλούς δεσμούς, σχηματίζοντας καρβονυλικά και καρβοξυλικά παράγωγα, όπως και οξονίδια, υπεροξειδία και υπεροξειδία του υδρογόνου. Η δράση του όζοντος στους διπλούς δεσμούς της επιφάνειας του υλικού είναι ταχύτατη και διέπεται από χαμηλή ενέργεια (Giurginca *et al.*, 1995, George and Goss, 2001). Ωστόσο, η επίδραση του όζοντος δεν περιορίζεται στην επιφάνεια του υλικού αλλά εισχωρεί και στον κύριο όγκο του (Hong and Liao, 1995). Το μακροσκοπικό αποτέλεσμα της επίδρασης του όζοντος στα ελαστομερή υλικά

εκφράζεται με τη δημιουργία ρωγμών στην επιφάνεια των υλικών και την αλλαγή των φυσικοχημικών ιδιοτήτων τους (Keshavaraj and Tock, 1994). Ένα φαινόμενο μέσω του οποίου είναι ευρύτερα γνωστή η επίδραση του όζοντος στα ελαστομερή, είναι η γήρανση που προκαλείται στα ελαστικά των αυτοκινήτων, η οποία πιο συγκεκριμένα εκφράζεται με τη δημιουργία και την εξέλιξη ρωγμών στην επιφάνεια των πλαϊνών τοιχωμάτων τους (Horner, 1996, Cornell *et al.*, 1990).

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1.7 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας διατριβής είναι η μελέτη της απολυμαντικής δράσης του όζοντος κατά την απολύμανση οδοντιατρικών αποτυπωτικών υλικών και φωτοπολυμεριζόμενων σύνθετων ρητινών. Η αρχική υπόθεση είναι ότι η δράση του όζοντος, μικροβιολογικά, θα είναι εφάμιλλη με αυτήν της απολύμανσης με εμβάπτιση σε απολυμαντικά διαλύματα που χρησιμοποιούνται στην καθημερινή οδοντιατρική πράξη. Επιπλέον, θα εξεταστεί η πιθανή μεταβολή διαστάσεων αποτυπωτικών υλικών καθώς και φωτοπολυμεριζόμενων σύνθετων ρητινών κατόπιν απολύμανσης με όζον, και θα συγκριθεί με τη μεταβολή διαστάσεων που συναντάται σήμερα στην καθημερινή πράξη μετά από απολύμανση με εμβάπτιση. Επιπρόσθετα, θα μελετηθεί η πιθανή επιφανειακή διάβρωση των αποτυπωτικών υλικών κατά την απολύμανσή τους με όζον. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης στοχεύουν στην ανάπτυξη μιας πρωτότυπης, ταχείας και οικονομικής μεθόδου απολύμανσης οδοντιατρικών υλικών αποτύπωσης με υψηλό βαθμό προστασίας του περιβάλλοντος.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 ΣΥΣΚΕΥΗ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ ΜΕ ΟΖΟΝ

Κατασκευάστηκε μια πρωτότυπη συσκευή απολύμανσης οδοντιατρικών υλικών αποτύπωσης με όζον (Δίπλωμα Ευρεσιτεχνίας OBI: 20110100194/2013). Ατμοσφαιρικός αέρας προωθείται από αεραντλία ενυδρείου μεταβαλλόμενης ροής, μέγιστης ταχύτητας ροής 8L/min (S-2000, JAD, Guangdong, China) προς τη γεννήτρια όζοντος εκκενώσεως κορώνας (OZV-4, Ozonesolutions, Inc, Hull, Iowa, USA), διαμέσου ξηραντήρα αέρα, δυνατότητας ξήρανσης 17m³ σε σχετική υγρασία 50% (MAG-600, Ozonesolutions, Inc, Hull, Iowa, USA). Ανάμεσα στον ξηραντήρα και τη γεννήτρια όζοντος είναι τοποθετημένος δείκτης υγρασίας πηκτής διοξειδίου του πυριτίου (MI-1, Ozonesolutions, Inc, Hull, Iowa, USA) για την εξασφάλιση παροχής ξηρού αέρα στη γεννήτρια όζοντος. Η ροή του ατμοσφαιρικού αέρα που οδηγείται στη γεννήτρια όζοντος ελέγχεται μέσω ροομέτρου υψηλής ακριβείας εύρους 0-20L/min (EK-4BR, Kytola Instruments, Muurame, Finland). Η ροή του ατμοσφαιρικού αέρα προς τη γεννήτρια επιλέχθηκε στα 4L/min, όπου σύμφωνα με τον κατασκευαστή της γεννήτριας όζοντος, η ποσότητα παραγωγής όζοντος είναι 2,61g/h. Το μείγμα όζοντος που εξέρχεται από τη γεννήτρια όζοντος οδηγείται σε θάλαμο απολύμανσης και απομακρύνεται από το θάλαμο προς καταστροφή σε καταλύτη διοξειδίου του μαγγανίου-οξειδίου του χαλκού (ODS-1P, Ozonesolutions, Inc, Hull, Iowa, USA) (εικόνα2.1). Το δίκτυο σωληνώσεων της συσκευής αποτελείται από εύκαμπτες σωληνώσεις τύπου Teflon (PTFE-250x313, Ozonesolutions, Inc, Hull, Iowa, USA), υλικό το οποίο είναι ανθεκτικό στην οξειδωτική-διαβρωτική δράση του όζοντος. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν βαλβίδες αντεπιστροφής ανθεκτικές στο όζον (CVLP-4, Ozonesolutions, Inc, Hull, Iowa, USA) για να διασφαλιστεί η σωστή ροή των αερίων.



Εικόνα 2.1. Πρωτότυπη συσκευή απολύμανσης οδοντιατρικών υλικών αποτύπωσης με όζον. Η γεννήτρια όζοντος, ο ξηραντήρας αέρα και άλλα στοιχεία, όπως σωληνώσεις (Σ), της συσκευής απολύμανσης βρίσκονται κάτω από την ξύλινη επιφάνεια. Ο θάλαμος απολύμανσης (ΘΑ), ο καταλύτης διοξειδίου του μαγγανίου-οξειδίου του χαλκού (Κ), ο μετρητής όζοντος (ΜΟ), ο πίνακας ελέγχου (ΠΕ), το ροόμετρο (Ρ) και το μανόμετρο πίεσεως (ΜΠ) είναι εμφανή πάνω στην ξύλινη επιφάνεια της συσκευής απολύμανσης

2.1.1 Θάλαμος απολύμανσης

Ο θάλαμος απολύμανσης διαστάσεων 18x14x9cm (ΜxΠxΥ) κατασκευάστηκε από πολυμεθακρυλικό μεθύλιο (plexi-glass) πάχους 8mm. Το καπάκι του θαλάμου κατασκευάστηκε από ανοξείδωτο ατσάλι, πάχους 8mm σε μηχανή υδροκοπής και αποτελείται από έξι προεξοχές οι οποίες χρησιμεύουν για τη σφράγιση του επάνω στο θάλαμο μέσω σφικτήρων από ανοξείδωτο ατσάλι, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στα πλάγια τοιχώματα του θαλάμου. Στην επιφάνεια του θαλάμου, στην οποία εδράζεται το καπάκι, είναι τοποθετημένο κορδόνι από λάστιχο, το οποίο εξασφαλίζει την πλήρη σφράγιση του θαλάμου.

2.1.2 Πίνακας ελέγχου συσκευής

Η συσκευή διαθέτει πίνακα ελέγχου που αποτελείται από κεντρικό διακόπτη λειτουργίας και τριπλό διακόπτη αυτοματισμού με τις ενδείξεις «Off», «όζον» και «αέρας». Στη θέση «όζον» η συσκευή παραγωγής όζοντος και η αεραντλία είναι εντός λειτουργίας. Στη θέση «αέρας» η συσκευή παραγωγής όζοντος τίθεται εκτός λειτουργίας, ενώ η αεραντλία συνεχίζει να δουλεύει ώστε να αδειάσει ο θάλαμος από το μείγμα όζοντος. Σε κάθε μια από τις θέσεις «όζον» ή «αέρας» ενεργοποιείται λυχνία σε αντιστοιχία χρώματος πορτοκαλί ή πράσινο για λόγους ασφαλείας.

2.1.3 Διαδικασία απολύμανσης

Τα προς απολύμανση υλικά αποτύπωσης τοποθετούνται στο θάλαμο απολύμανσης, ο οποίος σφραγίζεται, και κατόπιν ενεργοποιείται η συσκευή απολύμανσης από τον πίνακα ελέγχου μέσω του διακόπτη με την ένδειξη «όζον». Η στιγμή έναρξης μέτρησης του πραγματικού χρόνου έκθεσης τοποθετείται χρονικά 2min μετά την ενεργοποίηση της διαδικασίας απολύμανσης. Αυτό συμβαίνει διότι μετά το πέρας των 2min, η συγκέντρωση του όζοντος μέσα στο θάλαμο έχει φτάσει στο ανώτατο επίπεδο. Μόλις ολοκληρώνεται ο χρόνος έκθεσης στο όζον, διακόπτεται η παροχή όζοντος και ενεργοποιείται ο καθαρισμός του θαλάμου μέσω του διακόπτη με την ένδειξη «αέρας». Κατά τον καθαρισμό παρέχεται ατμοσφαιρικός αέρας στο θάλαμο για 10min, με ταχύτητα ροής 4L/min, ώστε να καθαρίσει πλήρως από το μείγμα όζοντος. Στη συνέχεια ξεσφραγίζεται ο θάλαμος και αφαιρούνται τα απολυμασμένα υλικά αποτύπωσης.

2.2. ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

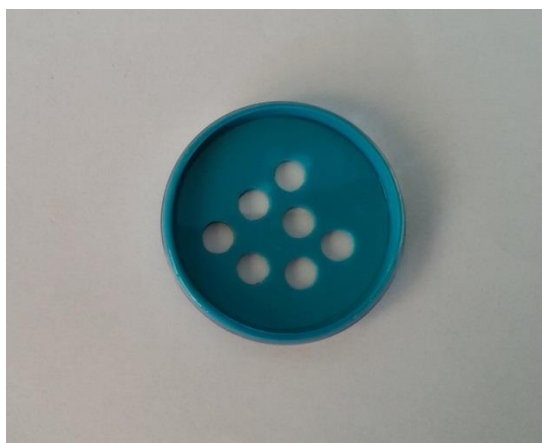
Η μικροβιολογική μελέτη που πραγματοποιήθηκε αφορούσε την εξέταση της αποτελεσματικότητας του όζοντος στα βακτήρια και αποτελούνταν από 2 κύριες πειραματικές διατάξεις. Στην πρώτη εξετάστηκαν συγκεκριμένα βακτήρια σε συνθήκες εργαστηρίου και στη δεύτερη εξετάστηκαν βακτήρια που βρίσκονται στη στοματική κοιλότητα υπό συνθήκες καθημερινής οδοντιατρικής πράξης.

2.2.1 Βακτηριολογική μελέτη υπό συνθήκες εργαστηρίου

2.2.1.1 Διαδικασία επιμόλυνσης και απολύμανσης του αποτυπωτικού υλικού

Το αποτυπωτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν μια οδοντιατρική σλικόνη προσθήκης λεπτόρρευστης συστάσεως (Aquasil Ultra LV-RegularSet, Dentsply,

York, Pennsylvania, USA) χρησιμοποιούμενη με πιστόλι αναμείξεως χειρός (Dispenser gun type 2, Voco, Cuxhaven, Germany). Η σιλικόνη εφαρμόστηκε στο καπάκι αποστειρωμένου τρυβλίου Petri διαμέτρου 6cm και στη συνέχεια τοποθετήθηκε η βάση του τρυβλίου επάνω στη σιλικόνη κατά τρόπο τέτοιο ώστε να δημιουργηθεί μια ισοπαχής, επίπεδη επιφάνεια στο αποτυπωτικό υλικό. Μετά τον πολυμερισμό του υλικού, απομακρύνθηκε η βάση του τρυβλίου και τοποθετήθηκαν 2ml υγρής καλλιέργειας του προς εξέταση βακτηρίου, με αυτόματη μικροπιπέτα (100-1000μm, Gilson, Middleton, Wisconsin, USA), πάνω στην πολυμερισμένη επιφάνεια. Μετά από 3min παραμονής, η ποσότητα της υγρής καλλιέργειας απομακρύνθηκε με προσοχή από το αποτυπωτικό υλικό με αυτόματη μικροπιπέτα (100-1000μm, Gilson, Middleton, Wisconsin, USA) και η επιφάνεια στέγνωσε 5min αργότερα. Απεκόπησαν επτά δισκία επιμολυσμένου αποτυπωτικού υλικού διαμέτρου 10mm με τη βοήθεια αποστειρωμένου χάλκινου οδοντιατρικού δακτυλίου (εικόνα 2.2). Τέσσερα δισκία εκτέθηκαν στο θάλαμο όζοντος για χρονικά διαστήματα 3min (O₃-3), 5min (O₃-5), 10min (O₃-10) και 15min (O₃-15), αντίστοιχα. Δύο δισκία λειτούργησαν ως μάρτυρες, το ένα μόλις ξεκίνησε η διαδικασία της απολυμάνσεως με όζον (C) και το άλλο μόλις ολοκληρώθηκε (C+). Το τελευταίο δισκίο απολυμάνθηκε με εμβάπτιση σε απολυμαντικό διάλυμα (Prosept[®] Impression, OCC, Fehraltorf, Switzerland), σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή και ξεπλύθηκε σε φιαλίδιο McCartney το οποίο περιείχε 10mL ρυθμιστικού διαλύματος φωσφορικών-άλατος PBS (A).



Εικόνα 2.2. Πολυμερισμένη, ισοπαχής, επίπεδη επιφάνεια αποτυπωτικού υλικού όπου διακρίνονται τα αποκομμένα επιμολυσμένα δισκία

2.2.1.2 Βακτηριακά στελέχη και θρεπτικά υλικά

Τα βακτηριακά στελέχη που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη ήταν τα εξής: *Klebsiella pneumoniae* (στέλεχος από τη Συλλογή Μικροοργανισμών του Εργαστηρίου ΒΒΙΦΑΜ, Τμήμα ΕΔΔ, ΧΠ) και *Staphylococcus aureus* ATCC 6538. Τα θρεπτικά υποστρώματα που χρησιμοποιήθηκαν για την καλλιέργεια των βακτηρίων ήταν Nutrient agar για την *Kl.pneumoniae* και Tryptic Soy Yeast Extract agar για τον *S.aureus*. Οι συνθήκες επώσεως ήταν 37°C για 24h ή για 48h. Οι υγρές καλλιέργειες των βακτηριακών στελεχών δημιουργήθηκαν στα αντίστοιχα υγρά θρεπτικά υλικά.

2.2.1.3 Καταμέτρηση βακτηριακού φορτίου

Για την καταμέτρηση του βακτηριακού φορτίου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των βιώσιμων αναπαραγωγικών μονάδων. Αρχικά, το κάθε δισκίο τοποθετήθηκε σε φιαλίδιο erppendorf που περιείχε 1mL ρυθμιστικού διαλύματος φωσφορικών-άλατος PBS και αναδεύθηκε σε συσκευή vortex για 1min (Autovortex SA6, Stuart Scientific, Surrey, UK). Ακολούθησαν δεκαδικές διαδοχικές αραιώσεις σε ρυθμιστικό διάλυμα φωσφορικών-άλατος PBS και επίστρωση 0,1mL από κάθε αραιώση σε τρυβλία Petri με στερεό θρεπτικό υλικό (3 επαναλήψεις). Τα τρυβλία επώαστηκαν στους 37°C για 24h σε αερόβιες συνθήκες και καταμετρήθηκαν οι αποικίες. Τα πειράματα επαναλήφθηκαν 5 φορές και για τα 2 στελέχη *Kl.pneumonia* και *S.aureus*.

2.2.2 Βακτηριολογική μελέτη υπό συνθήκες καθημερινής οδοντιατρικής πράξης

2.2.2.1 Διαδικασία επιμόλυνσης των οδοντιατρικών αποτυπωμάτων

Τέσσερα πλαστικά δισκάρια εμπορίου τροποποιήθηκαν έτσι ώστε να μη φέρουν λαβή και λήφθηκαν οδοντιατρικά αποτυπώματα της άνω γνάθου από 4 ασθενείς (2 γυναίκες και 2 άντρες, ηλικίας 30-55 ετών). Το αποτυπωτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη ήταν μια οδοντιατρική σιλικόνη προσθήκης υψηλού ιξώδους (President, Coltène, Altstätten, Switzerland) το οποίο αναμείχθηκε βάσει των οδηγιών του κατασκευαστή. Οι ασθενείς δεν είχαν βουρτσίσει τα δόντια τους για τουλάχιστον 36 με 48 ώρες χωρίς να τους έχουν δοθεί άλλες οδηγίες. Τα αποτυπώματα, μετά τη λήψη τους, φυλάσσονταν σε ξεχωριστές σφραγισμένες πλαστικές σακούλες μεταφοράς και μεταφέρονταν στο μικροβιολογικό εργαστήριο.

2.2.2.2 Απολύμανση και καταμέτρηση βακτηριακού φορτίου

Για να υπολογιστούν τα ολικά αερόβια και αναερόβια μεσόφιλα έπειτα από διαφορετικές συνθήκες απολυμάνσεως, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των βιώσιμων αναπαραγωγικών μονάδων. Περίπου 12 ώρες μετά τη λήψη τους, τα αποτυπώματα εμβυθίζονταν σε δοχεία ζέσεως που περιείχαν 150mL ρυθμιστικού διαλύματος φωσφορικών-άλατος PBS και αναδεύονταν σε συσκευή ανάδευσης για 1min στις 200στροφές/λεπτό (Heraeus, Hanau, Germany). Ακολούθησαν δεκαδικές διαδοχικές αραιώσεις σε ρυθμιστικό διάλυμα φωσφορικών-άλατος PBS και επίστρωση 0,1mL από κάθε αραιώση σε τρυβλία Petri με στερεό θρεπτικό υλικό Tryptic Soy Yeast Extract agar (3 επαναλήψεις). Για τον προσδιορισμό των ολικών αεροβίων μεσοφίλων, τα τρυβλία επώαστηκαν στους 37°C για 48h σε αερόβιες συνθήκες (Memmert, Schwabach, Germany). Για τον προσδιορισμό των ολικών αναεροβίων μεσοφίλων, τα τρυβλία επώαστηκαν στους 37°C για 48h σε αναερόβιες συνθήκες (BACTRON™ 1,5 Anaerobic Environmental Chamber, SHELLAB, Cornelius, Oregon, USA). Ακολούθησε καταμέτρηση των βακτηριακών αποικιών. Το πείραμα αυτό θεωρήθηκε ως «μάρτυρας».

Η ίδια διαδικασία επαναλήφθηκε 3 φορές με τη διαφορά ότι τα οδοντιατρικά αποτυπώματα υποβλήθηκαν σε απολύμανση πριν την εμβύθιση τους στα δοχεία ζέσεως που περιείχαν ρυθμιστικό διάλυμα φωσφορικών-άλατος PBS. Το κάθε πείραμα, ανάλογα με την απολυμαντική διαδικασία που ακολουθούνταν, ονομάστηκε ως εξής: «απολυμασμένο με όζον-5min», «απολυμασμένο με όζον-15min» και «χημικά απολυμασμένο», αντίστοιχα. Τα χημικά απολυμασμένα οδοντιατρικά αποτυπώματα απολυμάνθηκαν σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή (Prosept® Impression, OCC, Fehraltorf, Switzerland) και ξεπλύθηκαν

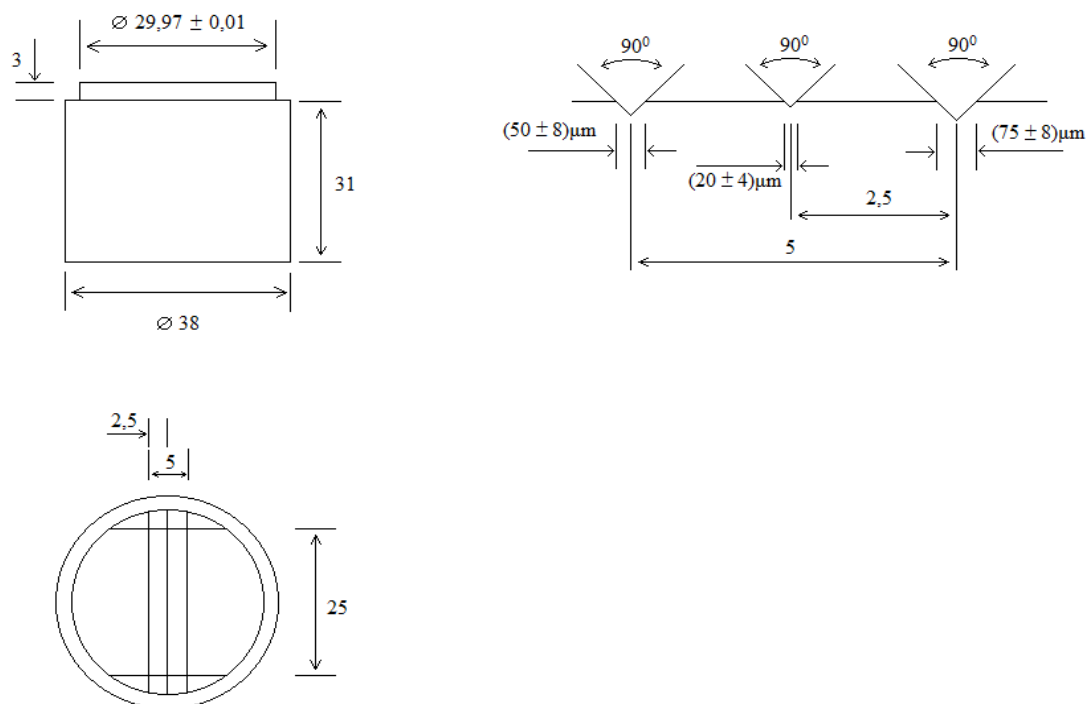
σε αποστειρωμένα δοχεία ζέσεως που περιείχαν 500mL ρυθμιστικού διαλύματος φωσφορικών-άλατος PBS. Το κάθε ένα από τα τέσσερα πειράματα διεξάχθηκε με διαφορά τουλάχιστον 48 ωρών αναμεταξύ τους.

2.3 ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

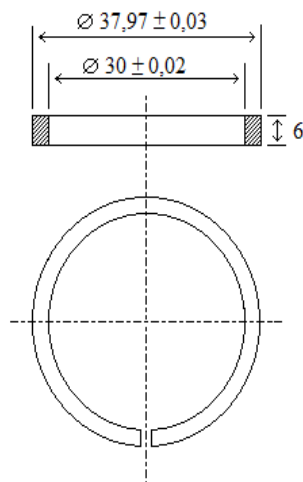
Η μελέτη μεταβολής διαστάσεων αποτυπωτικών υλικών πραγματοποιήθηκε σύμφωνα την οδηγία ISO 4823 του διεθνούς οργανισμού προτύπων (International Organization for Standardization) για τα ελαστομερή αποτυπωτικά υλικά (ISO 4823, 2000).

2.3.1 Μήτρα παραγωγής δοκιμών ελαστομερών αποτυπωτικών υλικών

Χρησιμοποιήθηκε μήτρα παραγωγής δοκιμών από ανοξείδωτο ατσάλι για την παραγωγή πανομοιότυπων δοκιμών από ελαστομερή αποτυπωτικά υλικά σύμφωνα με την οδηγία ISO 4823. Η μήτρα αυτή αποτελείται από 2 τεμάχια, μια ανοξείδωτη βάση που εμπεριέχει χαραγμένες στην επιφάνεια της τρεις οριζόντιες και δύο κάθετες γραμμές διαφορετικού εύρους και βάθους (εικόνα 2.3) και έναν ανοξείδωτο αποσπώμενο δακτύλιο που τοποθετείται στην άνω επιφάνεια της βάσεως (εικόνα 2.4), δημιουργώντας μια κοιλότητα, η οποία πληρώνεται με αποτυπωτικό υλικό κατασκευάζοντας ένα δοκίμιο προς μελέτη μεταβολής διαστάσεων.



Εικόνα 2.3. Βάση ανοξείδωτης μήτρας 2 τεμαχίων. Διακρίνονται οι χαραγμένες γραμμές στην επιφάνεια της βάσεως



Εικόνα 2.4. Αποσπώμενος δακτύλιος ανοξείδωτης μήτρας 2 τεμαχίων

2.3.2 Ελαστομερή αποτυπωτικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν

Τα ελαστομερή αποτυπωτικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα ακόλουθα:

- Express-Regular Set (3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA) (σιλικόνη προσθήκης)
- Aquasil Ultra LV-Regular Set (Dentsply, York, Pennsylvania, USA) (σιλικόνη προσθήκης)
- Impregum Garant L Duosoft-Regular Set (3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA) (πολυαιθέρας)
- Exalence-Regular Set (GC, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan) (σιλικόνη προσθήκης-πολυαιθέρας)

Τα ανωτέρω αποτυπωτικά υλικά ήταν σε μορφή φύσιγγας και χρησιμοποιήθηκαν σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή με πιστόλι αναμείξεως χειρός (Dispenser gun type 2, Voco, Cuxhaven, Germany)

2.3.3 Κατασκευή δοκιμίων

Κατασκευάστηκαν συνολικά 120 δοκίμια (30 με Aquasil Ultra LV, 30 με Express, 30 με Exalence, 30 με Impregum Garant L Duosoft) ακολουθώντας την εξής διαδικασία: Η βάση της αποσπώμενης μήτρας και ο αποσπώμενος δακτύλιος καθαρίζονταν με στεγνό απορροφητικό χαρτί και ενώνονταν ώστε να δημιουργείται χώρος για το αποτυπωτικό υλικό. Η φύσιγγα της αποτυπωτικής σιλικόνης τοποθετούνταν στο πιστόλι αναμείξεως χειρός και αφού πιεζόταν η φύσιγγα μέχρι να εξέλθει ίση ποσότητα σιλικόνης από τα 2 σωληνάρια, εφαρμοζόταν νέο ακροφύσιο αναμείξεως και πληρωνόταν το κενό της μήτρας με το υλικό κατα τρόπο τέτοιο ώστε να μη δημιουργηθούν φυσαλίδες. Το κενό υπερπληρωνόταν με υλικό, πάνω στο οποίο τοποθετούνταν φύλλο πολυαιθυλενίου, πάχους 0,035mm, και γυάλινη πλάκα πάχους 3mm. Το σύμπλεγμα ανοξείδωτης μήτρας-αποτυπωτικού υλικού-φύλλου πολυαιθυλενίου-γυάλινης πλάκας συγκρατούνταν μέσω σφιγκτήρα για όση ώρα

προτεινόταν από τον κατασκευαστή του κάθε ελαστομερούς υλικού, ως χρόνος πολυμερισμού προσθέτοντας 10 λεπτά λόγω πήξεως στον ατμοσφαιρικό αέρα και όχι στη στοματική κοιλότητα, καθώς η μειωμένη θερμοκρασία μειώνει την ταχύτητα πολυμερισμού. Μετά τον πλήρη πολυμερισμό του υλικού, η ανοξείδωτη μήτρα αποσπώνταν και το δοκίμιο με τις γραμμές αποτύπωσης αποτυπωμένες ως θετικά αντίγραφα (εικόνα 2.5) αφαιρούνταν και τοποθετούνταν σε τρυβλίο Petri. Το κάθε δοκίμιο παρέμενε ανέπαφο στο δισκίο Petri για συγκεκριμένη ώρα η οποία συνιστούνταν από τον κατασκευαστή ως χρόνος παραμονής έως την πλήρωση του αποτυπώματος με γύψο (πίνακας 2.1).



Εικόνα 2.5. Το δοκίμιο με τις γραμμές αποτύπωσης αποτυπωμένες ως θετικά αντίγραφα

Ελαστομερές Υλικό	Χρόνος παραμονής στο τρυβλίο Petri
Express	120min
Aquasil Ultra LV	-
Impregum Garant L Duosoft	30min
Exalence	60min

Πίνακας 2.1. Χρόνοι παραμονής των ελαστομερών αποτυπωτικών υλικών στα τρυβλία Petri

2.3.4 Πειραματική διαδικασία μέτρησης της μεταβολής διαστάσεων των αποτυπωτικών υλικών

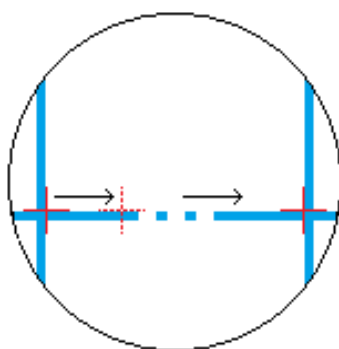
2.3.4.1 Μετρητικό μικροκόπιο

Η μέτρηση της μεταβολής των διαστάσεων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση μετρητικού μικροσκοπίου (STM, Olympus, Shinjuku, Tokyo, Japan) ακριβείας 1μm. Ως μέτρηση του κάθε δοκιμίου ορίζεται ο μέσος όρος των τιμών 3 διαδοχικών μετρήσεων για το συγκεκριμένο δοκίμιο. Το μικροσκόπιο αποτελείται από τη

συστοιχία των φακών, τις λάμπες φωτισμού, την μετακινούμενη τράπεζα μέσω 2 κοχλίων, του άξονα των x και του άξονα των y, και τη μετρητική συσκευή. Η μετρητική συσκευή έχει τη δυνατότητα μηδενισμού στο σημείο έναρξης της μέτρησης.

2.3.4.2 Τρόπος μέτρησης των δοκιμίων στο μετρητικό μικροσκόπιο

Το κάθε δοκίμιο τοποθετείται στην τράπεζα του μετρητικού μικροσκοπίου αφού πρώτα εφαρμοστεί ένα λεπτό στρώμα talc στην επιφάνεια επαφής του με την τράπεζα. Το σταυρόνημα του μικροσκοπίου προσανατολίζεται κατά τρόπο τέτοιο ώστε ο άξονας των x να είναι παράλληλος και επαπτόμενος με το άνω άκρο της οριζόντιας γραμμής των 75μm του δοκιμίου και ο άξονας των y να είναι παράλληλος και επαπτόμενος με το δεξί (εσωτερικό) άκρο της αριστερής κάθετης γραμμής. Στο σημείο αυτό η μετρητική ένδειξη μηδενίζεται και ο κοχλίας του άξονα των x αρχίζει να περιστρέφεται οπότε και το δοκίμιο μεταφέρεται, ενώ το σταυρόνημα παραμένει σταθερό. Όταν το σταυρόνημα συναντήσει το αριστερό (εσωτερικό) άκρο της κάθετης δεξιάς γραμμής του δοκιμίου, τότε σταματάει η κίνηση της τράπεζας και αναγιγνώσκεται η ένδειξη της μέτρησης (εικόνα 2.6).



Εικόνα 2.6. Κοντινή άποψη σχεδίου της εικόνας του δοκιμίου μέσα από το μικροσκόπιο κατά τη διαδικασία της μετρήσεως

2.3.4.3 Μέθοδοι απολύμανσης που εξετάστηκαν

Οι μέθοδοι απολύμανσης που εξετάστηκαν εκτός του αέριου όζοντος, για να πραγματοποιηθεί συγκριτική μελέτη, ήταν της μορφής χημικής απολυμάνσεως μέσω απολυμαντικών διαλυμάτων εμβαπτίσεως. Οι δραστικές ουσίες που επιλέχθηκαν ήταν το υποχλωριώδες νάτριο (Klinex, Unilever Hellas, Athens, Greece) και το χλωριούχο βενζαλκόνιο (Prosept[®] Impression, OCC, Fehraltorf, Switzerland), το οποίο ανήκει στην ομάδα των τεταρτοταγών αμμονιακών συμπλόκων.

2.3.4.4 Μέτρηση της μεταβολής διαστάσεων των υπό εξέταση δοκιμίων

Τα δοκίμια χωρίστηκαν σε ομάδες ανάλογα με τη μέθοδο απολύμανσης που χρησιμοποιήθηκε. Η κάθε ομάδα αποτελούνταν από 5 πανομοιότυπα δοκίμια τα οποία εξετάστηκαν με τον ίδιο τρόπο ώστε να μειωθεί η πιθανότητα σφάλματος στην πειραματική διαδικασία. Το κάθε δοκίμιο, μετά το πέρας του χρόνου παραμονής του

στο τρυβλίο Petri, μετρήθηκε στο μετρητικό μικροσκόπιο. Στη συνέχεια απολυμάνθηκε με την εκάστοτε μέθοδο απολύμανσης και μετρήθηκε πάλι.

2.3.4.4.1 Μέτρηση μεταβολής διαστάσεων με απολυμαντικό διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου

Μετά τη μέτρηση του κατασκευασμένου δοκιμίου στο μετρητικό μικροσκόπιο και την καταγραφή της αρχική μέτρησης, το δοκίμιο εμβυθίστηκε σε φρέσκο διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου (Klinex, Unilever Hellas, Athens, Greece) συγκεντρώσεως 0,525% εντός ποτηριού ζέσεως για τον επιθυμητό κάθε φορά χρόνο απολύμανσης (πίνακας 2.2). Μόλις συμπληρώθηκε ο χρόνος απολύμανσης, το δοκίμιο αφαιρέθηκε από το απολυμαντικό διάλυμα και ξεπλύθηκε χρησιμοποιώντας νερό βρύσης μέσω υδροβολέα. Στη συνέχεια, το δοκίμιο στέγνωσε με χρήση πεπιεσμένου αέρα υπό εξαιρετικά χαμηλή πίεση και τοποθετήθηκε στην τράπεζα του μετρητικού μικροσκοπίου για την τελική μέτρηση. Μετά την καταγραφή και της τελικής μέτρησης, η διαδικασία επαναλήφθηκε και για τα επόμενα δοκίμια (πίνακας 2.2).

2.3.4.4.2 Μέτρηση μεταβολής διαστάσεων με απολυμαντικό διάλυμα χλωριούχου βενζαλκονίου

Μετά τη μέτρηση του κατασκευασμένου δοκιμίου στο μετρητικό μικροσκόπιο και την καταγραφή της αρχική μέτρησης, το δοκίμιο εμβυθίστηκε σε φρέσκο διάλυμα χλωριούχου βενζαλκονίου (Prosept[®] Impression, OCC, Fehraltorf, Switzerland) συγκεντρώσεως 0,3% εντός ποτηριού ζέσεως για τον επιθυμητό κάθε φορά χρόνο απολύμανσης (πίνακας 2.2). Μόλις συμπληρώθηκε ο χρόνος απολύμανσης, το δοκίμιο αφαιρέθηκε από το απολυμαντικό διάλυμα και ξεπλύθηκε χρησιμοποιώντας νερό βρύσης μέσω υδροβολέα. Στη συνέχεια, το δοκίμιο στέγνωσε με χρήση πεπιεσμένου αέρα υπό εξαιρετικά χαμηλή πίεση και τοποθετήθηκε στην τράπεζα του μετρητικού μικροσκοπίου για την τελική μέτρηση. Μετά την καταγραφή και της τελικής μέτρησης, η διαδικασία επαναλήφθηκε και για τα επόμενα δοκίμια (πίνακας 2.2).

2.3.4.4.3 Μέτρηση μεταβολής διαστάσεων με απολυμαντικό μέσο το όζον

Μετά τη μέτρηση του κατασκευασμένου δοκιμίου στο μετρητικό μικροσκόπιο, το δοκίμιο τοποθετήθηκε στη συσκευή απολύμανσης με όζον προς απολύμανση για τον επιθυμητό κάθε φορά χρόνο απολύμανσης (πίνακας 2.2). Μόλις συμπληρώθηκε ο χρόνος απολύμανσης, το δοκίμιο αφαιρέθηκε από τη συσκευή απολύμανσης και τοποθετήθηκε στην τράπεζα του μετρητικού μικροσκοπίου για την τελική μέτρηση. Μετά την καταγραφή και της τελικής μέτρησης, η διαδικασία επαναλήφθηκε και για τα επόμενα δοκίμια (πίνακας 2.2).

Υλικό δοκιμίου	Απολυμαντική μέθοδος	Χρόνος απολύμανσης
Express	Ozone	5min
Express	Ozone	15min
Aquasil Ultra LV	Ozone	5min
Aquasil Ultra LV	Ozone	15min
Impregum Garant L Duosoft	Ozone	5min
Impregum Garant L Duosoft	Ozone	15min
Exalence	Ozone	5min
Exalence	Ozone	15min
Express	Klinex	10min
Express	Klinex	30min
Aquasil Ultra LV	Klinex	10min
Aquasil Ultra LV	Klinex	30min
Impregum Garant L Duosoft	Klinex	10min
Impregum Garant L Duosoft	Klinex	30min
Exalence	Klinex	10min
Exalence	Klinex	30min
Express	Prosept	2min
Express	Prosept	30min
Aquasil Ultra LV	Prosept	2min
Aquasil Ultra LV	Prosept	30min
Impregum Garant L Duosoft	Prosept	2min
Impregum Garant L Duosoft	Prosept	30min
Exalence	Prosept	2min
Exalence	Prosept	30min

Πίνακας 2.2. Αναλυτικά οι συνδυασμοί υλικών δοκιμίων, μεθόδων απολύμανσης και χρόνων απολύμανσης που χρησιμοποιήθηκαν

2.3.4.4.4 Υπολογισμός ποσοστιαίας μεταβολής διαστάσεων

Η ποσοστιαία μεταβολή διαστάσεων (%) του κάθε δοκιμίου υπολογίστηκε από τον εξής τύπο:

$$\frac{\Delta_T - \Delta_A}{\Delta_A} \times 100,$$

όπου Δ_A είναι η αρχική μέτρηση της απόστασης και

όπου Δ_T είναι η τελική μέτρηση της απόστασης (Wong *et al.*, 1999, Melilli *et al.*, 2008)

2.4 ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΤΟΜΙΚΩΝ ΔΙΣΚΑΡΙΩΝ

Η μελέτη μεταβολής διαστάσεων ατομικών δισκαρίων πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας φωτοπολυμεριζόμενες πλάκες κατασκευής ατομικών δισκαρίων και βασικών πλακών (Palatray XL, Heraeus Kulzer, Hanau, Germany).

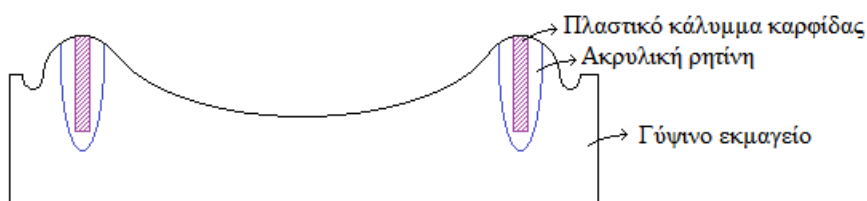
2.4.1 Κατασκευή μήτρας δοκιμών ατομικών δισκαρίων

Για την κατασκευή δοκιμών χρησιμοποιήθηκε γύψινο εκμαγείο νωδής άνω γνάθου το οποίο παρασκευάστηκε από αντίστοιχη μήτρα (Columbia Dentoform, New York, USA), εγχύοντας γύψο τύπου 3 (Microstone, Whipmix, Kentucky, USA). Στο παρασκευασμένο νωδό εκμαγείο δημιουργήθηκαν 4 φρεάτια διαμέτρου περίπου 5mm και βάθους 15mm στις θέσεις των κυνοδόντων και των πρώτων γομφίων (εικόνα 2.7).



Εικόνα 2.7. Παρασκευασμένο νωδό εκμαγείο όπου διακρίνονται τα διανοιγμένα φρεάτια

Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν από μια καρφίδα κινητών κολοβομάτων, με πλαστικό κάλυμμα (Pro-Fix, Renfert, Hilzingen, Germany), σε κάθε φρεάτιο με χρήση παραλληλογράφου (Orthoflex, Pi Dental, Budapest, Hungary) με σκοπό την παράλληλη ένθεσή τους. Το πλαστικό κάλυμμα των καρφίδων πακτώθηκε στο επιθυμητό σημείο εντός του φρεατίου με χρήση αυτοπολυμεριζόμενης ακρυλικής ρητίνης (Paladur, Heraeus Kulzer, Hanau, Germany) η οποία χρησιμοποιήθηκε σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Το άνω όριο του πλαστικού καλύμματος των καρφίδων τοποθετήθηκε στο ίδιο επίπεδο με την ουλική νωδή επιφάνεια της γνάθου (εικόνα 2.8).



Εικόνα 2.8. Τομή σχεδίου μήτρας παρασκευής δοκιμών ατομικών δισκαρίων

Το εκμαγείο αυτό λειτούργησε ως μήτρα παρασκευής πανομοιότυπων ατομικών δισκαρίων τα οποία έφεραν ενσωματωμένες 4 καρφίδες παράλληλα τοποθετημένες (εικόνα 2.9).



Εικόνα 2.9. Μήτρα παρασκευής δοκιμίων ατομικών δισκαρίων

2.4.2 Κατασκευή δοκιμίων

Κατασκευάστηκαν συνολικά 30 δοκίμια ακολουθώντας την εξής διαδικασία: Πάνω στη μήτρα ατομικών δισκαρίων τοποθετήθηκε πλάκα φωτοπολυμεριζόμενης ρητίνης (Palatray XL, Heraeus Kulzer, Hanau, Germany) και διαμορφώθηκε κατάλληλα σε ατομικό δισκάριο επαφής. Στην περιοχή των 4 καρφίδων διανοίχτηκαν οπές με μαχαιρίδιο Iecron και στη συνέχεια το εκμαγείο φέροντας την φωτοπολυμεριζόμενη πλάκα εισήχθη στη συσκευή φωτοπολυμερισμού (Lux-4, Kalantidis Bros, Athens, Greece) όπου πολυμερίστηκε για 180sec, όπως προτείνει ο κατασκευαστής. Ακολούθησε εκτροχισμός όλων των επιφανειών του ατομικού δισκαρίου (εικόνα 2.10) και επανατοποθέτηση του στη μήτρα, στην οποία είχαν τοποθετηθεί 4 καρφίδες στις 4 αντίστοιχες υποδοχές (πλαστικά καλύμματα καρφίδων) και λεπτό στρώμα βαζελίνης στη γύψο περιφερικά των πλαστικών καλυμμάτων των καρφίδων (εικόνα 2.11).

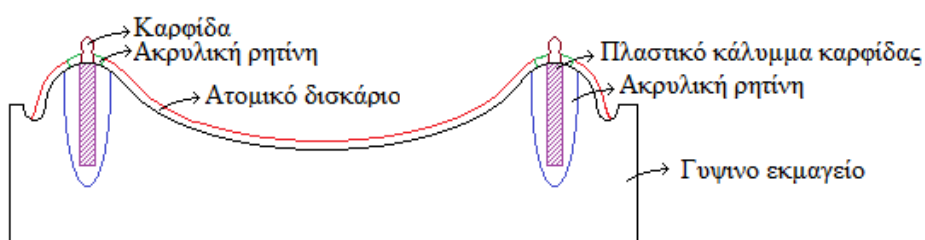


Εικόνα 2.10. Το ατομικό δισκάριο με όλες τις επιφάνειες του εκτροχισμένες



Εικόνα 2.11. Το ατομικό δισκάριο τοποθετημένο στη μήτρα, όπου διακρίνονται οι καρφίδες, πριν τη συνένωση τους με το ατομικό δισκάριο

Παρασκευάστηκε αυτοπολυμεριζόμενη ακρυλική ρητίνη (Paladur, Heraeus Kulzer, Hanau, Germany) η οποία τοποθετήθηκε στο κενό που είχε δημιουργηθεί στο ατομικό δισκάριο αγκαλιάζοντας το εκτεθειμένο άκρο της καρφίδας, αφήνοντας ελεύθερο ρητίνης το ανώτατο τριτημόριο του εκτεθειμένου άκρου της καρφίδας (εικόνα 2.12,2.13).



Εικόνα 2.12. Το δοκίμιο κατασκευασμένο πάνω στη μήτρα



Εικόνα 2.13. Το δοκίμιο κατασκευασμένο

2.4.3 Πειραματική διαδικασία μέτρησης της μεταβολής διαστάσεων των ατομικών δισκαρίων

2.4.3.1 Ψηφιακό μικρόμετρο

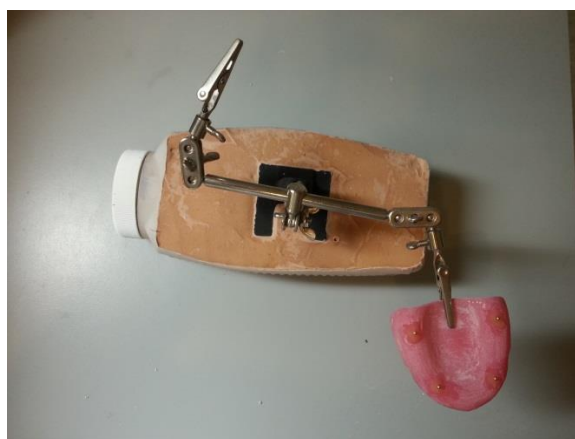
Η μέτρηση της μεταβολής των διαστάσεων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ψηφιακού μικρομέτρου (Digital outside micrometer 3109-50A, Insize, Jiangsu, China) ακριβείας 1 μ m (εικόνα 2.14). Το ψηφιακό μικρόμετρο πριν την έναρξη των μετρήσεων του κάθε δοκιμίου υπόκεινται σε βαθμονόμηση σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.



Εικόνα 2.14. Ψηφιακό μικρόμετρο ακριβείας 1 μ m

2.4.3.2 Τρόπος μέτρησης των δοκιμίων με το ψηφιακό μικρόμετρο

Το κάθε δοκίμιο τοποθετήθηκε σε ειδική συσκευή που κατασκευάστηκε με σκοπό να παραμένει σταθερό κατά τη διάρκεια των εξαιρετικά ευαίσθητων μετρήσεων (εικόνα 2.15).



Εικόνα 2.15. Συσκευή συγκρατήσεως δοκιμίου ατομικού δισκαρίου

Σε κάθε δοκίμιο πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις 6 συνολικά αποστάσεων (εικόνα 2.16). Η κάθε μέτρηση πραγματοποιήθηκε συλλαμβάνοντας το προεξέχων

άνω μέρος των 2 υπό μέτρηση καρφίδων μεταξύ των μετρητικών σκελών του οργάνου ακριβείας. Ως μέτρηση της κάθε απόστασης του δοκιμίου ορίζεται ο μέσος όρος των τιμών 3 διαδοχικών μετρήσεων για τη συγκεκριμένη απόσταση. Η κάθε μέτρηση ολοκληρωνόταν μόλις ακουγόταν ο χαρακτηριστικός ήχος του εσωτερικού δυναμόκλειδου του ψηφιακού μικρομέτρου που αντιστοιχούσε σε συγκεκριμένη δύναμη ορισμένη από τον κατασκευαστή.



Εικόνα 2.16. Δοκίμιο ατομικού δισκαρίου όπου διακρίνονται οι 6 αποστάσεις που μετρήθηκαν

2.4.3.3 Μέθοδοι απολύμανσης που εξετάστηκαν

Οι μέθοδοι απολύμανσης που εξετάστηκαν εκτός του αέριου όζοντος, για να πραγματοποιηθεί συγκριτική μελέτη, ήταν της μορφής χημικής απολυμάνσεως μέσω απολυμαντικών διαλυμάτων εμβάπτισεως. Οι δραστικές ουσίες που επιλέχθηκαν ήταν το υποχλωριώδες νάτριο (Klinex, Unilever Hellas, Athens, Greece) και το χλωριούχο βενζαλκόνιο (Prosept® Impression, OCC, Fehraltorf, Switzerland), το οποίο ανήκει στην ομάδα των τεταρτοταγών αμμονιακών συμπλόκων.

2.4.3.4 Μέτρηση της μεταβολής διαστάσεων των υπό εξέταση δοκιμίων

Τα δοκίμια χωρίστηκαν σε ομάδες ανάλογα με τη μέθοδο απολύμανσης που χρησιμοποιήθηκε. Η κάθε ομάδα αποτελούνταν από 5 πανομοιότυπα δοκίμια τα οποία εξετάστηκαν με τον ίδιο τρόπο ώστε να μειωθεί η πιθανότητα σφάλματος στην πειραματική διαδικασία. Το κάθε δοκίμιο μετρήθηκε με το ψηφιακό μικρόμετρο και οι διαστάσεις των 6 αποστάσεων καταγράφηκαν ως οι αρχικές μετρήσεις. Στη συνέχεια απολυμάνθηκε με την εκάστοτε μέθοδο απολύμανσης και μετρήθηκαν πάλι οι διαστάσεις όπου καταγράφηκαν ως τελικές μετρήσεις.

2.4.3.4.1 Μέτρηση μεταβολής διαστάσεων με απολυμαντικό διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου

Μετά τη μέτρηση του κατασκευασμένου δοκιμίου με το ψηφιακό μικρόμετρο και την καταγραφή των αρχικών μετρήσεων, το δοκίμιο εμβυθίστηκε σε φρέσκο διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου (Klinex, Unilever Hellas, Athens, Greece) συγκεντρώσεως 0,525% εντός ποτηριού ζέσεως για τον επιθυμητό κάθε φορά χρόνο

απολύμανσης (πίνακας 2.3). Μόλις συμπληρώθηκε ο χρόνος απολύμανσης, το δοκίμιο αφαιρέθηκε από το απολυμαντικό διάλυμα και ξεπλύθηκε χρησιμοποιώντας νερό βρύσης μέσω υδροβολέα. Στη συνέχεια, το δοκίμιο στέγνωσε με χρήση πεπιεσμένου αέρα υπό εξαιρετικά χαμηλή πίεση και τοποθετήθηκε στη συσκευή συγκρατήσεως δοκιμίου για τις τελικές μετρήσεις. Μετά την καταγραφή και των τελικών μετρήσεων, η διαδικασία επαναλήφθηκε και για τα επόμενα δοκίμια (πίνακας 2.3).

2.4.3.4.2 Μέτρηση μεταβολής διαστάσεων με απολυμαντικό διάλυμα χλωριούχου βενζαλκονίου

Μετά τη μέτρηση του κατασκευασμένου δοκιμίου με το ψηφιακό μικρόμετρο και την καταγραφή των αρχικών μετρήσεων, το δοκίμιο εμβυθίστηκε σε φρέσκο διάλυμα χλωριούχου βενζαλκονίου (Prosept[®] Impression, OCC, Fehraltorf, Switzerland) συγκεντρώσεως 0,3% εντός ποτηριού ζέσεως για τον επιθυμητό κάθε φορά χρόνο απολύμανσης (πίνακας 2.3). Μόλις συμπληρώθηκε ο χρόνος απολύμανσης, το δοκίμιο αφαιρέθηκε από το απολυμαντικό διάλυμα και ξεπλύθηκε χρησιμοποιώντας νερό βρύσης μέσω υδροβολέα. Στη συνέχεια, το δοκίμιο στέγνωσε με χρήση πεπιεσμένου αέρα υπό εξαιρετικά χαμηλή πίεση και τοποθετήθηκε στη συσκευή συγκρατήσεως δοκιμίου για τις τελικές μετρήσεις. Μετά την καταγραφή και των τελικών μετρήσεων, η διαδικασία επαναλήφθηκε και για τα επόμενα δοκίμια (πίνακας 2.3).

2.4.3.4.3 Μέτρηση μεταβολής διαστάσεων με απολυμαντικό μέσο το όζον

Μετά τη μέτρηση του κατασκευασμένου δοκιμίου με το ψηφιακό μικρόμετρο και την καταγραφή των αρχικών μετρήσεων, το δοκίμιο τοποθετήθηκε στη συσκευή απολύμανσης με όζον προς απολύμανση για τον επιθυμητό κάθε φορά χρόνο απολύμανσης (πίνακας 2.3). Μόλις συμπληρώθηκε ο χρόνος απολύμανσης, το δοκίμιο αφαιρέθηκε από τη συσκευή απολύμανσης και τοποθετήθηκε στη συσκευή συγκρατήσεως δοκιμίου για τις τελικές μετρήσεις. Μετά την καταγραφή και των τελικών μετρήσεων, η διαδικασία επαναλήφθηκε και για τα επόμενα δοκίμια (πίνακας 2.3).

2.4.3.4.4.1 Ποσοστιαία μεταβολή διαστάσεων αποστάσεων

Η ποσοστιαία μεταβολή διαστάσεων (%) της κάθε απόστασης υπολογίστηκε από τον εξής τύπο:

$$\frac{\Delta_T - \Delta_A}{\Delta_A} \times 100,$$

όπου Δ_A είναι η αρχική μέτρηση της απόστασης και
όπου Δ_T είναι η τελική μέτρηση της απόστασης (Wong *et al.*, 1999, Melilli *et al.*, 2008).

Απολυμαντική μέθοδος	Χρόνος απολύμανσης
Ozone	5min
Ozone	15min
Klinex	10min
Klinex	30min
Prosept	2min
Prosept	30min

Πίνακας 2.3. Αναλυτικά οι συνδυασμοί μεθόδων απολύμανσης και χρόνων απολύμανσης που χρησιμοποιήθηκαν

2.4.3.4.2 Συνολική ποσοστιαία μεταβολή διαστάσεων ατομικών δισκαρίων

Η συνολική ποσοστιαία μεταβολή διαστάσεων των ατομικών δισκαρίων υπολογίστηκε σε αντιστοιχία με την ποσοστιαία μεταβολή της επιφάνειας (ABCD) που ορίζεται από τις 4 καρφίδες που είναι ενσωματωμένες στα ατομικά δισκάρια. Πιο συγκεκριμένα, η επιφάνεια (ABCD) σε κάθε ατομικό δισκάριο υπολογίστηκε προσθέτοντας τις επιφάνειες των 2 τριγώνων άνισων πλευρών (ABC) και (ACD), οι οποίες υπολογίστηκαν σύμφωνα με τον τύπο:

$$\Delta = \sqrt{S(S - X)(S - Y)(S - Z)}$$

όπου $S = (X + Y + Z)/2$ και X, Y, και Z είναι τα μήκη των πλευρών του τριγώνου (Seo *et al.*, 2007, Huggett *et al.*, 1992, Polychronakis *et al.*, 2003, Dickson, 1975).

Έπειτα χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

$$\frac{\Delta_T - \Delta_A}{\Delta_A} \times 100,$$

όπου Δ_A είναι η αρχική μέτρηση της επιφάνειας και
όπου Δ_T είναι η τελική μέτρηση της επιφάνειας (Wong *et al.*, 1999, Melilli *et al.*, 2008).

2.5 ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΕΛΑΣΤΟΜΕΡΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Η μελέτη πιθανής επιφανειακής διάβρωσης λόγω απολυμάνσεως πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (Scanning Electron Microscope) (JSM-5310, JEOL Ltd, Tokyo, Japan) (εικόνα 2.17).



Εικόνα 2.17. Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM)

2.5.1 Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης

Η πρώτη αναφορά της έννοιας της σάρωσης στη μικροσκοπία είχε γίνει το 1928 από τον E. H. Synge στο Δουβλίνο. Η πρώτη συσκευή, όμως, προς ευρεία χρήση κυκλοφόρησε πολύ αργότερα, το 1965, από την εταιρεία Cambridge Instrument Company στην Αγγλία (McMullan, 1995). Οι βασικές αρχές λειτουργίας της ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης για την απεικόνιση της επιφάνειας δοκιμίων στηρίζονται στη δημιουργία δευτερογενών ηλεκτρονίων, όταν μια δέσμη ηλεκτρονίων προσκρούει στα άτομα του υλικού του υπό εξέταση δοκιμίου. Το υπό εξέταση δοκίμιο τοποθετείται στο θάλαμο σάρωσης και μια δέσμη ηλεκτρονίων υψηλής τάσεως και εξαιρετικά λεπτής διαμέτρου σαρώνει την επιφάνεια του υλικού. Όταν η δέσμη των ηλεκτρονίων προσκρούει στα άτομα του υλικού μη ελαστικά, αυτά ιονίζονται και εκπέμπουν ηλεκτρόνια (δευτερογενή ηλεκτρόνια). Τα δευτερογενή αυτά ηλεκτρόνια είναι χαμηλής ενέργειας και απορροφώνται από τα παρακείμενα άτομα στον κύριο όγκο του δοκιμίου, εκτός της επιφάνειας. Στην επιφάνεια, τα εκπεμπόμενα δευτερογενή ηλεκτρόνια απομακρύνονται από το δοκίμιο και συλλέγονται από τον θετικά φορτισμένο ανιχνευτή, όπου συγκρούονται με τον σπινθηριστή φωσφόρου. Το αποτέλεσμα της σύγκρουσης είναι η παραγωγή φωτονίων τα οποία οδηγούνται σε ένα φωτοπολλαπλασιαστή και μετατρέπονται σε ενισχυμένο ηλεκτρονικό σήμα. Το σήμα αυτό μπορεί να εκφραστεί σε αναλογική ή ψηφιακή εικόνα και να αποθηκευτεί ψηφιακά. Ο αριθμός των δευτερογενών ηλεκτρονίων που παράγονται από κάθε σημείο του δοκιμίου καθορίζει τη φωτεινότητα του αντίστοιχου σημείου στην οθόνη, δημιουργώντας κατά αυτόν τον τρόπο την εικόνα της επιφάνειας του δοκιμίου (Postek, 1980).

2.5.2 Ελαστομερή αποτυπωτικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν

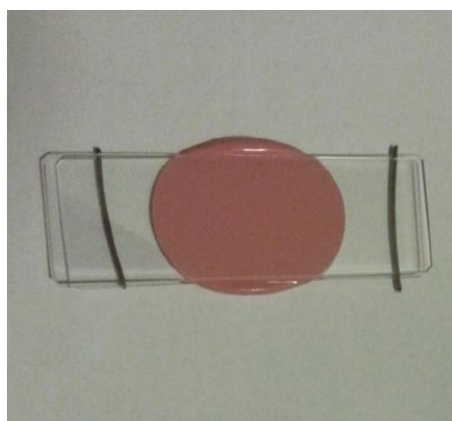
Τα ελαστομερή αποτυπωτικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα ακόλουθα:

- Express-Regular Set (3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA) (σιλικόνη προσθήκης)
- Aquasil Ultra LV-Regular Set (Dentsply, York, Pennsylvania, USA) (σιλικόνη προσθήκης)
- Impregum Garant L Duosoft-Regular Set (3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA) (πολυαιθέρας)
- Exalence-Regular Set (GC, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan) (σιλικόνη προσθήκης-πολυαιθέρας)

Τα ανωτέρω αποτυπωτικά υλικά ήταν σε μορφή φύσιγγας και χρησιμοποιήθηκαν σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή με πιστόλι αναμείξεως χειρός (Dispenser gun type 2, Voco, Cuxhaven, Germany)

2.5.3 Κατασκευή δοκιμίων

Κατασκευάστηκαν συνολικά 32 δοκίμια ακολουθώντας την εξής διαδικασία: Τοποθετήθηκε μικρή ποσότητα ελαστομερούς αποτυπωτικού υλικού, με χρήση πιστολιού αναμείξεως χειρός, στο κέντρο νέας αντικειμενοφόρας πλάκας (Microscope slides, Waldemar Knittel, Braunschweig, Germany), στις οποίες την επιφάνεια των 2 άκρων της είχαν τοποθετηθεί 2 μικρά κομμάτια ορθοδοντικού σύρματος διαμέτρου 1mm. Στη συνέχεια, εφαρμόστηκε στο σύμπλεγμα αντικειμενοφόρας πλάκας-αποτυπωτικού υλικού-συρμάτων, νέα αντικειμενοφόρα πλάκα, πιέζοντας την έως ότου έρθει σε επαφή με την άνω επιφάνεια των ορθοδοντικών συρμάτων εκατέρωθεν (εικόνα 2.18).



Εικόνα 2.18. Το αποτυπωτικό υλικό πολυμερισμένο εντός των 2 αντικειμενοφόρων πλακών

Μετά το πέρας του χρόνου πολυμερισμού του υλικού σύμφωνα με τον κατασκευαστή του κάθε ελαστομερούς υλικού και προσθέτοντας 10 λεπτά λόγω πήξεως στον ατμοσφαιρικό αέρα όπως έχει προαναφερθεί, οι αντικειμενοφόρες πλάκες χωρίστηκαν. Το πολυμερισμένο υλικό τοποθετήθηκε σε νέο τρυβλίο Petri προσέχοντας η άνω επιφάνεια να μην έρθει σε επαφή με τα δαχτυλα.

2.5.4 Πειραματική διαδικασία μελέτης επιφανειακής διάβρωσης ελαστομερών αποτυπωτικών υλικών

2.5.4.1 Μέθοδοι απολύμανσης που εξετάστηκαν

Οι μέθοδοι απολύμανσης που εξετάστηκαν εκτός του αέριου όζοντος, για να πραγματοποιηθεί συγκριτική μελέτη, ήταν της μορφής χημικής απολυμάνσεως μέσω απολυμαντικών διαλυμάτων εμβάπτισεως. Οι δραστικές ουσίες που επιλέχθηκαν ήταν το υποχλωριώδες νάτριο (Klinex, Unilever Hellas, Athens, Greece) και το χλωριούχο βενζαλκόνιο (Prosept® Impression, OCC, Fehraltorf, Switzerland), το οποίο ανήκει στην ομάδα των τεταρτοταγών αμμονιακών συμπλόκων. Εξετάστηκε και μια ομάδα δοκιμίων όπου απλά ξεπλύθηκαν με νερό.

Η άνω επιφάνεια των δοκιμίων η οποία θα εξεταζόταν στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο δεν έπρεπε να έρθει σε επαφή με τα δάχτυλα ή με κάποιο άλλο αντικείμενο.

2.5.4.1.1 Απολύμανση δοκιμίων με απολυμαντικό διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου

Μετά τον πολυμερισμό των δοκιμίων και το πέρας του χρόνου παραμονής στα τρυβλία Petri (πίνακας 2.1), τα δοκίμια εμβυθίστηκαν σε φρέσκο διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου (Klinex, Unilever Hellas, Athens, Greece) συγκεντρώσεως 0,525% εντός ποτηριού ζέσεως για τον επιθυμητό κάθε φορά χρόνο απολύμανσης (πίνακας 2.4). Μόλις συμπληρώθηκε ο χρόνος απολύμανσης, τα δοκίμια αφαιρέθηκαν από το απολυμαντικό διάλυμα και ξεπλύθηκαν χρησιμοποιώντας νερό βρύσης μέσω υδροβολέα. Στη συνέχεια, τα δοκίμια στέγνωσαν με χρήση πεπιεσμένου αέρα υπό εξαιρετικά χαμηλή πίεση και τοποθετήθηκαν σε νέα τρυβλία Petri.

2.5.4.1.2 Απολύμανση δοκιμίων με απολυμαντικό διάλυμα χλωριούχου βενζαλκονίου

Μετά τον πολυμερισμό των δοκιμίων και το πέρας του χρόνου παραμονής στα τρυβλία Petri (πίνακας 2.1), τα δοκίμια εμβυθίστηκαν σε φρέσκο διάλυμα χλωριούχου βενζαλκονίου (Prosept® Impression, OCC, Fehraltorf, Switzerland) συγκεντρώσεως 0,3% εντός ποτηριού ζέσεως για τον επιθυμητό κάθε φορά χρόνο απολύμανσης (πίνακας 2.4). Μόλις συμπληρώθηκε ο χρόνος απολύμανσης, τα δοκίμια αφαιρέθηκαν από το απολυμαντικό διάλυμα και ξεπλύθηκαν χρησιμοποιώντας νερό βρύσης μέσω υδροβολέα. Στη συνέχεια, τα δοκίμια στέγνωσαν με χρήση πεπιεσμένου αέρα υπό εξαιρετικά χαμηλή πίεση και τοποθετήθηκαν σε νέα τρυβλία Petri.

2.5.4.1.3 Απολύμανση δοκιμίων με απολυμαντικό μέσο το όζον

Μετά τον πολυμερισμό των δοκιμίων και το πέρας του χρόνου παραμονής στα τρυβλία Petri (πίνακας 2.1), τα δοκίμια τοποθετήθηκαν στη συσκευή απολύμανσης με όζον προς απολύμανση για τον επιθυμητό κάθε φορά χρόνο απολύμανσης (πίνακας 2.4). Μόλις συμπληρώθηκε ο χρόνος απολύμανσης, τα δοκίμια αφαιρέθηκαν από τη συσκευή απολύμανσης και τοποθετήθηκαν σε νέα τρυβλία Petri.

Απολυμαντική μέθοδος	Χρόνος απολύμανσης	Υλικό δοκιμίου
Control	-	Express
Control	-	Aquasil Ultra LV
Control	-	Impregum Garant L Duosoft
Control	-	Exalence
Rinsed Control	-	Express
Rinsed Control	-	Aquasil Ultra LV
Rinsed Control	-	Impregum Garant L Duosoft
Rinsed Control	-	Exalence
Klinex	10min	Express
Klinex	10min	Aquasil Ultra LV
Klinex	10min	Impregum Garant L Duosoft
Klinex	10min	Exalence
Klinex	30min	Express
Klinex	30min	Aquasil Ultra LV
Klinex	30min	Impregum Garant L Duosoft
Klinex	30min	Exalence
Prosept	2min	Express
Prosept	2min	Aquasil Ultra LV
Prosept	2min	Impregum Garant L Duosoft
Prosept	2min	Exalence
Prosept	30min	Express
Prosept	30min	Aquasil Ultra LV
Prosept	30min	Impregum Garant L Duosoft
Prosept	30min	Exalence
Ozone	5min	Express
Ozone	5min	Aquasil Ultra LV
Ozone	5min	Impregum Garant L Duosoft
Ozone	5min	Exalence
Ozone	15min	Express
Ozone	15min	Aquasil Ultra LV
Ozone	15min	Impregum Garant L Duosoft
Ozone	15min	Exalence

Πίνακας 2.4. Αναλυτικά οι συνδυασμοί μεθόδων απολύμανσης, χρόνων απολύμανσης και υλικών δοκιμίων που χρησιμοποιήθηκαν

2.5.4.2 Προετοιμασία δοκιμίων προς εξέταση

Τα πολυμερισμένα δοκίμια υπεβλήθησαν σε απολύμανση ή παρέμειναν ως μάρτυρες (πίνακας 2.4). Μετά την απολύμανση των δοκιμίων, ευρισκόμενα σε τρυβλία Petri, απεκόπηκε ένας δίσκος αποτυπωτικού υλικού από κάθε δοκίμιο, με τη

βοήθεια χάλκινου οδοντιατρικού δακτυλίου 7mm, προσέχοντας να μην προσβληθεί η επιφάνεια του δίσκου και καταστραφεί.

2.5.4.3 Αγωγή επικάλυψη δοκιμίων

Ο κάθε αποκομμένος δίσκος επικολλήθηκε σε ειδική βάση (stub) με ειδική αγωγή κόλλα (Leit-C, Plano GmbH, Wetzlar, Germany) και τοποθετήθηκε σε ειδική συσκευή εναπόθεσης υλικού με εξάχνωση (SC7640, Polaron, Quorum Technologies Ltd, East Sussex, UK) με στόχο χρυσού (εικόνα 2.19). Η επιχρυσώση πραγματοποιήθηκε εντός 1min με ένταση ρεύματος 15mA παρουσία αερίου Αργού και αφού είχε προηγηθεί κενό 2×10^{-2} mbar.



Εικόνα 2.19. Συσκευή εναπόθεσης υλικού με εξάχνωση

2.5.4.4 Σάρωση των δοκιμίων στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο

Η σάρωση των δοκιμίων έγινε στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (JSM-5310, JEOL Ltd, Tokyo, Japan) (εικόνα 2.17) υπό τάση 25kV, απόσταση εργασίας 20mm και μεγέθυνση x2000.

2.6 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

2.6.1 Μικροβιολογική μελέτη

Η στατιστική επεξεργασία για τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας των διαφόρων χειρισμών έγινε με την ανάλυση της διακύμανσης (one way-ANOVA) σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05 στους δεκαδικούς λογαρίθμους ($\log_{10}$) των βιώσιμων αναπαραγωγικών μονάδων. Οι ανά δύο συγκρίσεις των διαφόρων χειρισμών έγιναν με τη δοκιμή Tukey. Στις περιπτώσεις που κάποιος χειρισμός εμφάνισε έστω και μία φορά μικροβιακό φορτίο σε κάποια επανάληψη, ενώ σε άλλες μηδενικό, έγινε η ακόλουθη παραδοχή: ο μηδενικός πληθυσμός αντικαταστάθηκε με 1 (το όριο ανίχνευσης της μεθόδου είναι 10 βιώσιμες αναπαραγωγικές μονάδες / δισκίο) ώστε να μπορέσει να συμπεριληφθεί ο χειρισμός αυτός στη στατιστική ανάλυση. Οι χειρισμοί που ποτέ δεν εμφάνισαν μικροβιακό φορτίο, δεν συμπεριλήφθησαν στη

στατιστική ανάλυση. Οι στατιστικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν μέσω του λογισμικού SigmaStat v3.5 (Systat software, Inc, Chicago, Illinois). Ένα δείγμα θεωρούνταν ως απολυμασμένο αν η μείωση του βακτηριακού φορτίου ήταν υψηλότερη από 3 λογαριθμικές μονάδες (Mosteller and Bishop, 1993, Guilhermetti *et al.*, 2010, EN 1500, 1997).

2.6.2 Μελέτη μεταβολής διαστάσεων αποτυπωτικών υλικών

Η στατιστική ανάλυση της μεταβολής διαστάσεων των δοκιμίων που εξετάστηκαν έγινε με το μη-παραμετρικό τεστ Wilcoxon όσον αφορά τη μεταβολή της κάθε ομάδας δοκιμίων χωριστά, σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05. Οι ανά δύο συγκρίσεις των διαφόρων ομάδων δοκιμίων πραγματοποιήθηκαν με το μη-παραμετρικό τεστ Mann-Whitney σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05. Οι στατιστικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν μέσω του λογισμικού SPSS v.21 (IBM, Armonk, New York, USA).

2.6.3 Μελέτη μεταβολής διαστάσεων ατομικών δισκαρίων

Η στατιστική ανάλυση της μεταβολής διαστάσεων των αποστάσεων και των επιφανειών που εξετάστηκαν έγινε με το μη-παραμετρικό τεστ Wilcoxon όσον αφορά τη μεταβολή της κάθε ομάδας δοκιμίων χωριστά, σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05. Οι ανά δύο συγκρίσεις των διαφόρων αποστάσεων και επιφανειών πραγματοποιήθηκαν με το μη-παραμετρικό τεστ Mann-Whitney σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05. Οι στατιστικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν μέσω του λογισμικού SPSS v.21 (IBM, Armonk, New York, USA).

2.6.4 Στατιστική σημαντικότητα

Η στατιστική σημαντικότητα μεταξύ των μέσων στα διάφορα διαγράμματα που παρατίθενται στο κεφάλαιο των αποτελεσμάτων συμβολίζεται με τη μη ύπαρξη κοινών γραμμμάτων πάνω από τον κάθε μέσο. Αν υπάρχει έστω και ένα κοινό γράμμα ανάμεσα σε δύο μέσους, τότε δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Αν δεν υπάρχει κανένα κοινό γράμμα ανάμεσα στους δυο μέσους, τότε υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων.

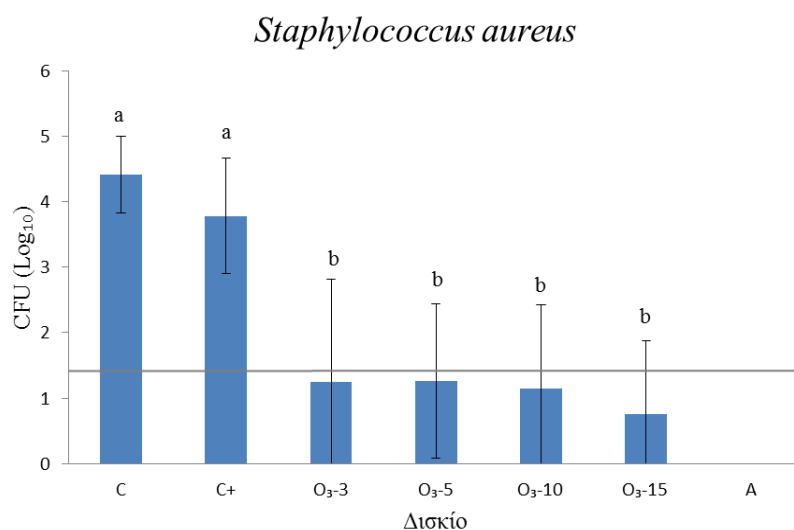
Η έκφραση της στατιστικής σημαντικότητας μεταβολής διαστάσεων για συγκεκριμένο υλικό και συγκεκριμένη μέθοδο απολύμανσης, πραγματοποιείται με την ύπαρξη αστερίσκου πάνω από τον συγκεκριμένο μέσο στα διαγράμματα που παρατίθενται στο κεφάλαιο των αποτελεσμάτων.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

3.1.1 Βακτηριολογική μελέτη υπό συνθήκες εργαστηρίου

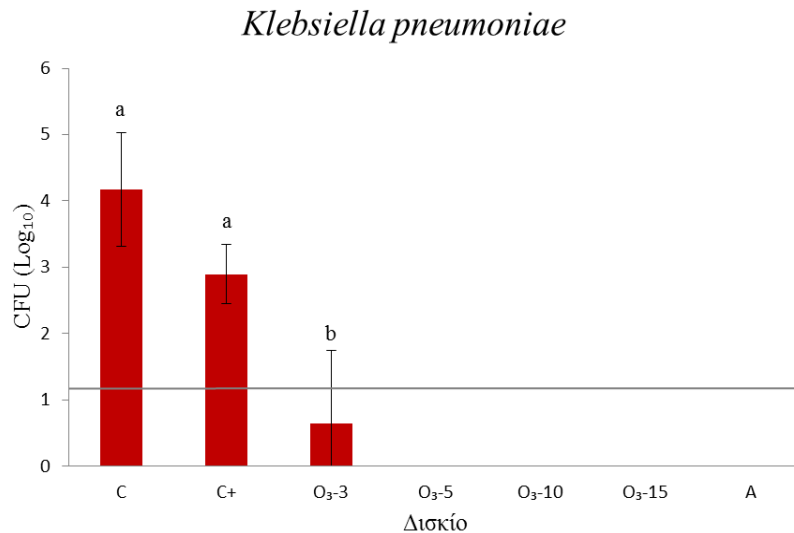
Τα αποτελέσματα των διαφόρων χειρισμών για τα στέλεχη *Staphylococcus aureus* και *Klebsiella pneumoniae* φαίνονται στα διαγράμματα 3.1 και 3.2, αντίστοιχα. Μετά την απολύμανση με το υγρό απολυμαντικό διάλυμα (Prosept[®] Impression, OCC, Fehraltorf, Switzerland), δεν εντοπίστηκαν βακτηριακά κύτταρα στην πειραματική διαδικασία και των δύο στελεχών. Στην περίπτωση του *S. aureus*, ο αριθμός των βακτηριακών αποικιών των μαρτύρων (C, C+) διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τους διάφορους χρόνους έκθεσης στο όζον (O₃-3, O₃-5, O₃-10, O₃-15) και από τον χειρισμό με απολυμαντικό (A) ($p < 0,05$), ενώ μεταξύ τους δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά. Παρατηρείται μείωση του βακτηριακού πληθυσμού τουλάχιστον κατά 3 λογαριθμικές μονάδες μετά από την έκθεση στο όζον τα πρώτα 3min. Οι τέσσερις διαφορετικοί χρόνοι έκθεσης στο όζον, δεν εμφάνισαν μεταξύ τους στατιστικά σημαντικές διαφορές και τα επίπεδα του βακτηριακού πληθυσμού παραμένουν σταθερά, παρά το γεγονός ότι ο χρόνος έκθεσης στο όζον σταδιακά αυξάνεται από 3 σε 15min. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρούνται και στην περίπτωση της *Kl.pneumoniae*, όπου μετά την έκθεση στο όζον για 5, 10 ή 15 λεπτά, κανένα βακτηριακό κύτταρο δεν επέζησε στα τρυβλία Petri. Το στέλεχος *Kl.pneumoniae* βρέθηκε ότι ήταν πιο ευαίσθητο στην έκθεση στο όζον από το στέλεχος *S.aureus*.



Διάγραμμα 3.1. Επίδραση του όζοντος στο στέλεχος *S.aureus*. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Tukey, $p < 0,05$, $n=5$). Η οριζόντια γραμμή αναπαριστά το όριο επίτευξης απολύμανσης (Mosteller and Bishop, 1993, Guilhermetti *et al.*, 2010, EN 1500, 1997)

<i>Staphylococcus aureus</i>					
Δείγμα	C ⁺	O ₃ -3	O ₃ -5	O ₃ -10	O ₃ -15
C	0,962	0,001	0,001	0,001	0,000
C ⁺		0,012	0,013	0,008	0,002
O ₃ -3			1,000	1,000	0,990
O ₃ -5				1,000	0,987
O ₃ -10					0,997

Πίνακας 3.1. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από την ανά δύο δείγματα σύγκριση με τη δοκιμή Tukey (One way – ANOVA) για το στέλεχος *S.aureus*



Διάγραμμα 3.2. Επίδραση του όζοντος στο στέλεχος *Kl.pneumoniae*. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Tukey, $p < 0,05$, $n=5$). Η οριζόντια γραμμή αναπαριστά το όριο επίτευξης απολύμανσης (Mosteller and Bishop, 1993, Guilhermetti *et al.*, 2010, EN 1500, 1997)

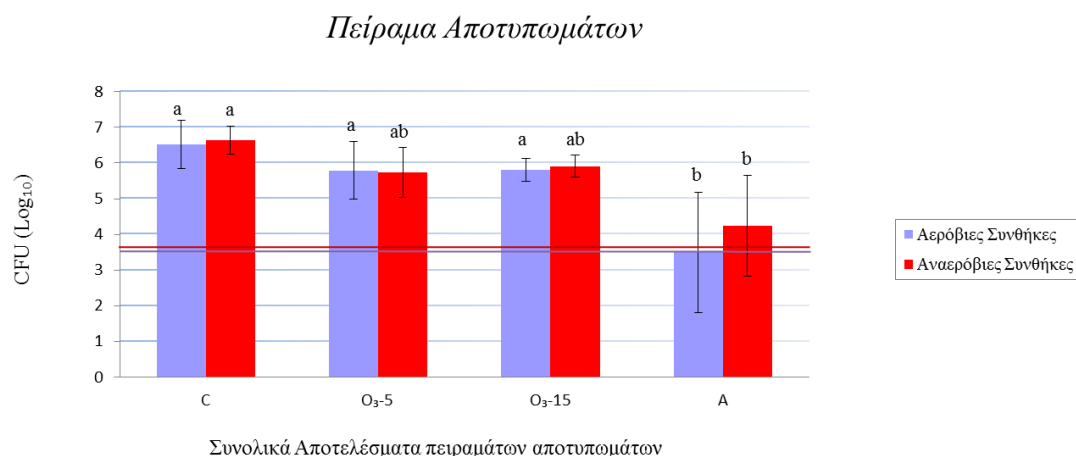
<i>Klebsiella pneumoniae</i>		
Δείγμα	C ⁺	O ₃ -3
C	0,136	0,000
C ⁺		0,003

Πίνακας 3.2. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από την ανά δύο δείγματα σύγκριση με τη δοκιμή Tukey (One way – ANOVA) για το στέλεχος *Kl.pneumoniae*

3.1.2 Βακτηριολογική μελέτη υπό συνθήκες καθημερινής οδοντιατρικής πράξης

Τα συνολικά αποτελέσματα των πειραμάτων με τα αποτυπώματα υπό συνθήκες καθημερινής οδοντιατρικής πράξης φαίνονται στο διάγραμμα 3.3. Αναφορικά με τα ολικά αερόβια, τα δείγματα των μαρτύρων δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά συγκρινόμενα με τα δείγματα που εκτέθηκαν στο όζον, αλλά όλα τα προαναφερθέντα δείγματα (C, 5min, 15min) διαφέρουν στατιστικά σημαντικά συγκρινόμενα με τα δείγματα που απολυμάνθηκαν με χρήση χημικών παραγόντων. Τα αποτελέσματα των ολικά αναερόβιων είναι παρόμοια, με τη διαφορά της

μεγαλύτερης ανθεκτικότητας των βακτηρίων στο απολυμαντικό διάλυμα και της μη υπάρξεως στατιστικά σημαντικής διαφοράς των εκτεθειμένων στο όζον δειγμάτων με το δείγμα που απολυμάνθηκε με χρήση χημικών παραγόντων. Επιπροσθέτως, είναι ορατή μια μικρή άνοδος του βακτηριακού φορτίου από το δείγμα O₃-5 στο δείγμα O₃-15. Τα αποτελέσματα των μεμονομένων πειραμάτων του κάθε ασθενή φαίνονται στα διαγράμματα 3.4-3.7.



Διάγραμμα 3.3. Επίδραση του όζοντος στα ολικά αερόβια και αναερόβια βακτήρια από το σύνολο των πειραμάτων. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Tukey, $p < 0,05$, $n=4$). Η οριζόντια μώβ γραμμή αναπαριστά το όριο επίτευξης απολύμανσης για τις αερόβιες συνθήκες, ενώ η οριζόντια κόκκινη γραμμή αναπαριστά το όριο επίτευξης απολύμανσης για τις αναερόβιες συνθήκες (Mosteller and Bishop, 1993, Guilhermetti *et al.*, 2010, EN 1500, 1997)

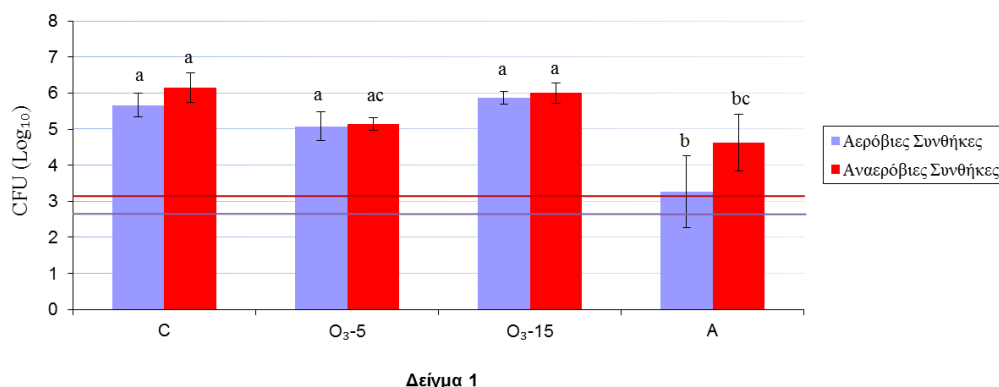
Πείραμα Αποτυπωμάτων (Αερόβιες συνθήκες)			
Δείγμα	O ₃ -5	O ₃ -15	A
C	0,745	0,756	0,005
O ₃ -5		1,000	0,032
O ₃ -15			0,031

Πίνακας 3.3. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από την ανά δύο δείγματα σύγκριση με τη δοκιμή Tukey (One way – ANOVA) για το σύνολο των ασθενών (Αερόβιες συνθήκες)

Πείραμα Αποτυπωμάτων (Αναερόβιες συνθήκες)			
Δείγμα	O ₃ -5	O ₃ -15	A
C	0,439	0,611	0,007
O ₃ -5		0,990	0,103
O ₃ -15			0,061

Πίνακας 3.4. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από την ανά δύο δείγματα σύγκριση με τη δοκιμή Tukey (One way – ANOVA) για το σύνολο των ασθενών (Αναερόβιες συνθήκες)

Ασθενής #1



Διάγραμμα 3.4. Επίδραση του όζοντος στα ολικά αερόβια και αναερόβια βακτήρια από το πείραμα του ασθενή #1. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Tukey, $p < 0,05$, $n=4$). Η οριζόντια μώβ γραμμή αναπαριστά το όριο επίτευξης απολύμανσης για τις αερόβιες συνθήκες, ενώ η οριζόντια κόκκινη γραμμή αναπαριστά το όριο επίτευξης απολύμανσης για τις αναερόβιες συνθήκες (Mosteller and Bishop, 1993, Guilhermetti *et al.*, 2010, EN 1500, 1997)

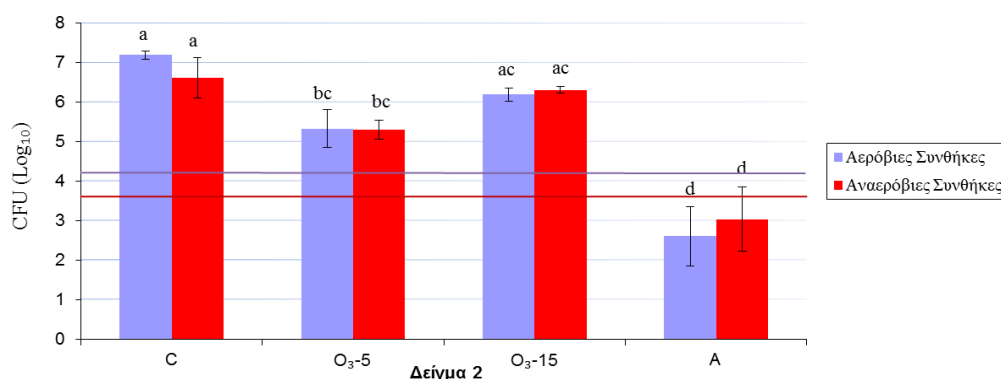
Ασθενής #1 (Αερόβιες συνθήκες)			
Δείγμα	O ₃ -5	O ₃ -15	A
C	0,610	0,969	0,004
O ₃ -5		0,380	0,018
O ₃ -15			0,002

Πίνακας 3.5. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από την ανά δύο δείγματα σύγκριση με τη δοκιμή Tukey (One way – ANOVA) για τον ασθενή #1 (Αερόβιες συνθήκες)

Ασθενής #1 (Αναερόβιες συνθήκες)			
Δείγμα	O ₃ -5	O ₃ -15	A
C	0,115	0,980	0,017
O ₃ -5		0,194	0,558
O ₃ -15			0,029

Πίνακας 3.6. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από την ανά δύο δείγματα σύγκριση με τη δοκιμή Tukey (One way – ANOVA) για τον ασθενή #1 (Αναερόβιες συνθήκες)

Ασθενής #2



Διάγραμμα 3.5. Επίδραση του όζοντος στα ολικά αερόβια και αναερόβια βακτήρια από το πείραμα του ασθενή #2. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Tukey, $p < 0,05$, $n=4$). Η οριζόντια μώβ γραμμή αναπαριστά το όριο επίτευξης απολύμανσης για τις αερόβιες συνθήκες, ενώ η οριζόντια κόκκινη γραμμή αναπαριστά το όριο επίτευξης απολύμανσης για τις αναερόβιες συνθήκες (Mosteller and Bishop, 1993, Guilhermetti *et al.*, 2010, EN 1500, 1997)

Ασθενής #2 (Αερόβιες συνθήκες)

Δείγμα	O ₃ -5	O ₃ -15	A
C	0,005	0,101	0,000
O ₃ -5		0,173	0,000
O ₃ -15			0,000

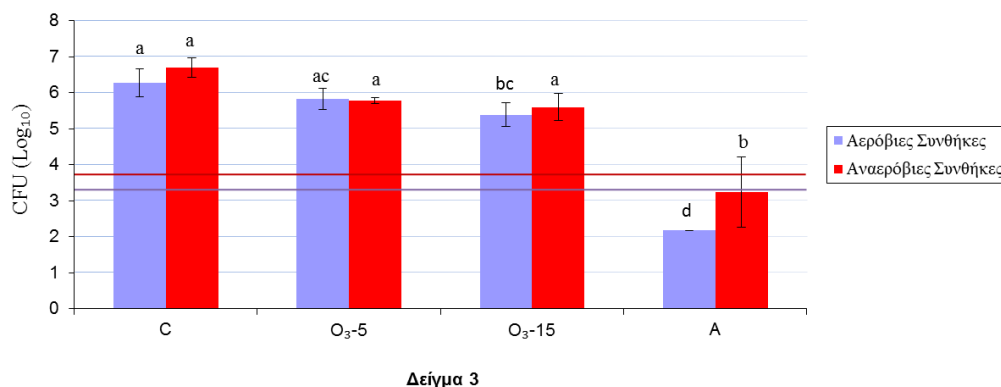
Πίνακας 3.7. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από την ανά δύο δείγματα σύγκριση με τη δοκιμή Tukey (One way – ANOVA) για τον ασθενή #2 (Αερόβιες συνθήκες)

Ασθενής #2 (Αναερόβιες συνθήκες)

Δείγμα	O ₃ -5	O ₃ -15	A
C	0,047	0,879	0,000
O ₃ -5		0,132	0,002
O ₃ -15			0,000

Πίνακας 3.8. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από την ανά δύο δείγματα σύγκριση με τη δοκιμή Tukey (One way – ANOVA) για τον ασθενή #2 (Αναερόβιες συνθήκες)

Ασθενής #3



Διάγραμμα 3.6. Επίδραση του όζοντος στα ολικά αερόβια και αναερόβια βακτήρια από το πείραμα του ασθενή #3. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Tukey, $p < 0,05$, $n=4$). Η οριζόντια μώβ γραμμή αναπαριστά το όριο επίτευξης απολύμανσης για τις αερόβιες συνθήκες, ενώ η οριζόντια κόκκινη γραμμή αναπαριστά το όριο επίτευξης απολύμανσης για τις αναερόβιες συνθήκες (Mosteller and Bishop, 1993, Guilhermetti *et al.*, 2010, EN 1500, 1997)

Ασθενής #3 (Αερόβιες συνθήκες)

Δείγμα	O ₃ -	O ₃ -15	A
C	0,311	0,024	0,000
O ₃ -5		0,319	0,000
O ₃ -15			0,000

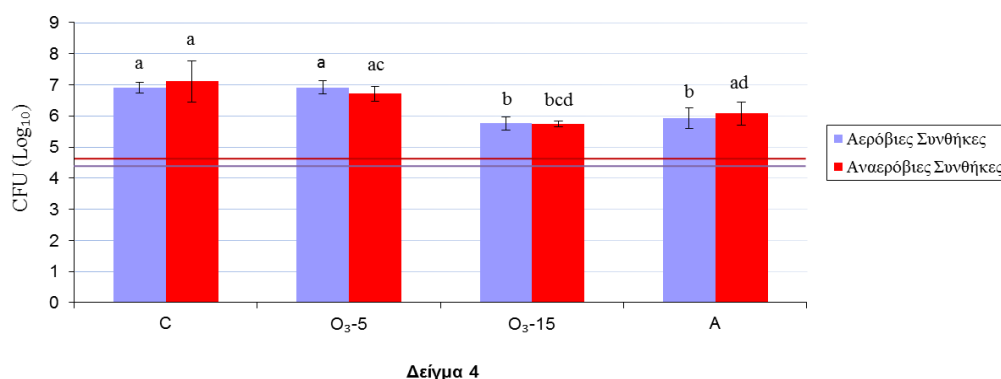
Πίνακας 3.9. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από την ανά δύο δείγματα σύγκριση με τη δοκιμή Tukey (One way – ANOVA) για τον ασθενή #3 (Αερόβιες συνθήκες)

Ασθενής #3 (Αναερόβιες συνθήκες)

Δείγμα	O ₃ -5	O ₃ -15	A
C	0,236	0,133	0,000
O ₃ -5		0,973	0,002
O ₃ -15			0,003

Πίνακας 3.10. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από την ανά δύο δείγματα σύγκριση με τη δοκιμή Tukey (One way – ANOVA) για τον ασθενή #3 (Αναερόβιες συνθήκες)

Ασθενής #4



Δείγμα 4

Διάγραμμα 3.7. Επίδραση του όζοντος στα ολικά αερόβια και αναερόβια βακτήρια από το πείραμα του ασθενή #4. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Tukey, $p < 0,05$, $n=4$). Η οριζόντια μώβ γραμμή αναπαριστά το όριο επίτευξης απολύμανσης για τις αερόβιες συνθήκες, ενώ η οριζόντια κόκκινη γραμμή αναπαριστά το όριο επίτευξης απολύμανσης για τις αναερόβιες συνθήκες (Mosteller and Bishop, 1993, Guilhermetti *et al.*, 2010, EN 1500, 1997)

Ασθενής #4 (Αερόβιες συνθήκες)

Δείγμα	O ₃ -5	O ₃ -15	A
C	1,000	0,002	0,005
O ₃ -5		0,002	0,005
O ₃ -15			0,836

Πίνακας 3.11. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από την ανά δύο δείγματα σύγκριση με τη δοκιμή Tukey (One way – ANOVA) για τον ασθενή #4 (Αερόβιες συνθήκες)

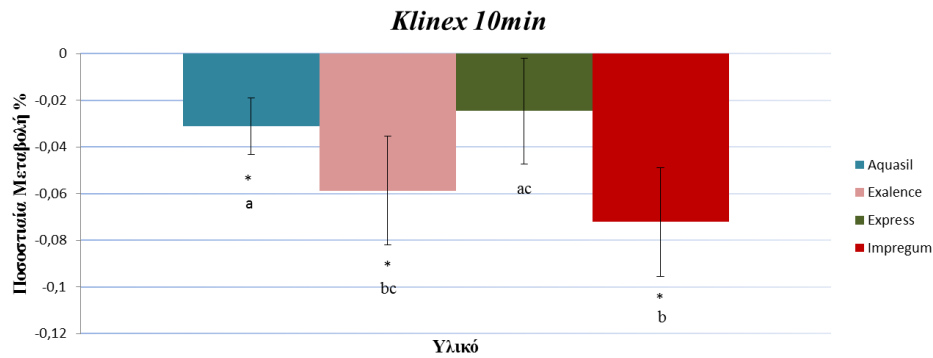
Ασθενής #4 (Αναερόβιες συνθήκες)

Δείγμα	O ₃ -5	O ₃ -15	A
C	0,625	0,012	0,052
O ₃ -5		0,068	0,283
O ₃ -15			0,734

Πίνακας 3.12. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από την ανά δύο δείγματα σύγκριση με τη δοκιμή Tukey (One way – ANOVA) για τον ασθενή #4 (Αναερόβιες συνθήκες)

3.2 ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Τα συνολικά αποτελέσματα των πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν κατά τη μελέτη μεταβολής διαστάσεων παρατίθενται στα διαγράμματα 3.8-3.17. Στα διαγράμματα 3.8-3.13 παρατηρείται η ποσοστιαία μεταβολή διαστάσεων των τεσσάρων αποτυπωτικών υλικών σε συνάρτηση με την απολύμαντική μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε. Είναι εμφανές ότι στην περίπτωση της απολύμανσης με όζον, ανεξαρτήτως χρόνου, παρουσιάζονται οι μικρότερες, μη στατιστικά σημαντικές μεταβολές διαστάσεων. Επίσης, δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα τέσσερα υλικά με τη συγκεκριμένη μέθοδο απολύμανσης με όζον. Με όλες τις άλλες μεθόδους απολύμανσης που χρησιμοποιήθηκαν, παρουσιάζονται εν γένει στατιστικά σημαντικές μεταβολές διαστάσεων ανα υλικό, όπως επίσης και στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των υλικών ανά μέθοδο απολύμανσης. Στα διαγράμματα 3.14-3.17 παρατηρείται η ποσοστιαία μεταβολή που επιφέρουν οι έξι απολύμαντικές μέθοδοι ανά υλικό. Είναι εμφανές και σε αυτά τα διαγράμματα ότι η απολύμανση με όζον επιφέρει τις μικρότερες μη στατιστικά σημαντικές μεταβολές διαστάσεων στα τέσσερα υλικά και ότι εν γένει η απολύμανση με όζον, ανεξαρτήτως χρόνου, διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τις υπόλοιπες μεθόδους απολύμανσης.



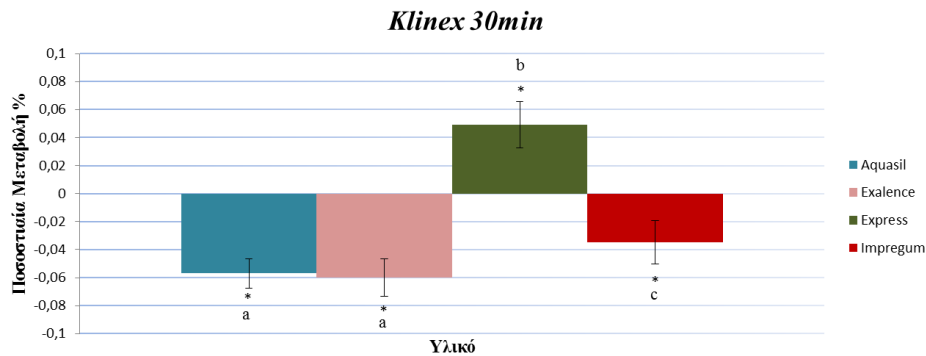
Διάγραμμα 3.8. Η ποσοστιαία μεταβολή % που επέρχεται με την επίδραση του υποχλωριώδους νατρίου (Klinex) για χρονικό διάστημα 10 λεπτών της ώρας στα 4 διαφορετικά αποτυπωτικά υλικά. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Ο αστερίσκος αντιστοιχεί σε υλικό το οποίο έχει στατιστικά σημαντική μεταβολή διαστάσεων με τη συγκεκριμένη μέθοδο απολύμανσης (Δοκιμή Wilcoxon, $p < 0,05$, $n = 5$). Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Mann-Whitney, $p < 0,05$, $n = 5$)

Klinex 10min			
Υλικό	Exalence	Express	Impregum
Aquasil	0,047	0,754	0,016
Exalence		0,076	0,347
Express			0,028

Πίνακας 3.13. Οι τιμές του p (p -values) που προέκυψαν από την ανά δύο υλικά σύγκριση με τη δοκιμή Mann-Whitney για τη μέθοδο απολύμανσης Klinex 10min

Klinex 10min	
Υλικό	p
Aquasil	0,043
Exalence	0,043
Express	0,066
Impregum	0,043

Πίνακας 3.14. Οι τιμές του p (p -values) που προέκυψαν από τη δοκιμή Wilcoxon για κάθε υλικό ξεχωριστά για τη μέθοδο απολύμανσης Klinex 10min



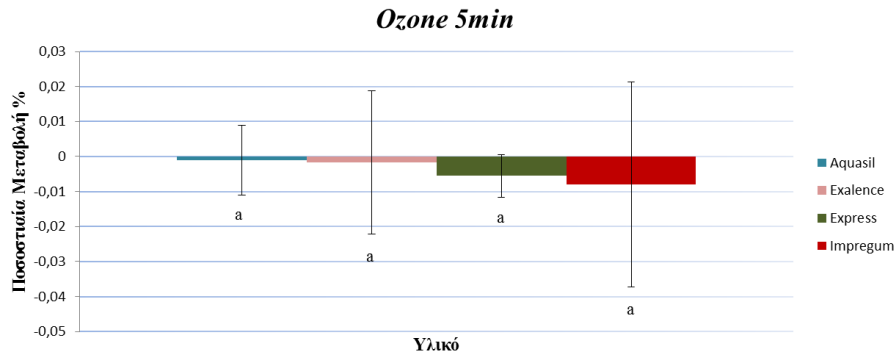
Διάγραμμα 3.9. Η ποσοστιαία μεταβολή % που επέρχεται με την επίδραση του υποχλωριώδους νατρίου (Klinex) για χρονικό διάστημα 30 λεπτών της ώρας στα 4 διαφορετικά αποτυπωτικά υλικά. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Ο αστερίσκος αντιστοιχεί σε υλικό το οποίο έχει στατιστικά σημαντική μεταβολή διαστάσεων με τη συγκεκριμένη μέθοδο απολύμανσης (Δοκιμή Wilcoxon, $p < 0,05$, $n=5$). Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Mann-Whitney, $p < 0,05$, $n=5$)

Klinex 30min			
Υλικό	Exalence	Express	Impregum
Aquasil	0,917	0,009	0,028
Exalence		0,009	0,009
Express			0,009

Πίνακας 3.15. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από την ανά δύο υλικά σύγκριση με τη δοκιμή Mann-Whitney για τη μέθοδο απολύμανσης Klinex 30min

Klinex 30min	
Υλικό	p
Aquasil	0,043
Exalence	0,043
Express	0,043
Impregum	0,043

Πίνακας 3.16. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από τη δοκιμή Wilcoxon για κάθε υλικό ξεχωριστά για τη μέθοδο απολύμανσης Klinex 30min



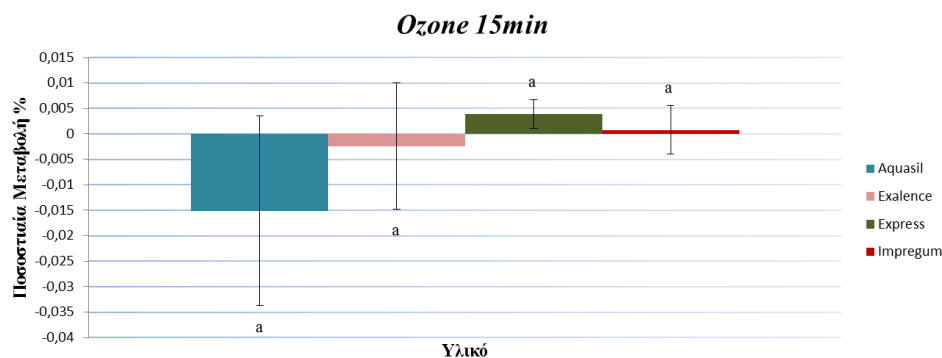
Διάγραμμα 3.10. Η ποσοστιαία μεταβολή % που επέρχεται με την επίδραση του όζοντος για χρονικό διάστημα 5 λεπτών της ώρας στα 4 διαφορετικά αποτυπωτικά υλικά. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Ο αστερίσκος αντιστοιχεί σε υλικό το οποίο έχει στατιστικά σημαντική μεταβολή διαστάσεων με τη συγκεκριμένη μέθοδο απολύμανσης (Δοκιμή Wilcoxon, $p < 0,05$, $n=5$). Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Mann-Whitney, $p < 0,05$, $n=5$)

Ozone 5min			
Υλικό	Exalence	Express	Impregum
Aquasil	0,917	0,465	0,917
Exalence		0,347	0,754
Express			0,917

Πίνακας 3.17. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από την ανά δύο υλικά σύγκριση με τη δοκιμή Mann-Whitney για τη μέθοδο απολύμανσης Ozone 5min

Ozone 5min	
Υλικό	p
Aquasil	0,715
Exalence	0,893
Express	0,102
Impregum	0,500

Πίνακας 3.18. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από τη δοκιμή Wilcoxon για κάθε υλικό ξεχωριστά για τη μέθοδο απολύμανσης Ozone 5min



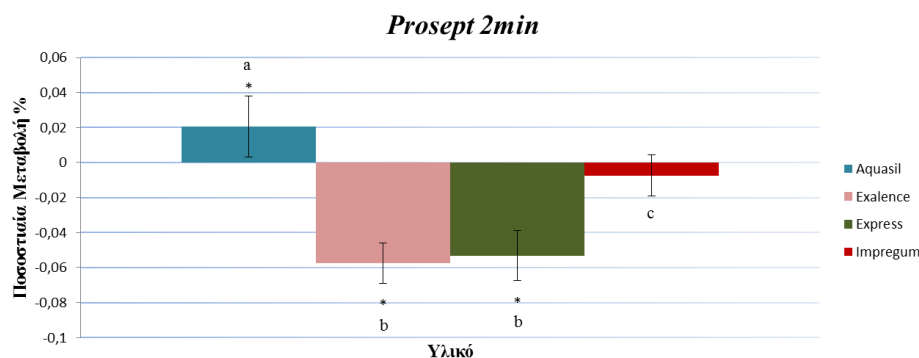
Διάγραμμα 3.11. Η ποσοστιαία μεταβολή % που επέρχεται με την επίδραση του όζοντος για χρονικό διάστημα 15 λεπτών της ώρας στα 4 διαφορετικά αποτυπωτικά υλικά. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Ο αστερίσκος αντιστοιχεί σε υλικό το οποίο έχει στατιστικά σημαντική μεταβολή διαστάσεων με τη συγκεκριμένη μέθοδο απολύμανσης (Δοκιμή Wilcoxon, $p < 0,05$, $n = 5$). Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Mann-Whitney, $p < 0,05$, $n = 5$).

Ozone 15min			
Υλικό	Exalence	Express	Impregum
Aquasil	0,347	0,117	0,346
Exalence		0,175	0,600
Express			0,169

Πίνακας 3.19. Οι τιμές του p (p -values) που προέκυψαν από την ανά δύο υλικά σύγκριση με τη δοκιμή Mann-Whitney για τη μέθοδο απολύμανσης Ozone 15min

Ozone 15min	
Υλικό	p
Aquasil	0,223
Exalence	0,854
Express	0,109
Impregum	0,655

Πίνακας 3.20. Οι τιμές του p (p -values) που προέκυψαν από τη δοκιμή Wilcoxon για κάθε υλικό ξεχωριστά για τη μέθοδο απολύμανσης Ozone 15min



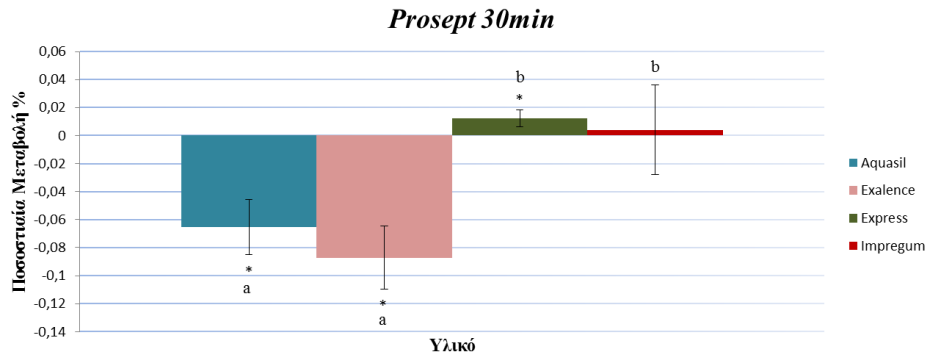
Διάγραμμα 3.12. Η ποσοστιαία μεταβολή % που επέρχεται με την επίδραση του χλωριούχου βενζαλκονίου (Prosept) για χρονικό διάστημα 2 λεπτών της ώρας στα 4 διαφορετικά αποτυπωτικά υλικά. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Ο αστερίσκος αντιστοιχεί σε υλικό το οποίο έχει στατιστικά σημαντική μεταβολή διαστάσεων με τη συγκεκριμένη μέθοδο απολύμανσης (Δοκιμή Wilcoxon, $p < 0,05$, $n=5$). Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Mann-Whitney, $p < 0,05$, $n=5$)

Prosept 2min			
Υλικό	Exalence	Express	Impregum
Aquasil	0,009	0,009	0,009
Exalence		0,465	0,009
Express			0,009

Πίνακας 3.21. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από την ανά δύο υλικά σύγκριση με τη δοκιμή Mann-Whitney για τη μέθοδο απολύμανσης Prosept 2min

Prosept 2min	
Υλικό	p
Aquasil	0,041
Exalence	0,042
Express	0,043
Impregum	0,109

Πίνακας 3.22. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από τη δοκιμή Wilcoxon για κάθε υλικό ξεχωριστά για τη μέθοδο απολύμανσης Prosept 2min



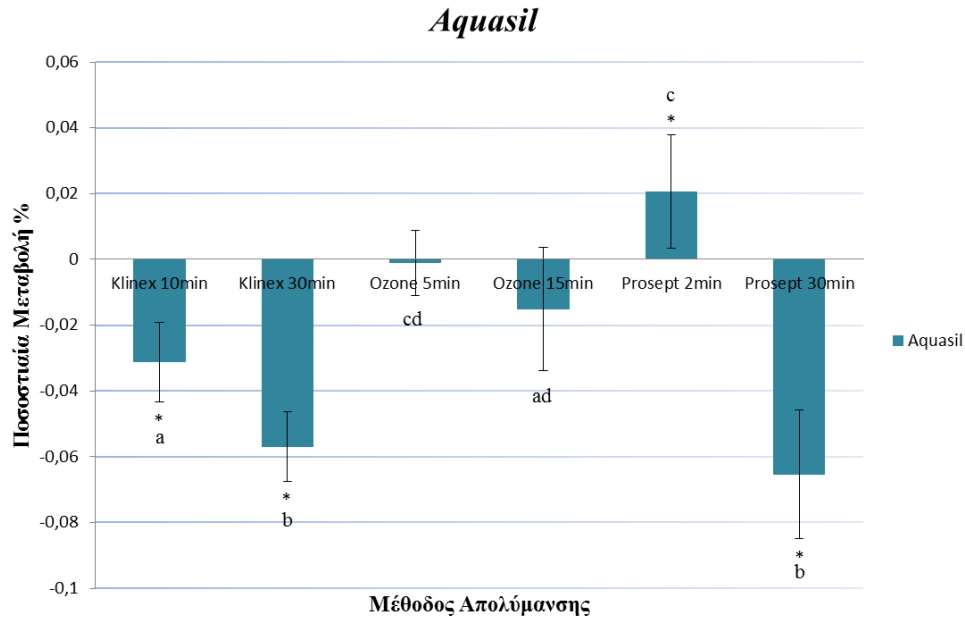
Διάγραμμα 3.13. Η ποσοστιαία μεταβολή % που επέρχεται με την επίδραση του χλωριούχου βενζαλκονίου (Prosept) για χρονικό διάστημα 30 λεπτών της ώρας στα 4 διαφορετικά αποτυπωτικά υλικά. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Ο αστερίσκος αντιστοιχεί σε υλικό το οποίο έχει στατιστικά σημαντική μεταβολή διαστάσεων με τη συγκεκριμένη μέθοδο απολύμανσης (Δοκιμή Wilcoxon, $p < 0,05$, $n=5$). Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Mann-Whitney, $p < 0,05$, $n=5$)

Prosept 30min			
Υλικό	Exalence	Express	Impregum
Aquasil	0,175	0,009	0,009
Exalence		0,009	0,009
Express			0,917

Πίνακας 3.23. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από την ανά δύο υλικά σύγκριση με τη δοκιμή Mann-Whitney για τη μέθοδο απολύμανσης Prosept 30min

Prosept 30min	
Υλικό	p
Aquasil	0,043
Exalence	0,043
Express	0,042
Impregum	0,683

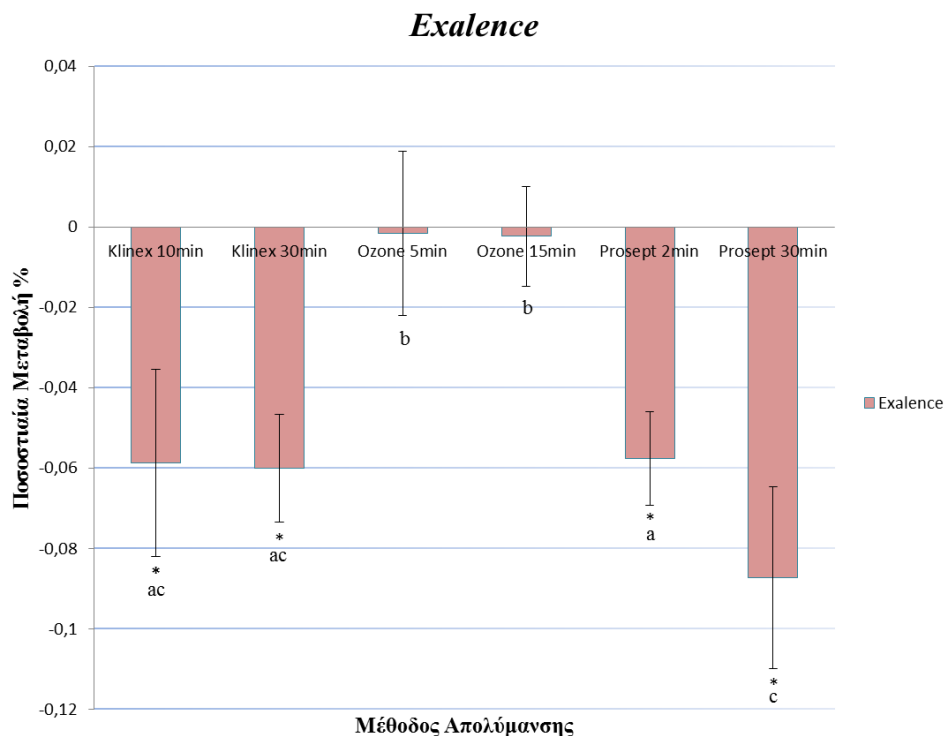
Πίνακας 3.24. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από τη δοκιμή Wilcoxon για κάθε υλικό ξεχωριστά για τη μέθοδο απολύμανσης Prosept 30min



Διάγραμμα 3.14. Η ποσοστιαία μεταβολή % που επέρχεται με την επίδραση των διαφόρων απολυμαντικών μεθόδων στο αποτυπωτικό υλικό Aquasil. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Ο αστερίσκος αντιστοιχεί σε υλικό το οποίο έχει στατιστικά σημαντική μεταβολή διαστάσεων με τη συγκεκριμένη μέθοδο απολύμανσης (Δοκιμή Wilcoxon, $p < 0,05$, $n=5$). Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Mann-Whitney, $p < 0,05$, $n=5$).

Aquasil					
Μέθοδος Απολύμανσης	Klinex 30min	Ozone 5min	Ozone 15min	Prosept 2min	Prosept 30min
Klinex 10min	0,016	0,016	0,175	0,009	0,009
Klinex 30min		0,009	0,009	0,009	0,602
Ozone 5min			0,175	0,076	0,009
Ozone 15min				0,028	0,009
Prosept 2min					0,009

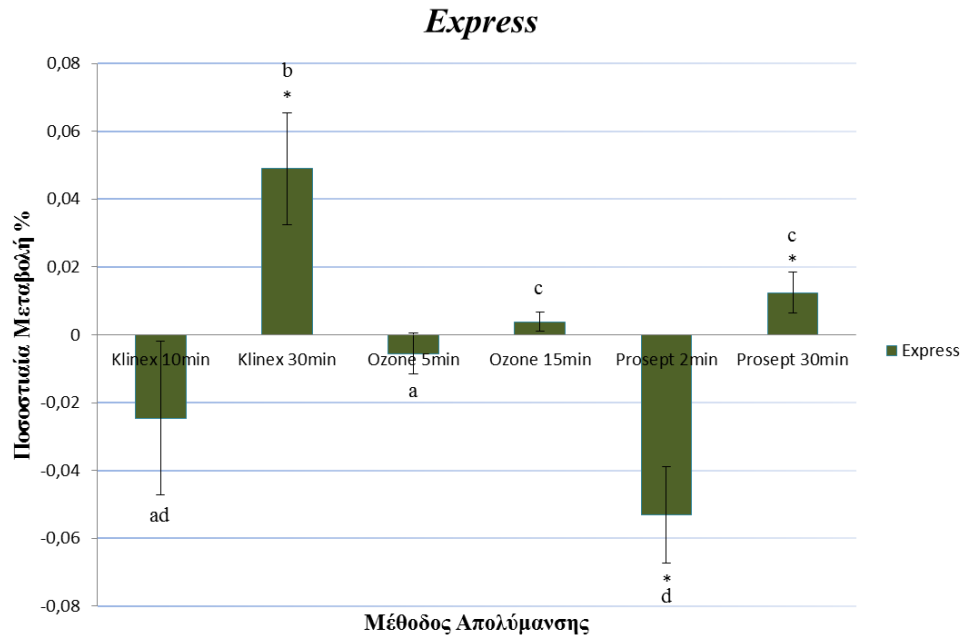
Πίνακας 3.25. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από την ανά δύο απολυμαντικές μεθόδους σύγκριση με τη δοκιμή Mann-Whitney για το υλικό Aquasil



Διάγραμμα 3.15. Η ποσοστιαία μεταβολή % που επέρχεται με την επίδραση των διαφόρων απολυμαντικών μεθόδων στο αποτυπωτικό υλικό Exalence. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Ο αστερίσκος αντιστοιχεί σε υλικό το οποίο έχει στατιστικά σημαντική μεταβολή διαστάσεων με τη συγκεκριμένη μέθοδο απολύμανσης (Δοκιμή Wilcoxon, $p < 0,05$, $n = 5$). Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Mann-Whitney, $p < 0,05$, $n = 5$).

Exalence					
Μέθοδος Απολύμανσης	Klinex 30min	Ozone 5min	Ozone 15min	Prosept 2min	Prosept 30min
Klinex10min	0,602	0,009	0,009	0,917	0,076
Klinex 30min		0,009	0,009	0,754	0,076
Ozone 5min			0,602	0,009	0,009
Ozone 15min				0,009	0,009
Prosept 2min					0,028

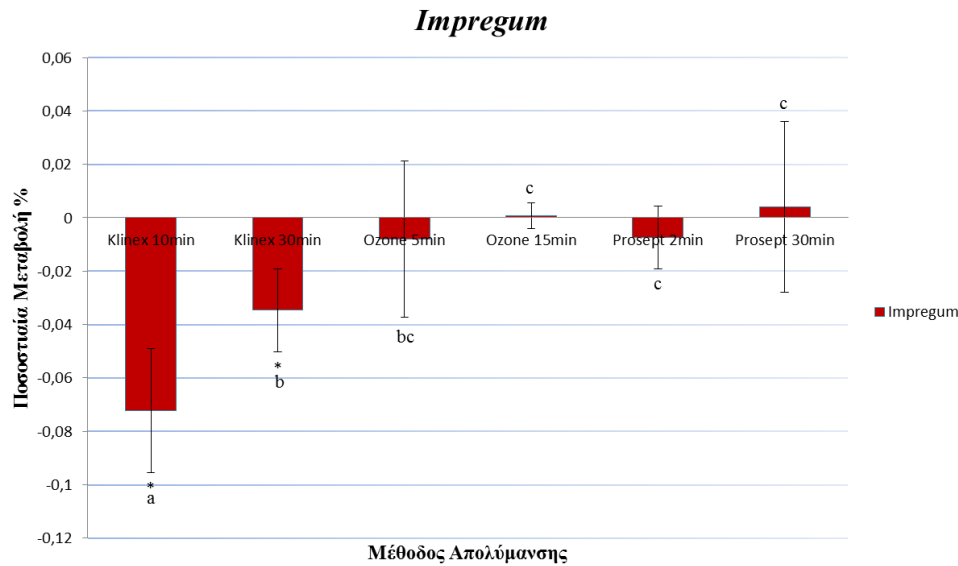
Πίνακας 3.26. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από την ανά δύο απολυμαντικές μεθόδους σύγκριση με τη δοκιμή Mann-Whitney για το υλικό Exalence



Διάγραμμα 3.16. Η ποσοστιαία μεταβολή % που επέρχεται με την επίδραση των διαφόρων απολυμαντικών μεθόδων στο αποτυπωτικό υλικό Express. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Ο αστερίσκος αντιστοιχεί σε υλικό το οποίο έχει στατιστικά σημαντική μεταβολή διαστάσεων με τη συγκεκριμένη μέθοδο απολύμανσης (Δοκιμή Wilcoxon, $p < 0,05$, $n = 5$). Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Mann-Whitney, $p < 0,05$, $n = 5$)

Express					
Μέθοδος Απολύμανσης	Klinex 30min	Ozone 5min	Ozone 15min	Prosept 2min	Prosept 30min
Klinex10min	0,009	0,251	0,016	0,076	0,009
Klinex 30min		0,009	0,009	0,009	0,009
Ozone 5min			0,016	0,009	0,009
Ozone 15min				0,009	0,076
Prosept 2min					0,009

Πίνακας 3.27. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από την ανά δύο απολυμαντικές μεθόδους σύγκριση με τη δοκιμή Mann-Whitney για το υλικό Express



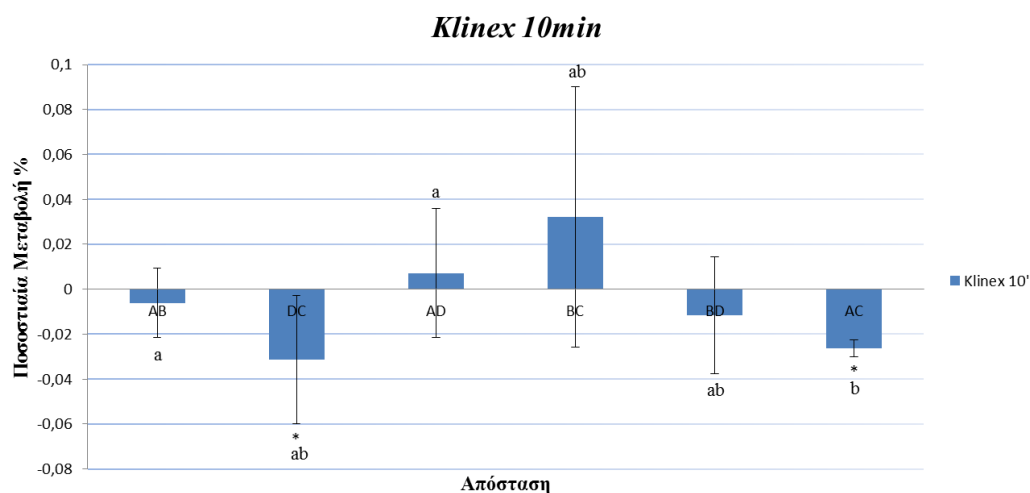
Διάγραμμα 3.17. Η ποσοστιαία μεταβολή % που επέρχεται με την επίδραση των διαφόρων απολυμαντικών μεθόδων στο αποτυπωτικό υλικό Impregum. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Ο αστερίσκος αντιστοιχεί σε υλικό το οποίο έχει στατιστικά σημαντική μεταβολή διαστάσεων με τη συγκεκριμένη μέθοδο απολύμανσης (Δοκιμή Wilcoxon, $p < 0,05$, $n = 5$). Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Mann-Whitney, $p < 0,05$, $n = 5$)

Impregum					
Μέθοδος Απολύμανσης	Klinefex 30min	Ozone 5min	Ozone 15min	Prosept 2min	Prosept 30min
Klinefex10min	0,047	0,016	0,009	0,009	0,016
Klinefex 30min		0,175	0,009	0,016	0,047
Ozone 5min			0,753	0,754	0,602
Ozone 15min				0,169	0,600
Prosept 2min					0,465

Πίνακας 3.28. Οι τιμές του p (p -values) που προέκυψαν από την ανά δύο απολυμαντικές μεθόδους σύγκριση με τη δοκιμή Mann-Whitney για το υλικό Impregum

3.3 ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΤΟΜΙΚΩΝ ΔΙΣΚΑΡΙΩΝ

Τα συνολικά αποτελέσματα των πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν κατά τη μελέτη μεταβολής διαστάσεων παρατίθενται στα διαγράμματα 3.18-3.30. Στα διαγράμματα 3.18-3.23 παρατηρείται η ποσοστιαία μεταβολή διαστάσεων των 6 αποστάσεων (εικόνα 2.16) σε συνάρτηση με την απολυμαντική μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε. Στα διαγράμματα 3.24-3.29 παρατηρείται η ποσοστιαία μεταβολή διαστάσεων της κάθε αποστασης ξεχωριστά σε συνάρτηση με την κάθε απολυμαντική μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε. Είναι εμφανές ότι λόγω του μεγάλου αριθμού των αποστάσεων που μετρήθηκαν σε συνάρτηση με τις πολλές απολυμαντικές μεθόδους (διαγράμματα 3.18-3.29), δεν είναι δυνατόν να εξαχθούν εύκολα τα συμπεράσματα για την πιο αποτελεσματική μέθοδο απολύμανσης. Όμως, στο διάγραμμα 3.30, όπου διακρίνονται οι ποσοστιαίες μεταβολές των εμβαδών που εσωκλείονται στις 4 καρφίδες των ατομικών δισκαρίων σε συνάρτηση με τις απολυμαντικές μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν είναι εμφανές ότι η μέθοδος απολύμανσης με χλωριούχο βενζαλκόνιο για 30 λεπτά της ώρας αποδεικνύεται ότι επιφέρει τις μεγαλύτερες μεταβολές διαστάσεων, οι οποίες παράλληλα είναι στατιστικά σημαντικές.



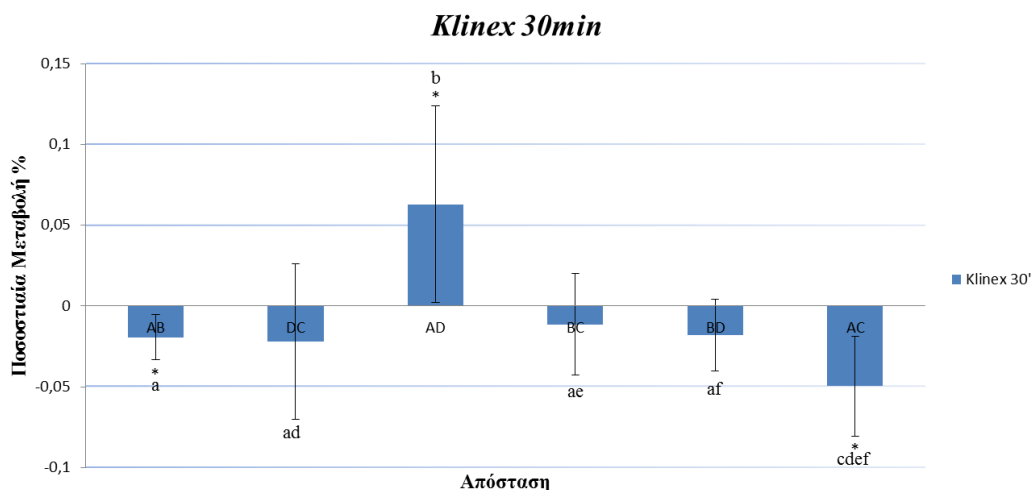
Διάγραμμα 3.18. Η ποσοστιαία μεταβολή % που επέρχεται με την επίδραση του υποχλωριώδους νατρίου (Klinex) για χρονικό διάστημα 10 λεπτών της ώρας στις 6 διαφορετικές αποστάσεις των ατομικών δισκαρίων. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Οι αστερίσκοι αντιστοιχούν σε αποστάσεις οι οποίες έχουν στατιστικά σημαντική μεταβολή με τη συγκεκριμένη μέθοδο απολύμανσης (Δοκιμή Wilcoxon, $p < 0,05$, $n = 5$). Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Mann-Whitney, $p < 0,05$, $n = 5$)

Klinex 10min					
Απόσταση	DC	AD	BC	BD	AC
AB	0,076	0,465	0,117	0,917	0,028
DC		0,076	0,076	0,251	0,602
AD			0,347	0,347	0,047
BC				0,175	0,117
BD					0,175

Πίνακας 3.29. Οι τιμές του p (p -values) που προέκυψαν από την ανά δύο αποστάσεις σύγκριση με τη δοκιμή Mann-Whitney για τη μέθοδο απολύμανσης Klinex 10min (εικόνα 2.16)

Klinex 10min	
Απόσταση	p
AB	0,273
DC	0,043
AD	0,686
BC	0,225
BD	0,345
AC	0,042

Πίνακας 3.30. Οι τιμές του p (p -values) που προέκυψαν από τη δοκιμή Wilcoxon για κάθε απόσταση ξεχωριστά για τη μέθοδο απολύμανσης Klinex 10min (εικόνα 2.16)



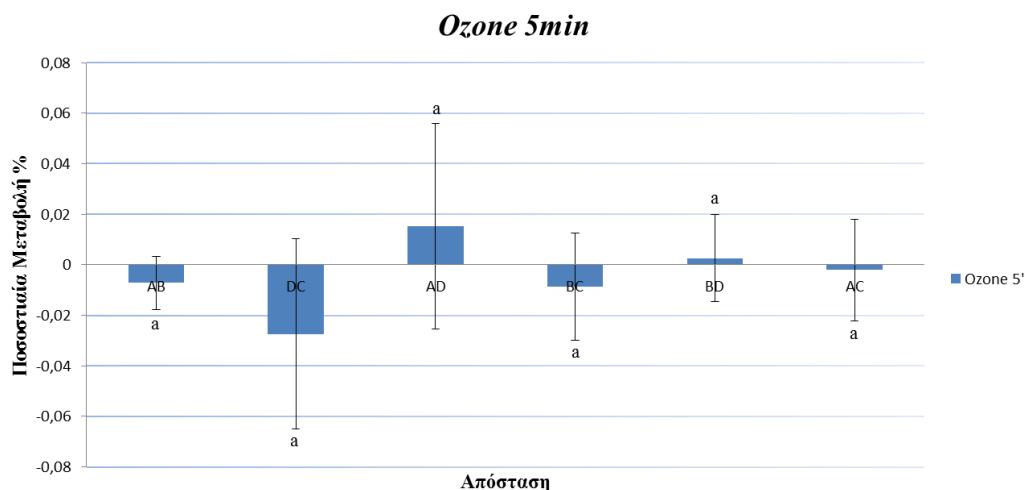
Διάγραμμα 3.19. Η ποσοστιαία μεταβολή % που επέρχεται με την επίδραση του υποχλωριώδους νατρίου (Klinex) για χρονικό διάστημα 30 λεπτών της ώρας στις 6 διαφορετικές αποστάσεις των ατομικών δισκαρίων. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Οι αστερίσκοι αντιστοιχούν σε αποστάσεις οι οποίες έχουν στατιστικά σημαντική μεταβολή με τη συγκεκριμένη μέθοδο απολύμανσης (Δοκιμή Wilcoxon, $p < 0,05$, $n = 5$). Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Mann-Whitney, $p < 0,05$, $n = 5$)

Klinex 30min					
Απόσταση	DC	AD	BC	BD	AC
AB	0,754	0,009	0,754	0,754	0,047
DC		0,047	0,754	0,917	0,347
AD			0,047	0,009	0,009
BC				0,602	0,117
BD					0,175

Πίνακας 3.31. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από την ανά δύο αποστάσεις σύγκριση με τη δοκιμή Mann-Whitney για τη μέθοδο απολύμανσης Klinex 30min (εικόνα 2.16)

Klinex 30min	
Απόσταση	p
AB	0,042
DC	0,225
AD	0,043
BC	0,500
BD	0,104
AC	0,043

Πίνακας 3.32. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από τη δοκιμή Wilcoxon για κάθε απόσταση ξεχωριστά για τη μέθοδο απολύμανσης Klinex 30min (εικόνα 2.16)



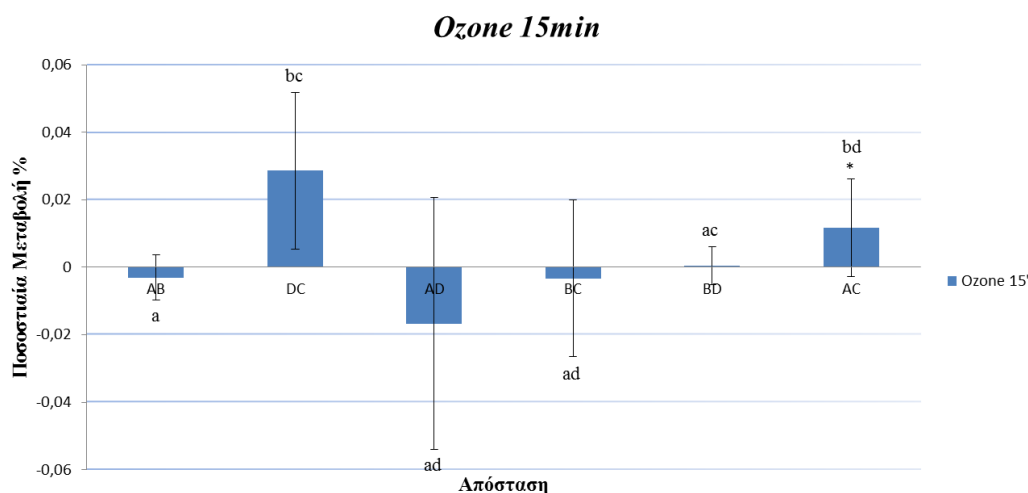
Διάγραμμα 3.20. Η ποσοστιαία μεταβολή % που επέρχεται με την επίδραση του όζοντος για χρονικό διάστημα 5 λεπτών της ώρας στις 6 διαφορετικές αποστάσεις των ατομικών δισκαρίων. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Δεν υπάρχει απόσταση η οποία να έχει στατιστικά σημαντική μεταβολή με τη συγκεκριμένη μέθοδο απολύμανσης (Δοκιμή Wilcoxon, $p < 0,05$, $n=5$). Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Mann-Whitney, $p < 0,05$, $n=5$)

Ozone 5min					
Απόσταση	DC	AD	BC	BD	AC
AB	0,465	0,251	0,754	0,465	0,602
DC		0,117	0,347	0,175	0,251
AD			0,251	0,602	0,465
BC				0,465	0,602
BD					0,754

Πίνακας 3.33. Οι τιμές του p (p -values) που προέκυψαν από την ανά δύο αποστάσεις σύγκριση με τη δοκιμή Mann-Whitney για τη μέθοδο απολύμανσης Ozone 5min (εικόνα 2.16)

Ozone 5min	
Απόσταση	p
AB	0,144
DC	0,138
AD	0,500
BC	0,345
BD	0,686
AC	1,000

Πίνακας 3.34. Οι τιμές του p (p -values) που προέκυψαν από τη δοκιμή Wilcoxon για κάθε απόσταση ξεχωριστά για τη μέθοδο απολύμανσης Ozone 5min (εικόνα 2.16)



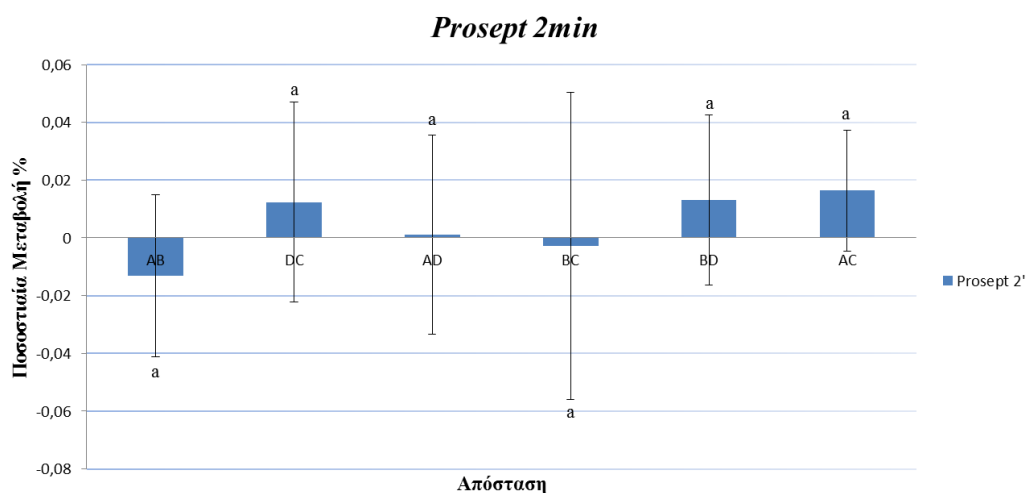
Διάγραμμα 3.21. Η ποσοστιαία μεταβολή % που επέρχεται με την επίδραση του όζοντος για χρονικό διάστημα 15 λεπτών της ώρας στις 6 διαφορετικές αποστάσεις των ατομικών δισκαρίων. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Ο αστερίσκος αντιστοιχεί σε απόσταση η οποία έχει στατιστικά σημαντική μεταβολή με τη συγκεκριμένη μέθοδο απολύμανσης (Δοκιμή Wilcoxon, $p < 0,05$, $n = 5$). Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Mann-Whitney, $p < 0,05$, $n = 5$)

Ozone 15min					
Απόσταση	DC	AD	BC	BD	AC
AB	0,047	0,463	0,917	0,917	0,028
DC		0,047	0,047	0,076	0,251
AD			0,753	0,753	0,075
BC				0,754	0,347
BD					0,047

Πίνακας 3.35. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από την ανά δύο αποστάσεις σύγκριση με τη δοκιμή Mann-Whitney για τη μέθοδο απολύμανσης Ozone 15min (εικόνα 2.16)

Ozone 15min	
Απόσταση	p
AB	0,465
DC	0,080
AD	0,285
BC	0,893
BD	0,686
AC	0,043

Πίνακας 3.36. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από τη δοκιμή Wilcoxon για κάθε απόσταση ξεχωριστά για τη μέθοδο απολύμανσης Ozone 15min (εικόνα 2.16)



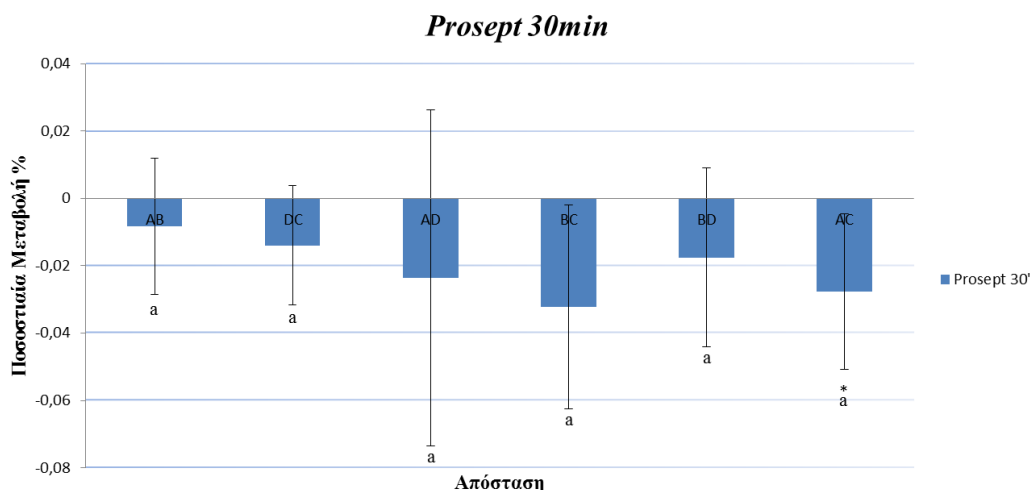
Διάγραμμα 3.22. Η ποσοστιαία μεταβολή % που επέρχεται με την επίδραση του χλωριούχου βενζαλκονίου (Prosept) για χρονικό διάστημα 2 λεπτών της ώρας στις 6 διαφορετικές αποστάσεις των ατομικών δισκαρίων. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Δεν υπάρχει απόσταση η οποία να έχει στατιστικά σημαντική μεταβολή με τη συγκεκριμένη μέθοδο απολύμανσης (Δοκιμή Wilcoxon, $p < 0,05$, $n = 5$). Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Mann-Whitney, $p < 0,05$, $n = 5$)

Prosept 2min					
Απόσταση	DC	AD	BC	BD	AC
AB	0,347	0,602	0,754	0,175	0,117
DC		0,602	0,754	0,754	0,754
AD			0,602	0,602	0,465
BC				0,465	0,465
BD					0,917

Πίνακας 3.37. Οι τιμές του p (p -values) που προέκυψαν από την ανά δύο αποστάσεις σύγκριση με τη δοκιμή Mann-Whitney για τη μέθοδο απολύμανσης Prosept 2min (εικόνα 2.16)

Prosept 2min	
Απόσταση	p
AB	0,345
DC	0,416
AD	0,893
BC	0,893
BD	0,345
AC	0,225

Πίνακας 3.38. Οι τιμές του p (p -values) που προέκυψαν από τη δοκιμή Wilcoxon για κάθε απόσταση ξεχωριστά για τη μέθοδο απολύμανσης Prosept 2min (εικόνα 2.16)



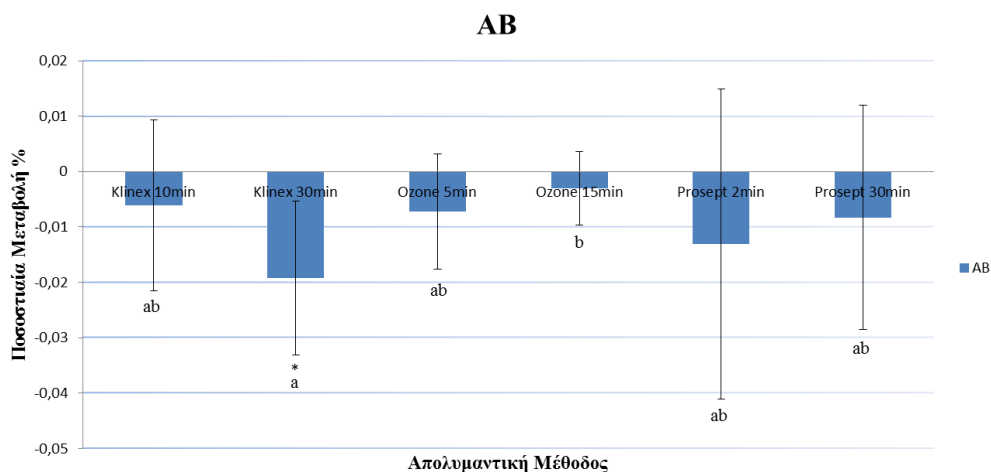
Διάγραμμα 3.23. Η ποσοστιαία μεταβολή % που επέρχεται με την επίδραση του χλωριούχου βενζαλκονίου (Prosept) για χρονικό διάστημα 30 λεπτών της ώρας στις 6 διαφορετικές αποστάσεις των ατομικών δισκαρίων. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Ο αστερίσκος αντιστοιχεί σε απόσταση η οποία έχει στατιστικά σημαντική μεταβολή με τη συγκεκριμένη μέθοδο απολύμανσης (Δοκιμή Wilcoxon, $p < 0,05$, $n = 5$). Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Mann-Whitney, $p < 0,05$, $n = 5$)

Prosept 30min					
Απόσταση	DC	AD	BC	BD	AC
AB	0,602	0,754	0,295	0,754	0,347
DC		0,754	0,602	0,917	0,465
AD			0,465	0,917	0,465
BC				0,251	0,754
BD					0,347

Πίνακας 3.39. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από την ανά δύο αποστάσεις σύγκριση με τη δοκιμή Mann-Whitney για τη μέθοδο απολύμανσης Prosept 30min (εικόνα 2.16)

Prosept 30min	
Απόσταση	p
AB	0,273
DC	0,138
AD	0,500
BC	0,068
BD	0,416
AC	0,043

Πίνακας 3.40. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από τη δοκιμή Wilcoxon για κάθε απόσταση ξεχωριστά για τη μέθοδο απολύμανσης Prosept 30min (εικόνα 2.16)

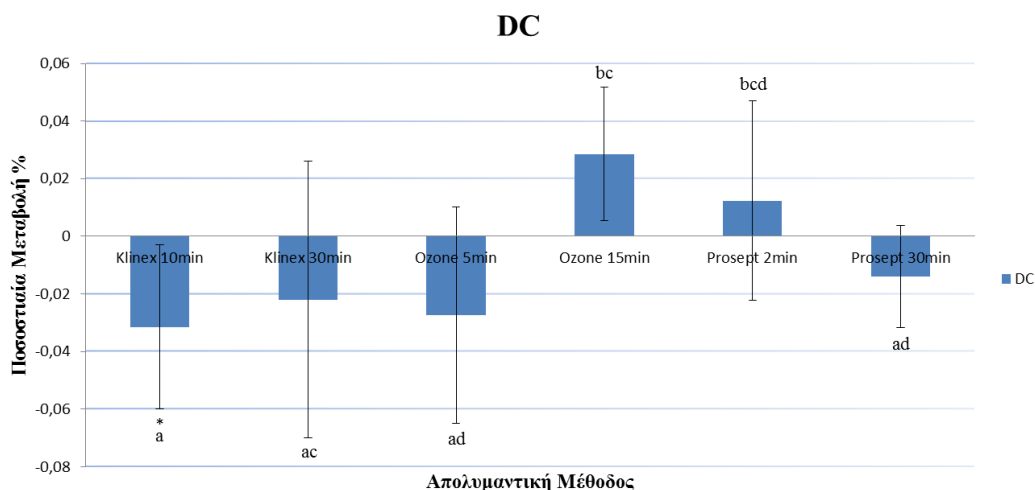


Διάγραμμα 3.24. Η ποσοστιαία μεταβολή % που επέρχεται στην απόσταση AB των ατομικών δισκαρίων με την επίδραση των διαφόρων απολυμαντικών μεθόδων. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Ο αστερίσκος αντιστοιχεί σε απολυμαντική μέθοδο η οποία παρουσιάζει στατιστικά σημαντική μεταβολή στη συγκεκριμένη απόσταση (Δοκιμή Wilcoxon, $p < 0,05$, $n = 5$). Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Mann-Whitney, $p < 0,05$, $n = 5$)

AB

Μέθοδος Απολύμανσης	Klinex 30min	Ozone 5min	Ozone 15min	Prosept 2min	Prosept 30min
Klinex10min	0,251	0,917	0,465	0,754	0,834
Klinex 30min		0,175	0,028	0,917	0,465
Ozone 5min			0,602	0,754	0,602
Ozone 15min				0,602	0,347
Prosept 2min					0,754

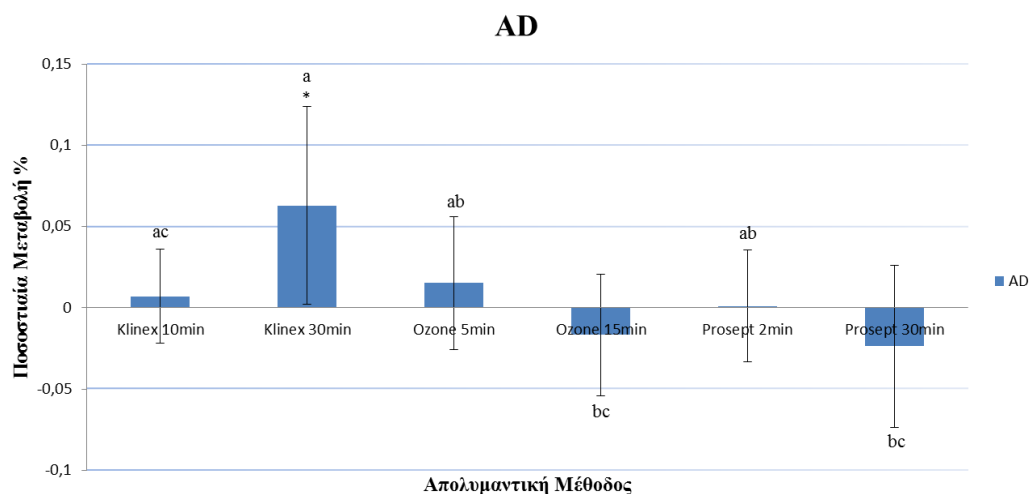
Πίνακας 3.41. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από την ανά δύο απολυμαντικές μεθόδους σύγκριση με τη δοκιμή Mann-Whitney για την απόσταση AB (εικόνα 2.16)



Διάγραμμα 3.25. Η ποσοστιαία μεταβολή % που επέρχεται στην απόσταση DC των ατομικών δισκαρίων με την επίδραση των διαφόρων απολυμαντικών μεθόδων. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Ο αστερίσκος αντιστοιχεί σε απολυμαντική μέθοδο η οποία παρουσιάζει στατιστικά σημαντική μεταβολή στη συγκεκριμένη απόσταση (Δοκιμή Wilcoxon, $p < 0,05$, $n=5$). Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Mann-Whitney, $p < 0,05$, $n=5$)

DC					
Μέθοδος	Klinex	Ozone	Ozone	Prosept	Prosept
Απολύμανσης	30min	5min	15min	2min	30min
Klinex 10min	0,602	0,754	0,009	0,047	0,465
Klinex 30min		0,754	0,076	0,117	0,917
Ozone 5min			0,016	0,117	0,754
Ozone 15min				0,602	0,016
Prosept 2min					0,251

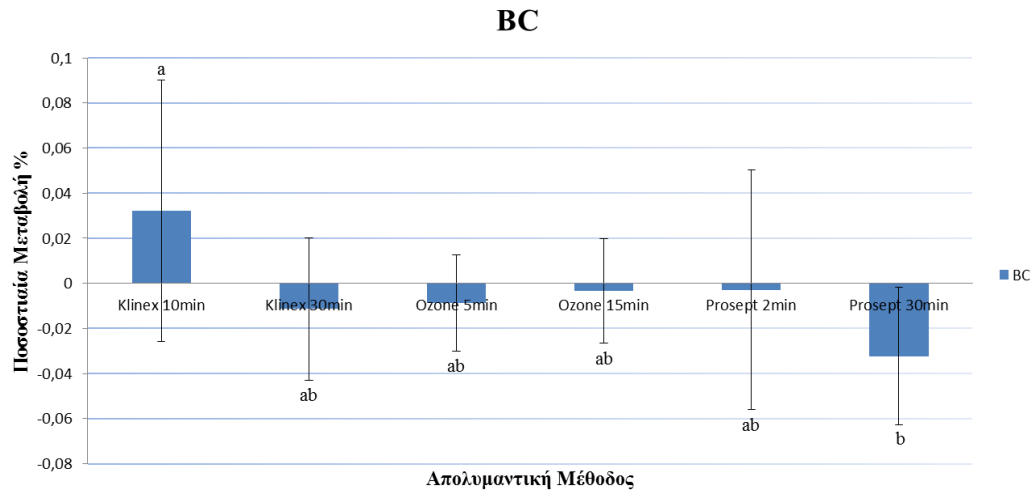
Πίνακας 3.42. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από την ανά δύο απολυμαντικές μεθόδους σύγκριση με τη δοκιμή Mann-Whitney για την απόσταση DC (εικόνα 2.16)



Διάγραμμα 3.26. Η ποσοστιαία μεταβολή % που επέρχεται στην απόσταση AD των ατομικών δισκαρίων με την επίδραση των διαφόρων απολυμαντικών μεθόδων. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Ο αστερίσκος αντιστοιχεί σε απολυμαντική μέθοδο η οποία παρουσιάζει στατιστικά σημαντική μεταβολή στη συγκεκριμένη απόσταση (Δοκιμή Wilcoxon, $p < 0,05$, $n=5$). Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Mann-Whitney, $p < 0,05$, $n=5$)

AD					
Μέθοδος Απολύμανσης	Klinex 30min	Ozone 5min	Ozone 15min	Prosept 2min	Prosept 30min
Klinex10min	0,175	0,754	0,346	0,754	0,347
Klinex 30min		0,251	0,016	0,175	0,047
Ozone 5min			0,346	0,602	0,347
Ozone 15min				0,346	0,917
Prosept 2min					0,251

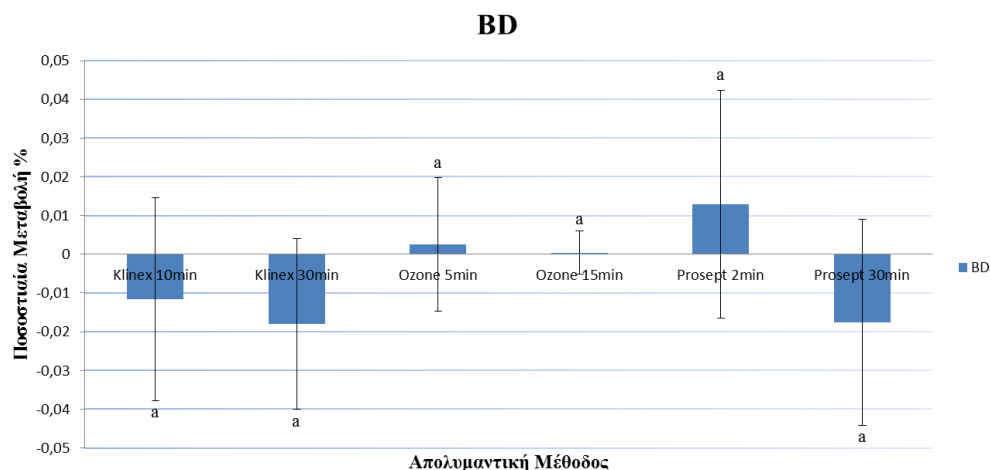
Πίνακας 3.43. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από την ανά δύο απολυμαντικές μεθόδους σύγκριση με τη δοκιμή Mann-Whitney για την απόσταση AD (εικόνα 2.16)



Διάγραμμα 3.27. Η ποσοστιαία μεταβολή % που επέρχεται στην απόσταση BC των ατομικών δισκαρίων με την επίδραση των διαφόρων απολυμαντικών μεθόδων. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Δεν υπάρχει απολυμαντική μέθοδος η οποία να παρουσιάζει στατιστικά σημαντική μεταβολή στη συγκεκριμένη απόσταση (Δοκιμή Wilcoxon, $p < 0,05$, $n = 5$). Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Mann-Whitney, $p < 0,05$, $n = 5$)

BC					
Μέθοδος	Klinex	Ozone	Ozone	Prosept	Prosept
Απολύμανσης	30min	5min	15min	2min	30min
Klinex 10min	0,251	0,175	0,251	0,251	0,047
Klinex 30min		0,754	0,754	0,917	0,347
Ozone 5min			0,754	0,754	0,251
Ozone 15min				0,754	0,175
Prosept 2min					0,251

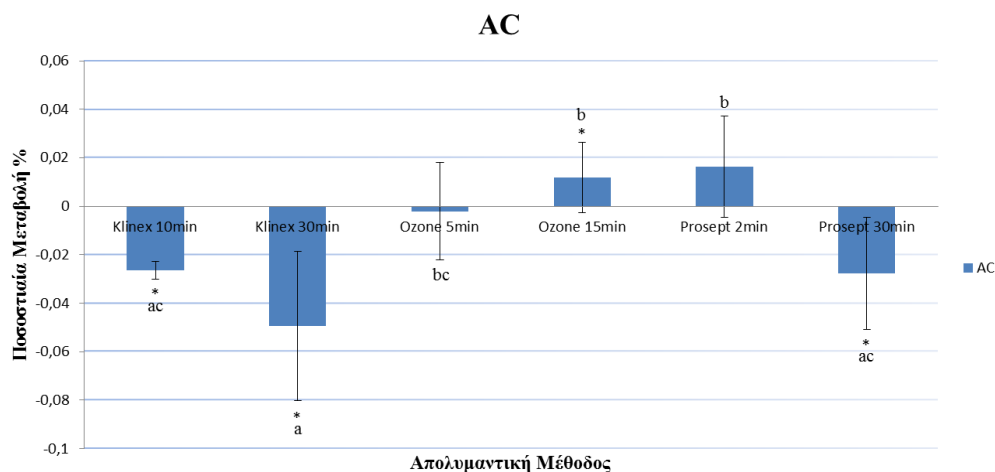
Πίνακας 3.44. Οι τιμές του p (p -values) ου προέκυψαν από την ανά δύο απολυμαντικές μεθόδους σύγκριση με τη δοκιμή Mann-Whitney για την απόσταση BC (εικόνα 2.16)



Διάγραμμα 3.28. Η ποσοστιαία μεταβολή % που επέρχεται στην απόσταση BD των ατομικών δισκαρίων με την επίδραση των διαφόρων απολυμαντικών μεθόδων. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Δεν υπάρχει απολυμαντική μέθοδος η οποία να παρουσιάζει στατιστικά σημαντική μεταβολή στη συγκεκριμένη απόσταση (Δοκιμή Wilcoxon, $p < 0,05$, $n = 5$). Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Mann-Whitney, $p < 0,05$, $n = 5$)

BD					
Μέθοδος Απολύμανσης	Klinex 30min	Ozone 5min	Ozone 15min	Prosept 2min	Prosept 30min
Klinex 10min	0,754	0,465	0,465	0,347	0,754
Klinex 30min		0,175	0,117	0,175	0,917
Ozone 5min			0,917	0,754	0,347
Ozone 15min				0,602	0,602
Prosept 2min					0,175

Πίνακας 3.45. Οι τιμές του p (p -values) που προέκυψαν από την ανά δύο απολυμαντικές μεθόδους σύγκριση με τη δοκιμή Mann-Whitney για την απόσταση BD (εικόνα 2.16)

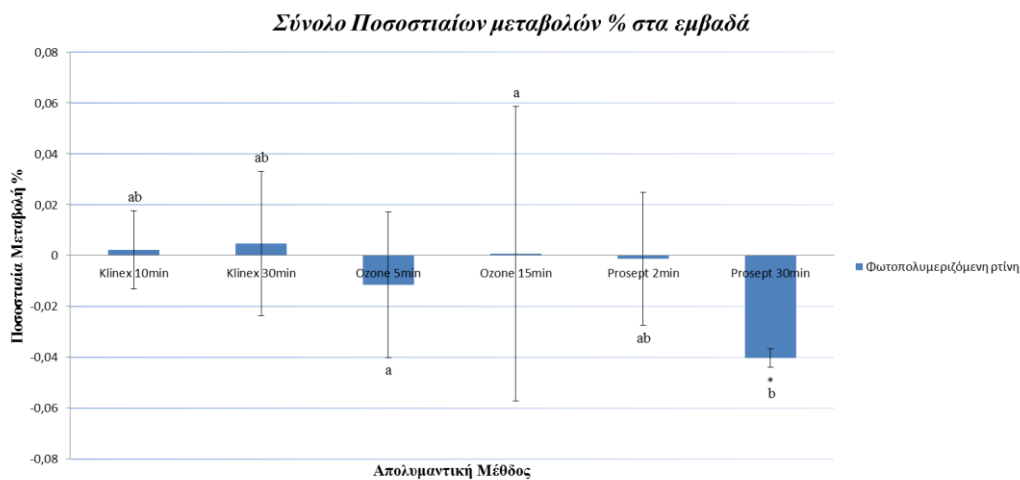


Διάγραμμα 3.29. Η ποσοστιαία μεταβολή % που επέρχεται στην απόσταση AC των ατομικών δισκαρίων με την επίδραση των διαφόρων απολυμαντικών μεθόδων. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Οι αστερίσκοι αντιστοιχούν σε απολυμαντικές μεθόδους οι οποίες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική μεταβολή στη συγκεκριμένη απόσταση (Δοκιμή Wilcoxon, $p < 0,05$, $n=5$). Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Mann-Whitney, $p < 0,05$, $n=5$)

AC

Μέθοδος	Klinex	Ozone	Ozone	Prosept	Prosept
Απολύμανσης	30min	5min	15min	2min	30min
Klinex10min	0,117	0,076	0,009	0,009	0,251
Klinex30min		0,016	0,009	0,009	0,175
Ozone5min			0,347	0,175	0,117
Ozone15min				0,917	0,009
Prosept2min					0,009

Πίνακας 3.46. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από την ανά δύο απολυμαντικές μεθόδους σύγκριση με τη δοκιμή Mann-Whitney για την απόσταση AC (εικόνα 2.16)



Διάγραμμα 3.30. Η ποσοστιαία μεταβολή % που επέρχεται στα εμβαδά των ατομικών δισκαρίων με την επίδραση των διαφόρων απολυμαντικών μεθόδων. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση. Ο αστερίσκος αντιστοιχεί σε απολυμαντική μέθοδο η οποία παρουσιάζει στατιστικά σημαντική μεταβολή στα ατομικά δισκάρια (Δοκιμή Wilcoxon, $p < 0,05$, $n=5$). Διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων (Δοκιμή Mann-Whitney, $p < 0,05$, $n=5$)

Σύνολο Ποσοστιαίων Μεταβολών %					
Μέθοδος Απολύμανσης	KlineX 30min	Ozone 5min	Ozone 15min	Prosept 2min	Prosept 30min
KlineX10min	0,754	0,251	0,602	0,602	0,076
KlineX 30min		0,347	0,602	0,754	0,076
Ozone 5min			0,251	0,465	0,047
Ozone 15min				0,917	0,009
Prosept 2min					0,117

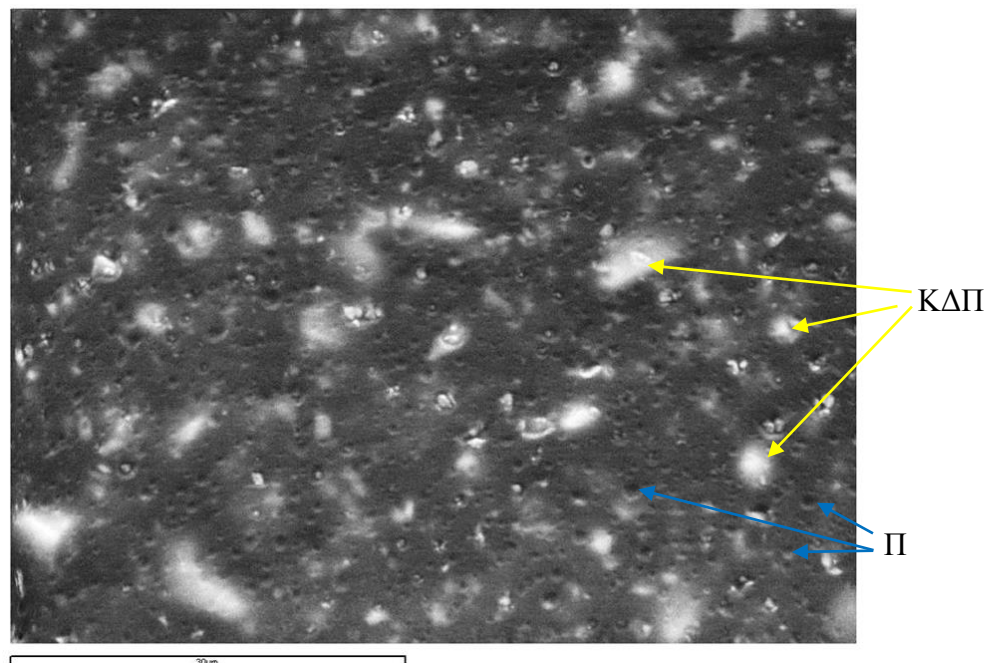
Πίνακας 3.47. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από την ανά δύο απολυμαντικές μεθόδους σύγκριση με τη δοκιμή Mann-Whitney για τα ατομικά δισκάρια (εικόνα 2.16)

Σύνολο Ποσοστιαίων Μεταβολών %	
Μέθοδος Απολύμανσης	p
KlineX10min	0,893
KlineX30min	0,893
Ozone5min	0,138
Ozone15min	0,686
Prosept2min	0,893
Prosept 30min	0,043

Πίνακας 3.48. Οι τιμές του p (p-values) που προέκυψαν από τη δοκιμή Wilcoxon για κάθε απολυμαντική μέθοδο για τα ατομικά δισκάρια (εικόνα 2.16)

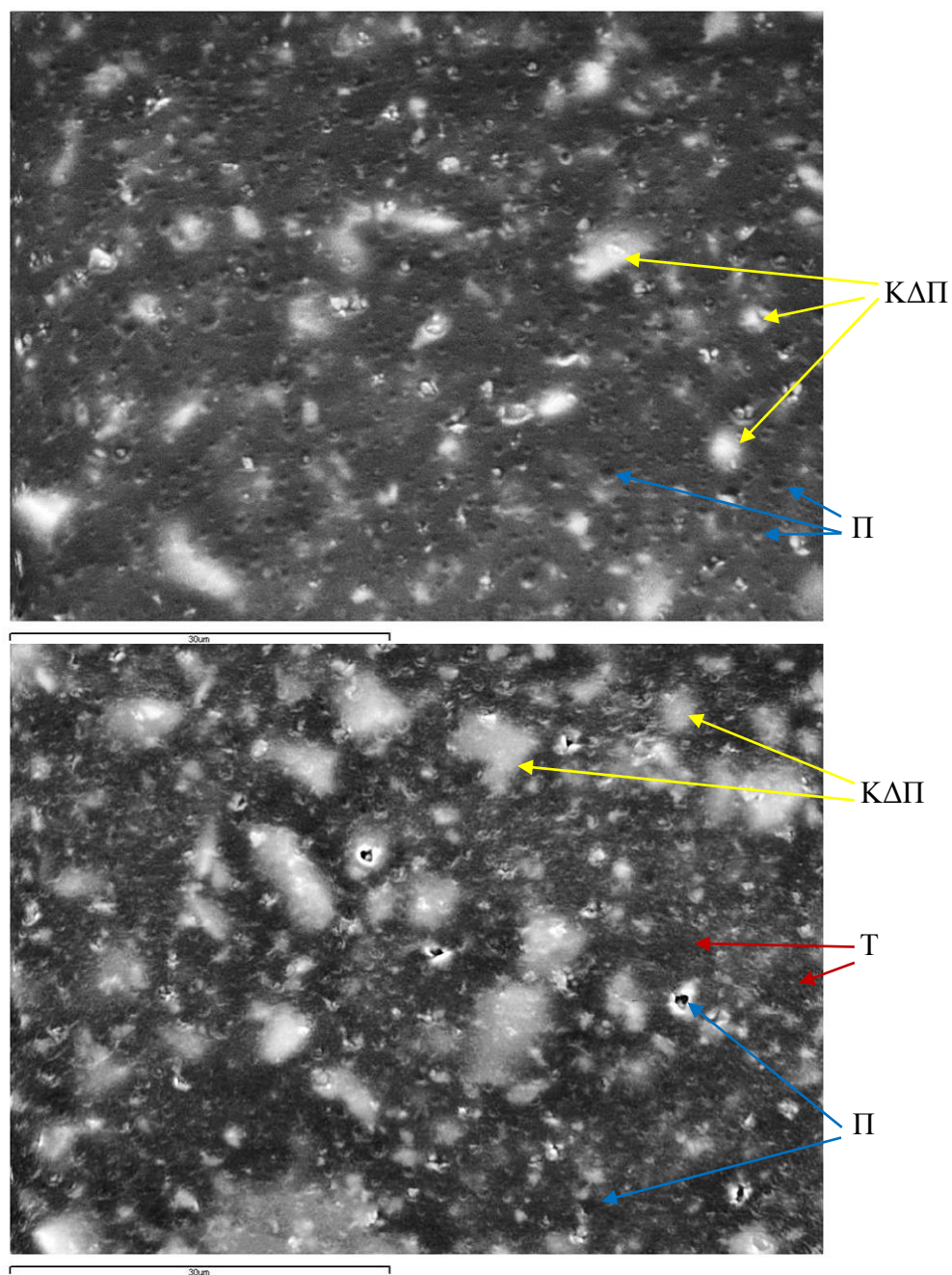
3.4 ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΕΛΑΣΤΟΜΕΡΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

3.4.1 Μελέτη επιφανειακής διάβρωσης του υλικού Exalence



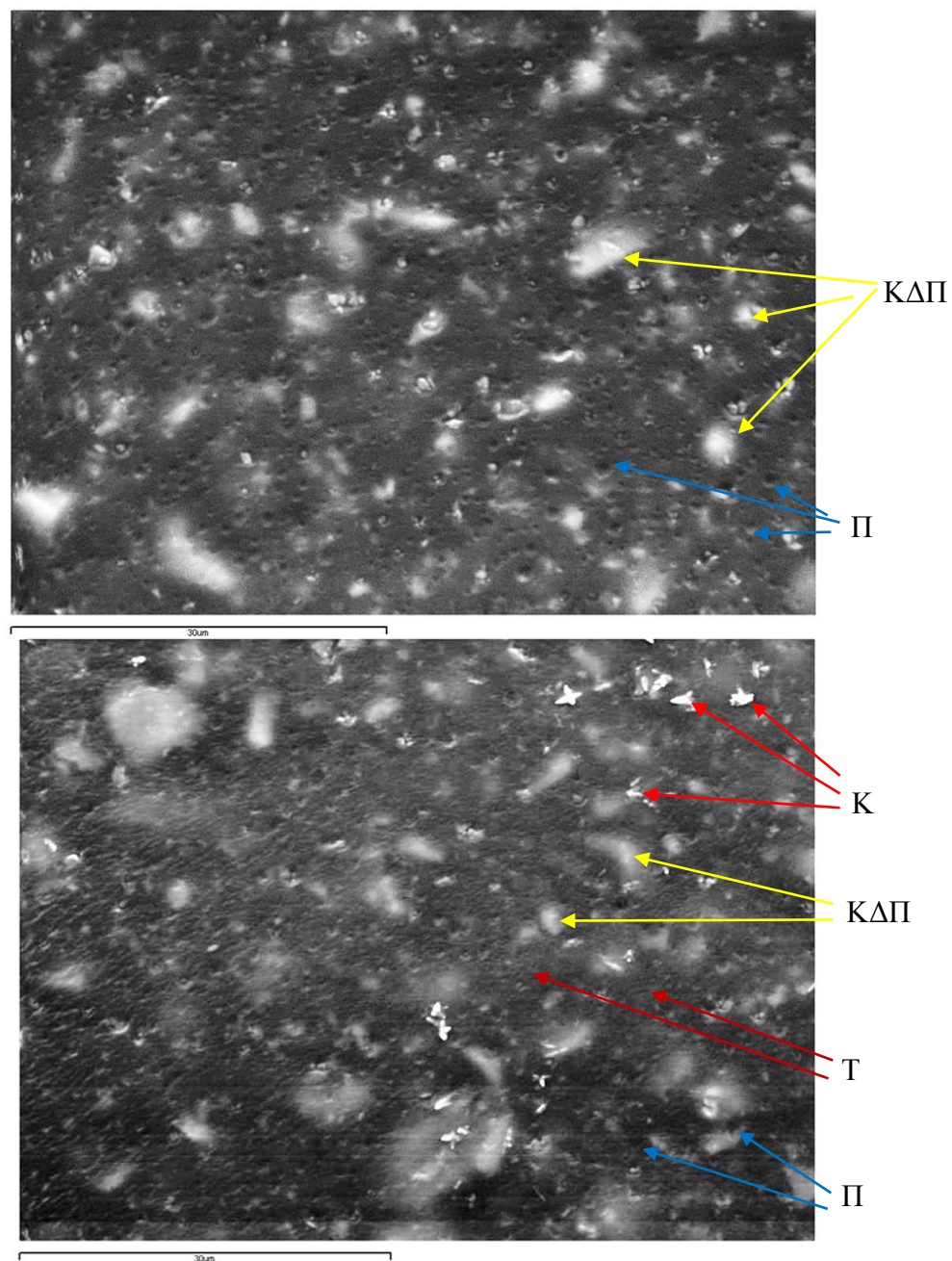
Εικόνα 3.1. Δοκίμιο μάρτυρας (exalence) (x2000)

Χρησιμοποιώντας το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (JSM-5310, JEOL Ltd, Tokyo, Japan) σε μεγέθυνση x2000 πραγματοποιήθηκε η λήψη της παραπάνω φωτογραφίας της επιφάνειας του μάρτυρα (exalence). Η επιφάνεια παρουσιάζει επιπεδότητα με υψηλό πορώδες (Π). Διακρίνονται οι κόκκοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) (εικόνα 3.1).



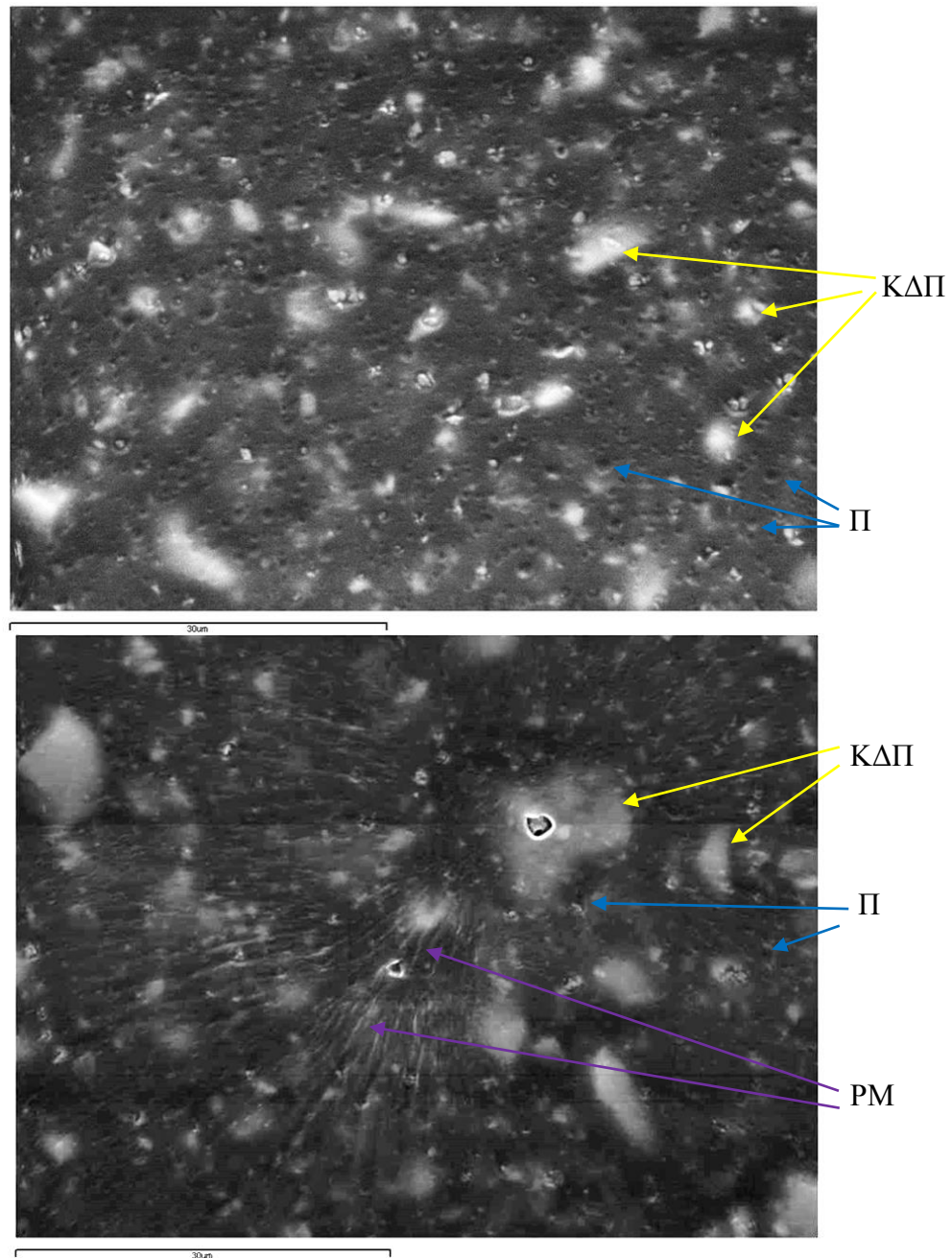
Εικόνα 3.2. Σύγκριση δοκιμίου μάρτυρα (πάνω) με δοκίμιο ξεπλυμένο με νερό (κάτω) (x2000) (exalence)

Η παραπάνω φωτογραφία απεικονίζει την επιφάνεια του δοκιμίου (exalence) το οποίο έχει εκπλυθεί με νερό (κάτω). Κατά τη σύγκριση με την επιφάνεια του μάρτυρα (πάνω) φαίνεται ότι η επιφάνεια του δοκιμίου, το οποίο έχει εκπλυθεί με νερό (κάτω), παρουσιάζει το ίδιο ποσοστό πορώδους (Π) με το μάρτυρα, με ελαφρά όμως τραχύτητα (Τ), η οποία δεν παρουσιάζεται στο μάρτυρα (πάνω). Διακρίνονται οι κόκκοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) όπως και στο μάρτυρα (εικόνα 3.2).



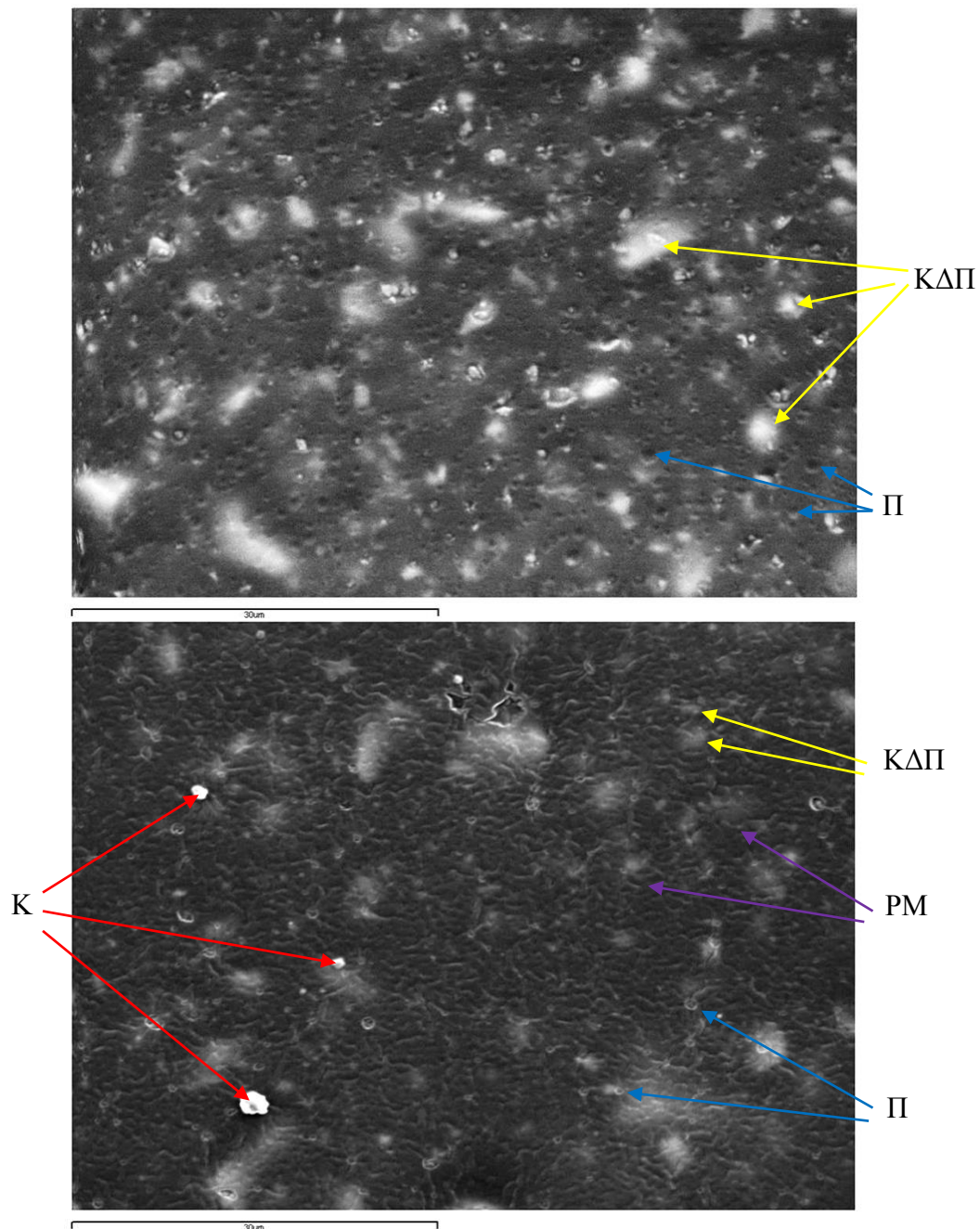
Εικόνα 3.3. Σύγκριση δοκιμίου μάρτυρα (πάνω) με δοκίμιο απολυμασμένο με υποχλωριώδες νάτριο για 10min (κάτω) (x2000) (exalence)

Η φωτογραφία της επιφάνειας του δοκιμίου (exalence), το οποίο έχει απολυμανθεί με υποχλωριώδες νάτριο για 10min (κάτω), παρουσιάζει μικρότερο ποσοστό πορώδους (Π) από το μάρτυρα, με αρκετή τραχύτητα (Τ), η οποία δεν παρουσιάζεται στο μάρτυρα (πάνω). Διακρίνονται οι κόκκοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) όπως και στο μάρτυρα. Επιπροσθέτως, διακρίνονται ορισμένοι κρύσταλλοι (Κ) οι οποίοι είναι εναποθετημένοι στην επιφάνεια του υλικού (εικόνα 3.3).



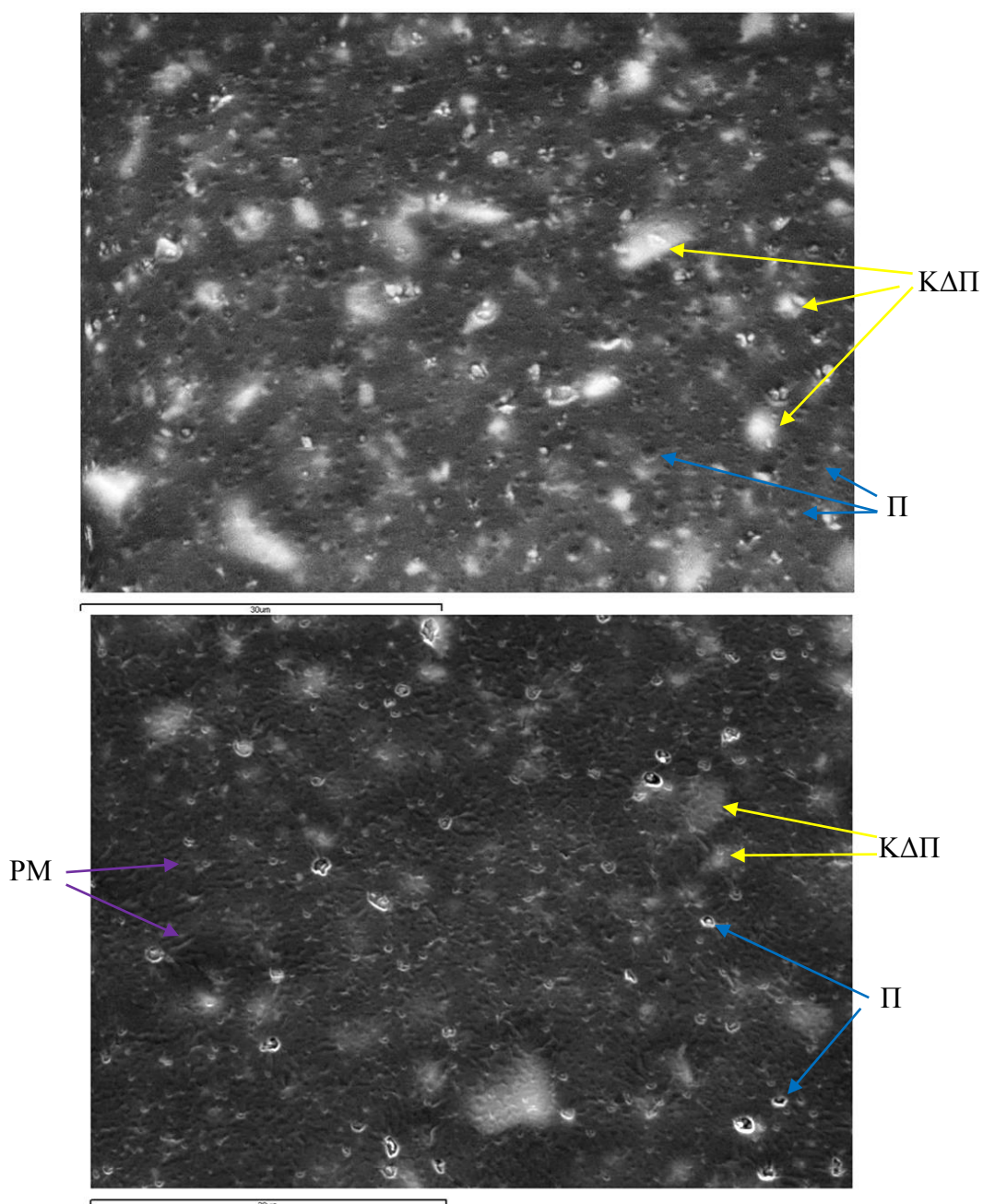
Εικόνα 3.4. Σύγκριση δοκιμίου μάρτυρα (πάνω) με δοκίμιο απολυμασμένο με υποχλωριώδες νάτριο για 30min (κάτω) (x2000) (exalence)

Η επιφάνεια του δοκιμίου (exalence), το οποίο έχει απολυμανθεί με υποχλωριώδες νάτριο για 30min (κάτω) παρουσιάζει ελάχιστο πορώδες (Π) και έχει λάβει ρυτιδοειδή μορφή (PM), η οποία δεν παρουσιάζεται στο μάρτυρα (πάνω). Διακρίνονται οι κόκκοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) όπως και στο μάρτυρα. Αξιοσημείωτη είναι η ακτινοειδής μορφή της ρυτιδοειδούς επιφάνειας με κέντρο το μεγαλύτερο κόκκο διοξειδίου του πυριτίου της υπο εξέταση περιοχής (εικόνα 3.4).



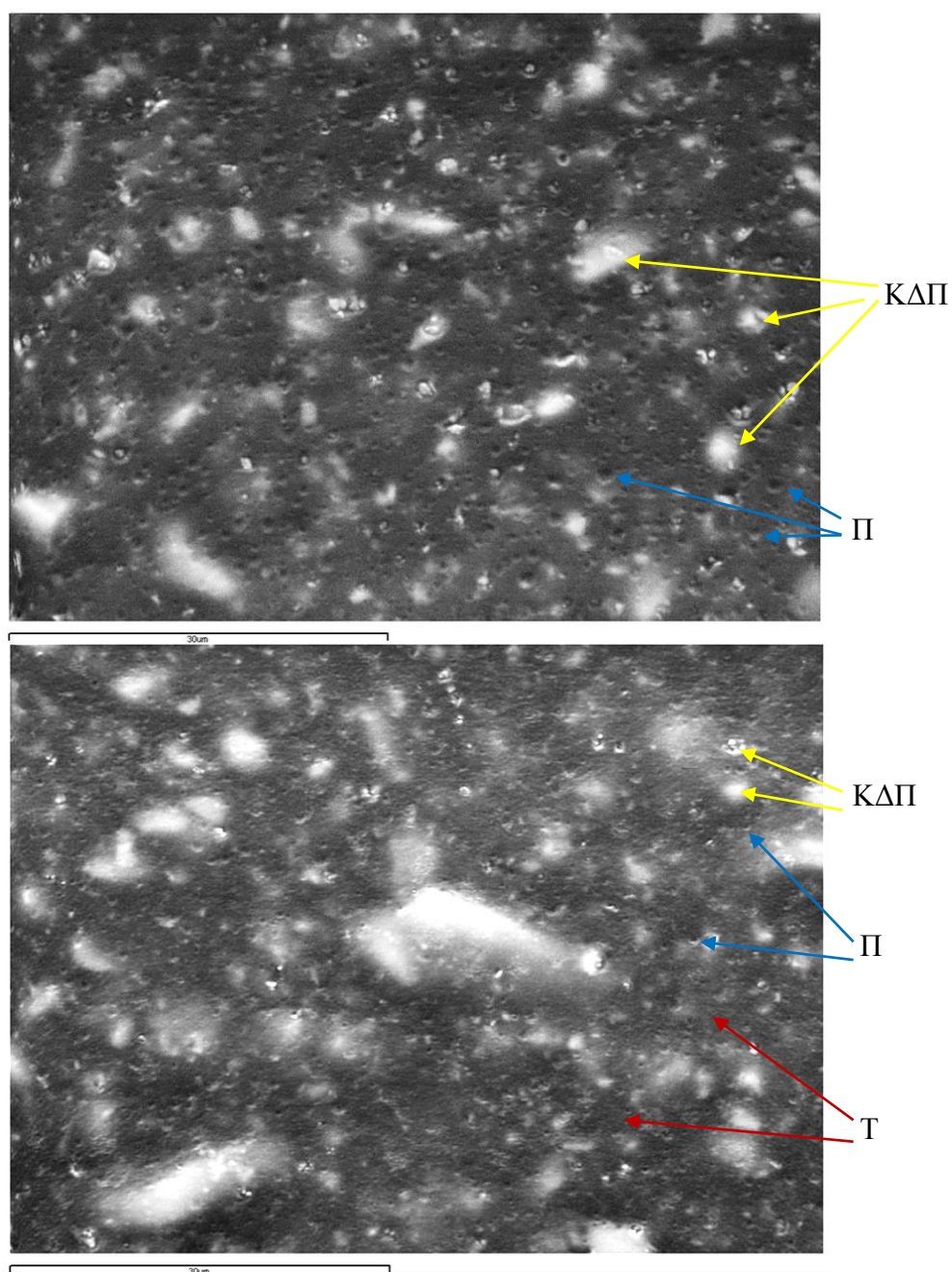
Εικόνα 3.5. Σύγκριση δοκιμίου μάρτυρα (πάνω) με δοκίμιο απολυμασμένο με χλωριούχο βενζαλκόνιο για 2min (κάτω) (x2000) (exalence)

Χρησιμοποιώντας το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (JSM-5310, JEOL Ltd, Tokyo, Japan) σε μεγέθυνση x2000 πραγματοποιήθηκε η λήψη της παραπάνω φωτογραφίας της επιφάνειας του δοκιμίου (exalence), το οποίο έχει απολυμανθεί με χλωριούχο βενζαλκόνιο για 2min (κάτω). Η επιφάνεια παρουσιάζει μικρότερο ποσοστό πορώδους (Π) από το μάρτυρα και έχει λάβει ιδιαίτερα έντονη ρυτιδοειδή (PM) μορφή, η οποία δεν παρουσιάζεται στο μάρτυρα (πάνω). Διακρίνονται οι κόκκοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) όπως και στο μάρτυρα. Διακρίνονται ορισμένοι κρύσταλλοι (K) οι οποίοι είναι εναποθετημένοι στην επιφάνεια του υλικού (εικόνα 3.5).



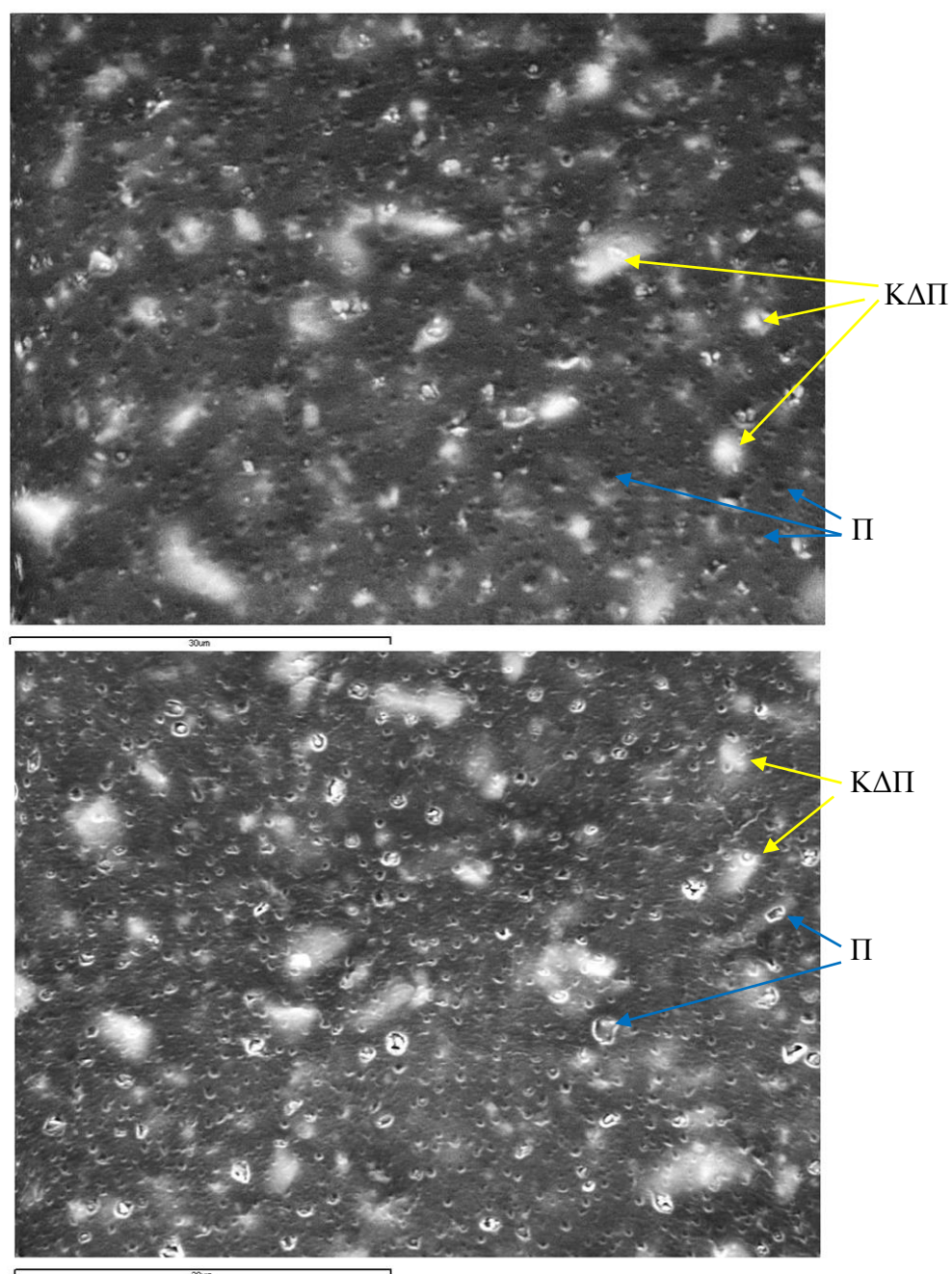
Εικόνα 3.6. Σύγκριση δοκιμίου μάρτυρα (πάνω) με δοκίμιο απολυμασμένο με χλωριούχο βενζαλκόνιο για 30min (κάτω) (x2000) (exalence)

Με χρήση του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (JSM-5310, JEOL Ltd, Tokyo, Japan) πραγματοποιήθηκε η λήψη της παραπάνω φωτογραφίας της επιφάνειας του δοκιμίου (exalence), το οποίο έχει απολυμανθεί με χλωριούχο βενζαλκόνιο για 30min (κάτω). Η επιφάνεια παρουσιάζει μικρότερο ποσοστό πορώδους (Π) από το μάρτυρα και έχει λάβει ιδιαίτερα έντονη ρυτιδοειδή μορφή (PM), η οποία δεν παρουσιάζεται στο μάρτυρα (πάνω). Διακρίνονται οι κόκκοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) όπως και στο μάρτυρα (εικόνα 3.6). Η ένταση της ρυτιδοειδούς μορφής είναι μικρότερη σε σχέση με αυτήν που παρουσιάζεται στο δοκίμιο το οποίο έχει απολυμανθεί με μεχλωριούχο βενζαλκόνιο για 2min (εικόνα 3.5).



Εικόνα 3.7. Σύγκριση δοκιμίου μάρτυρα (πάνω) με δοκίμιο απολυμασμένο με όζον για 5min (κάτω) (x2000) (exalence)

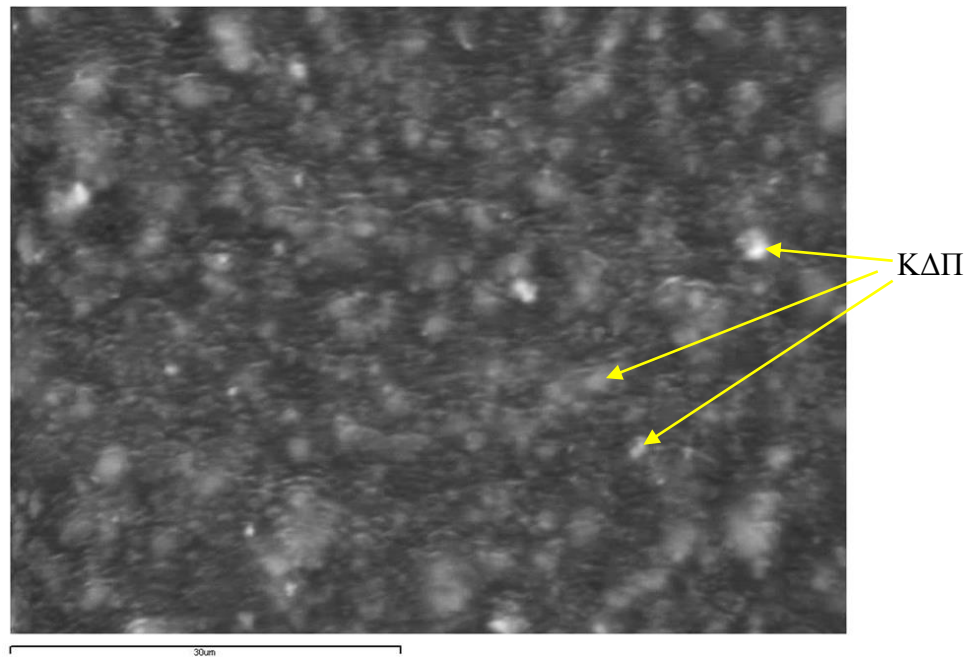
Η ανωτέρω φωτογραφία της επιφάνειας του δοκιμίου (exalence), το οποίο έχει απολυμανθεί με όζον για 5min (κάτω) παρουσιάζει το ίδιο ποσοστό πορώδους (Π) με το μάρτυρα, με ελαφρά όμως τραχύτητα (Τ), η οποία δεν παρουσιάζεται στο μάρτυρα (πάνω). Διακρίνονται οι κόκκοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) όπως και στο μάρτυρα. Τα όρια ορισμένων κόκκων διοξειδίου του πυριτίου εμφανίζονται πιο καθαρά υποδηλώνοντας την προβολή ενός μέρους τους, πάνω από την επιφάνεια του υλικού (εικόνα 3.7).



Εικόνα 3.8. Σύγκριση δοκιμίου μάρτυρα (πάνω) με δοκίμιο απολυμασμένο με όζον για 15min (κάτω) (x2000) (exalence)

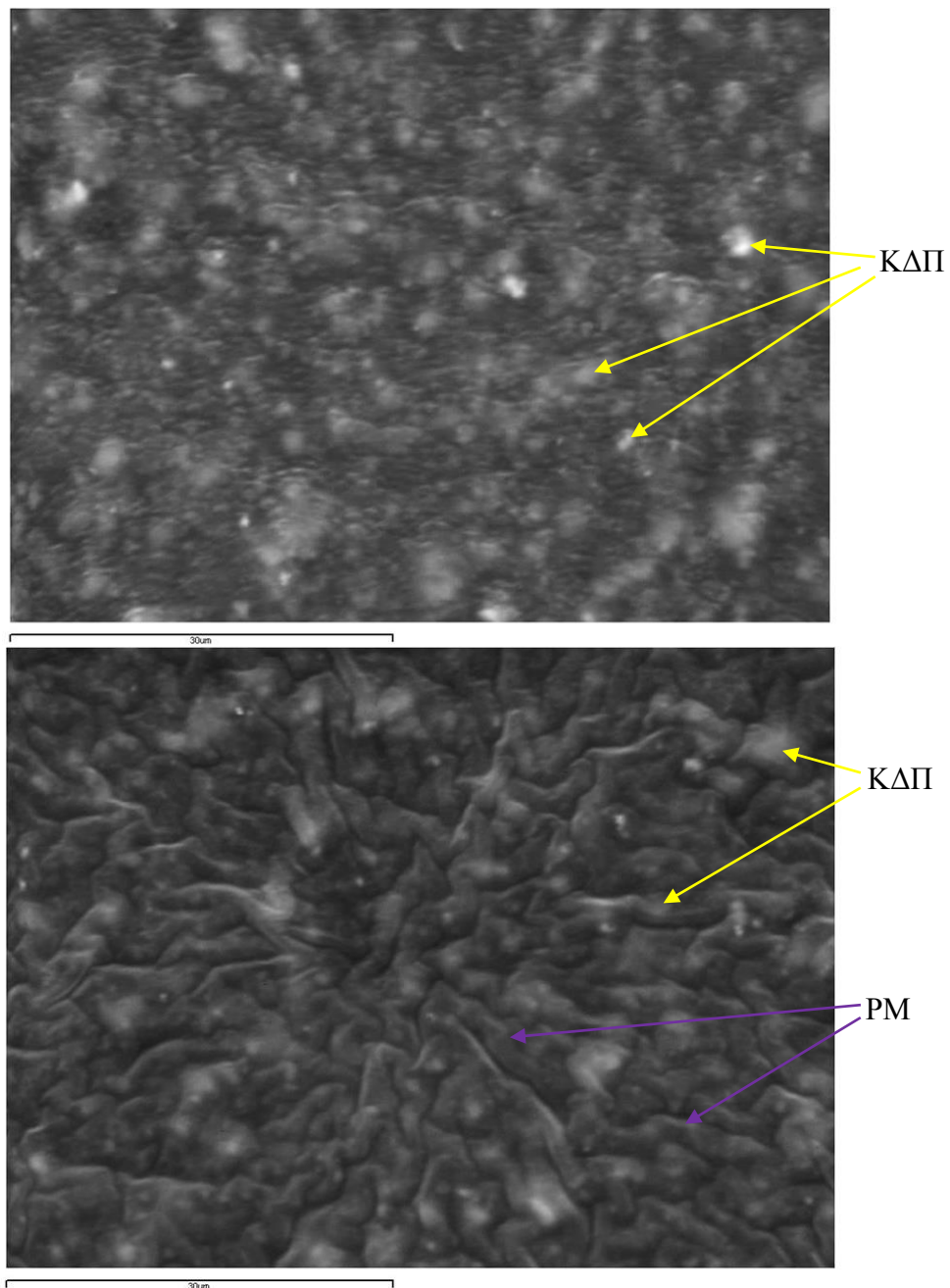
Η επιφάνεια του δοκιμίου (exalence), το οποίο έχει απολυμανθεί με όζον για 15min (κάτω) παρουσιάζει το ίδιο ποσοστό πορώδους (Π) με το μάρτυρα (πάνω) ενώ παρουσιάζονται πιο σαφή τα όρια των πόρων. Διακρίνονται οι κόκκοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) όπως και στο μάρτυρα (εικόνα 3.8).

3.4.2 Μελέτη επιφανειακής διάβρωσης του υλικού Express



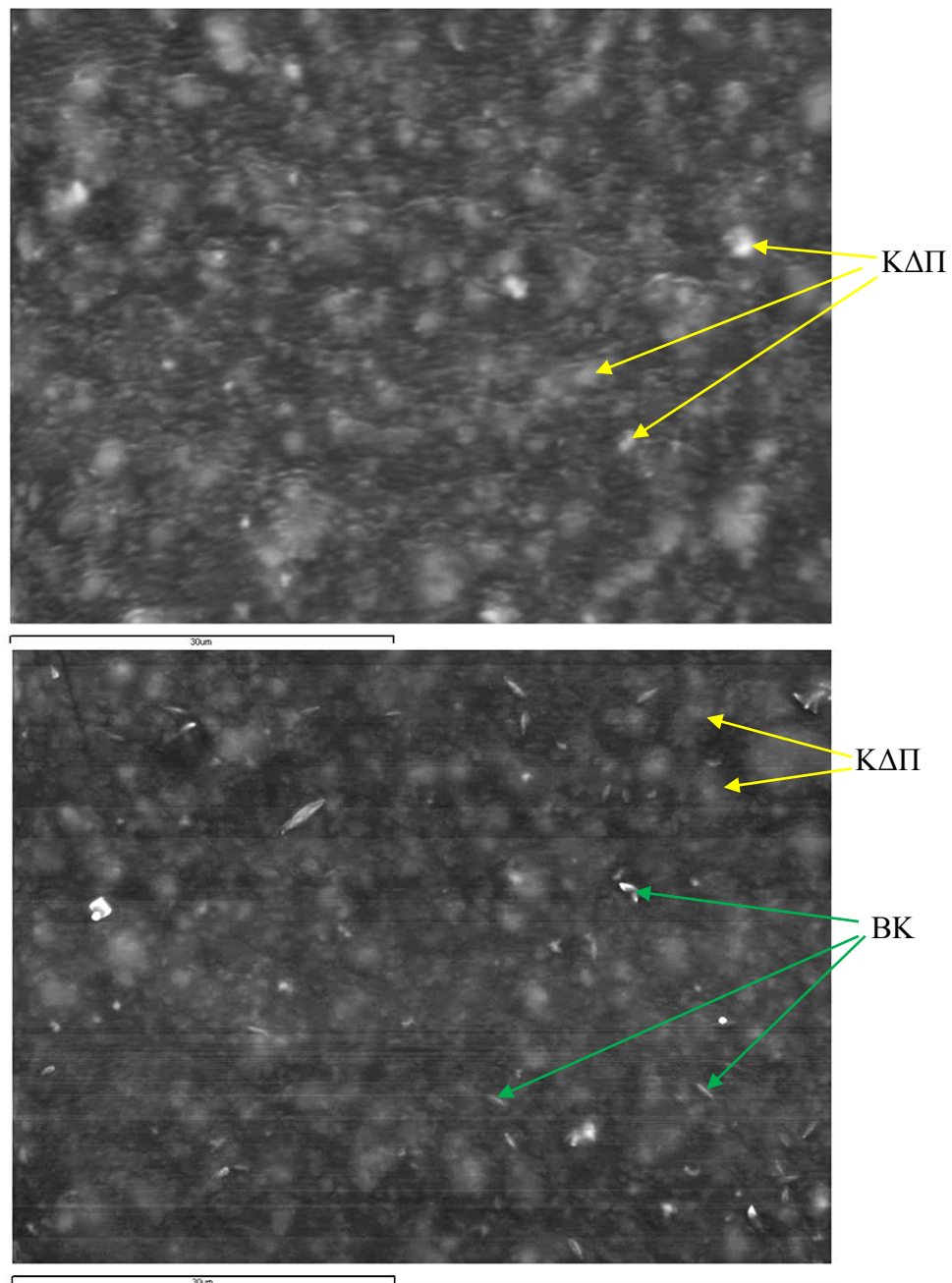
Εικόνα 3.9. Δοκίμιο μάρτυρας (express) (x2000)

Χρησιμοποιώντας το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (JSM-5310, JEOL Ltd, Tokyo, Japan) σε μεγέθυνση x2000 πραγματοποιήθηκε η λήψη της παραπάνω φωτογραφίας της επιφάνειας του μάρτυρα (express). Η επιφάνεια παρουσιάζει επιπεδότητα ενώ διακρίνονται οι κρύσταλλοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) (εικόνα 3.9).



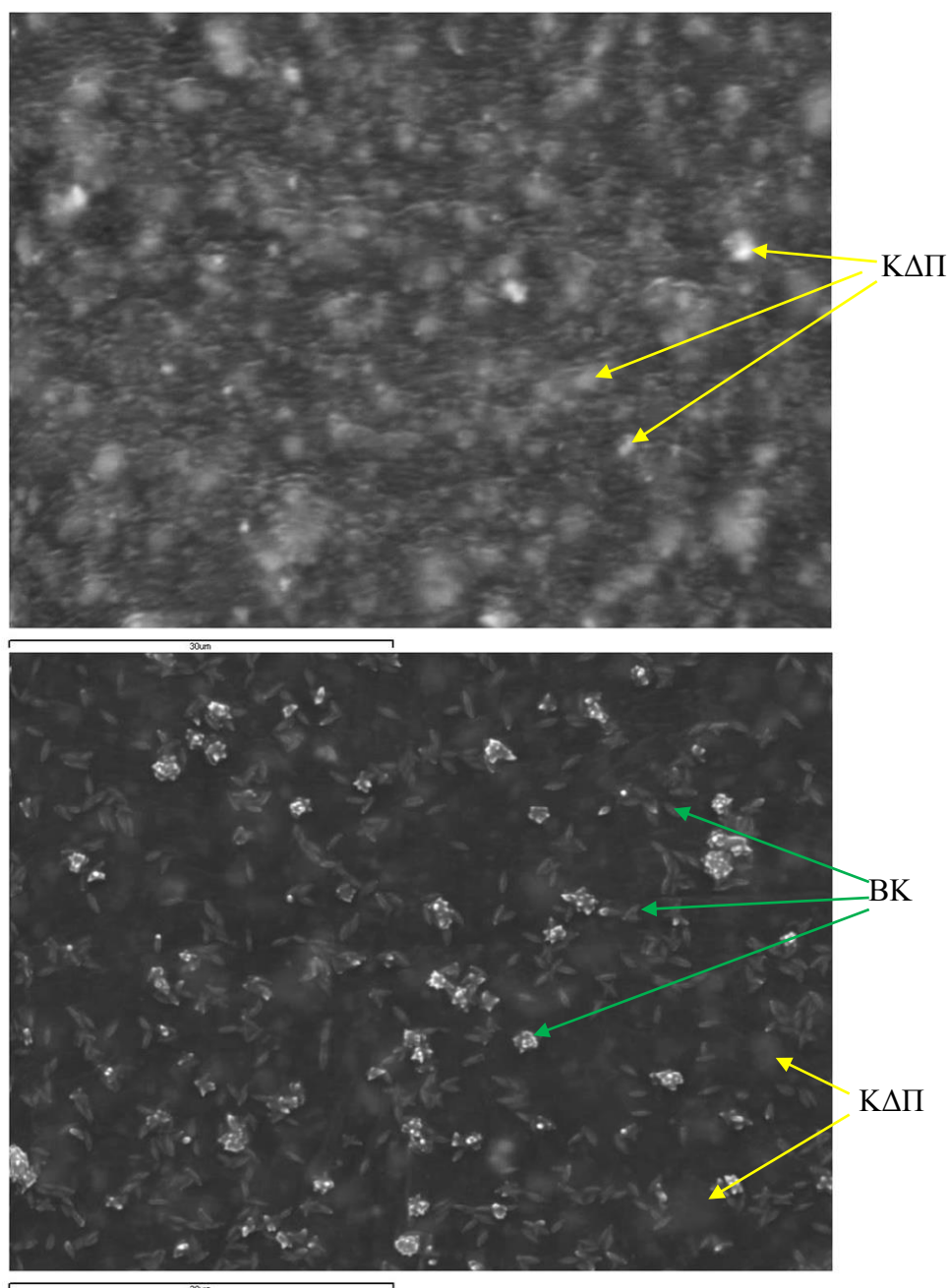
Εικόνα 3.10. Σύγκριση δοκιμίου μάρτυρα (πάνω) με δοκίμιο ξεπλυμένο με νερό (κάτω) (x2000) (express)

Η παραπάνω φωτογραφία απεικονίζει την επιφάνεια του δοκιμίου (express) το οποίο έχει εκπλυθεί με νερό (κάτω). Κατά τη σύγκριση με την επιφάνεια του μάρτυρα (πάνω) φαίνεται ότι η επιφάνεια του δοκιμίου, το οποίο έχει εκπλυθεί με νερό (κάτω), έχει λάβει εξαιρετικά έντονη ρυτιδοειδή μορφή (PM), η οποία δεν παρουσιάζεται στο μάρτυρα. Διακρίνονται οι κρύσταλλοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) όπως και στο μάρτυρα (εικόνα 3.10).



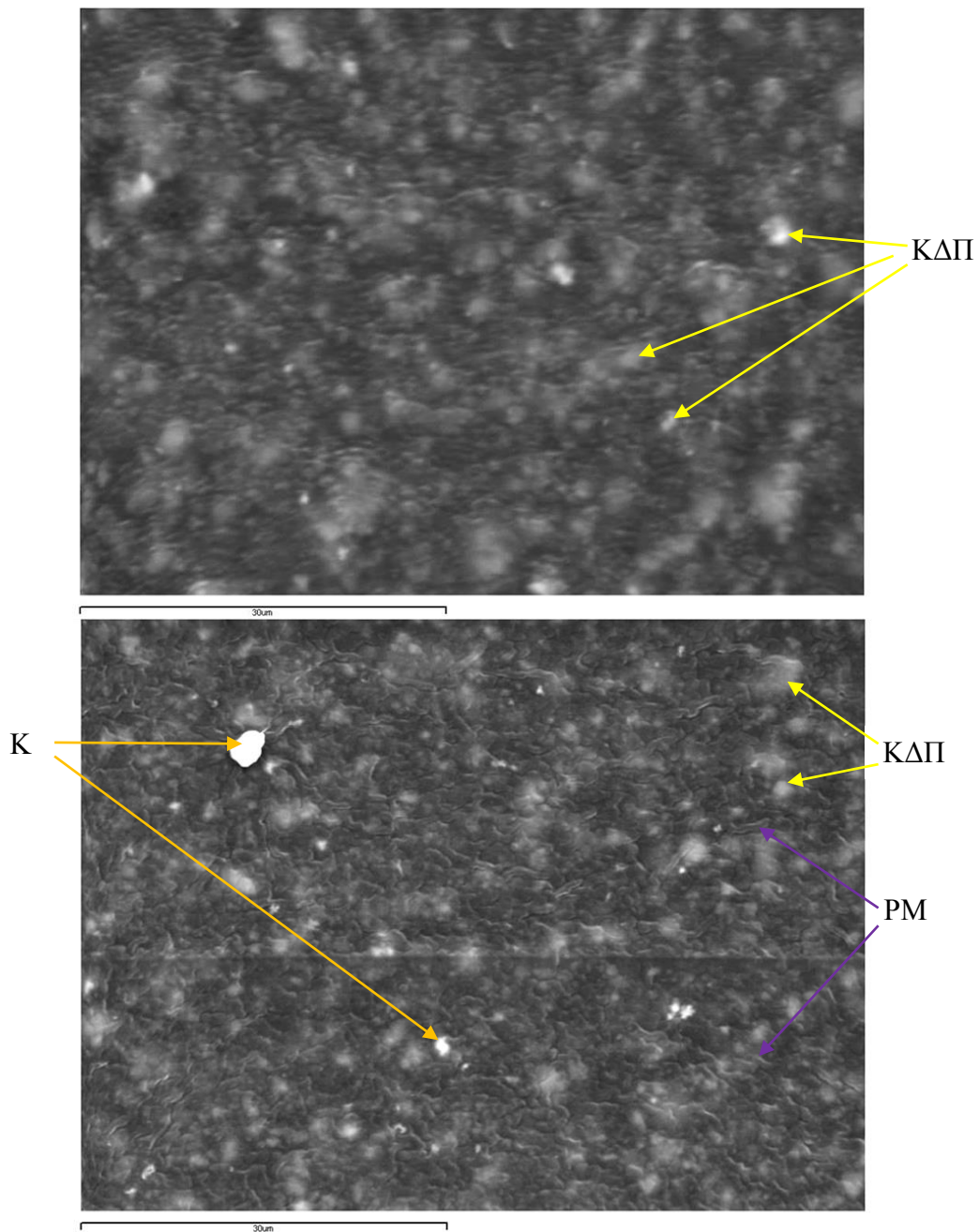
Εικόνα 3.11. Σύγκριση δοκιμίου μάρτυρα (πάνω) με δοκίμιο απολυμασμένο με υποχλωριώδες νάτριο για 10min (κάτω) (x2000) (express)

Με χρήση του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (JSM-5310, JEOL Ltd, Tokyo, Japan) πραγματοποιήθηκε η λήψη της παραπάνω φωτογραφίας της επιφάνειας του δοκιμίου (express), το οποίο έχει απολυμανθεί με υποχλωριώδες νάτριο για 10min (κάτω). Η επιφάνεια παρουσιάζει επιπεδότητα ενώ διακρίνονται οι κρύσταλλοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) όπως και στο μάρτυρα (πάνω). Επιπροσθέτως, εμφανίζονται ορισμένοι βελονοειδείς κρύσταλλοι (BK) οι οποίοι προβάλλουν μέρος τους πάνω από την επιφάνεια του υλικού (εικόνα 3.11).



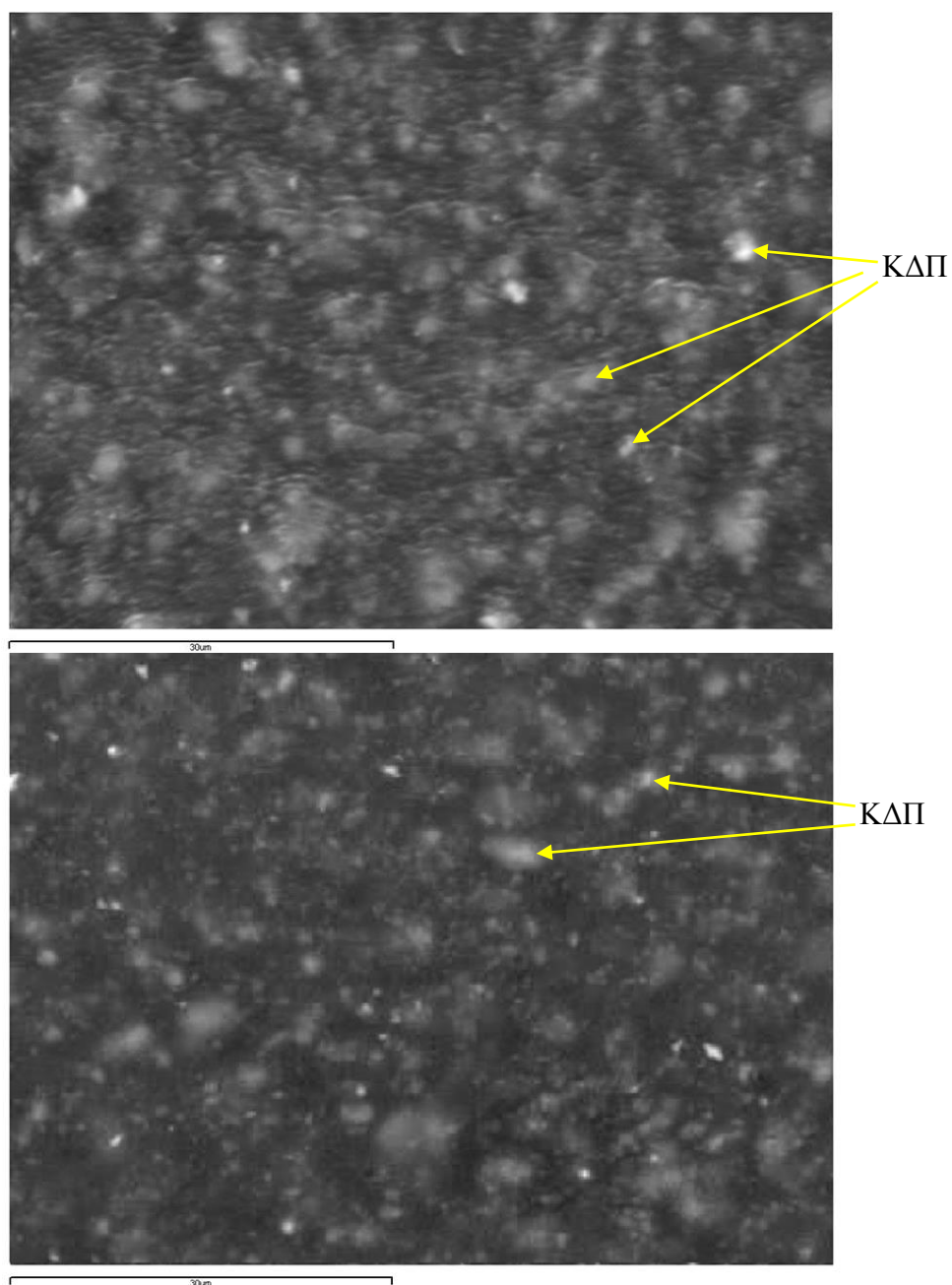
Εικόνα 3.12. Σύγκριση δοκιμίου μάρτυρα (πάνω) με δοκίμιο απολυμασμένο με υποχλωριώδες νάτριο για 30min (κάτω) (x2000) (express)

Χρησιμοποιώντας το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (JSM-5310, JEOL Ltd, Tokyo, Japan) σε μεγέθυνση x2000 πραγματοποιήθηκε η λήψη της παραπάνω φωτογραφίας της επιφάνειας του δοκιμίου (express), το οποίο έχει απολυμανθεί με υποχλωριώδες νάτριο για 10min (κάτω). Η επιφάνεια παρουσιάζει επιπεδότητα ενώ διακρίνονται οι κρύσταλλοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) όπως και στο μάρτυρα (πάνω). Επιπροσθέτως, εμφανίζονται πολλοί βελονοειδείς κρύσταλλοι (BK) οι οποίοι, όπως και οι υπόλοιποι κρύσταλλοι διοξειδίου του πυριτίου (SiO_2), προβάλλουν μέρος τους πάνω από την επιφάνεια του υλικού (εικόνα 3.12).



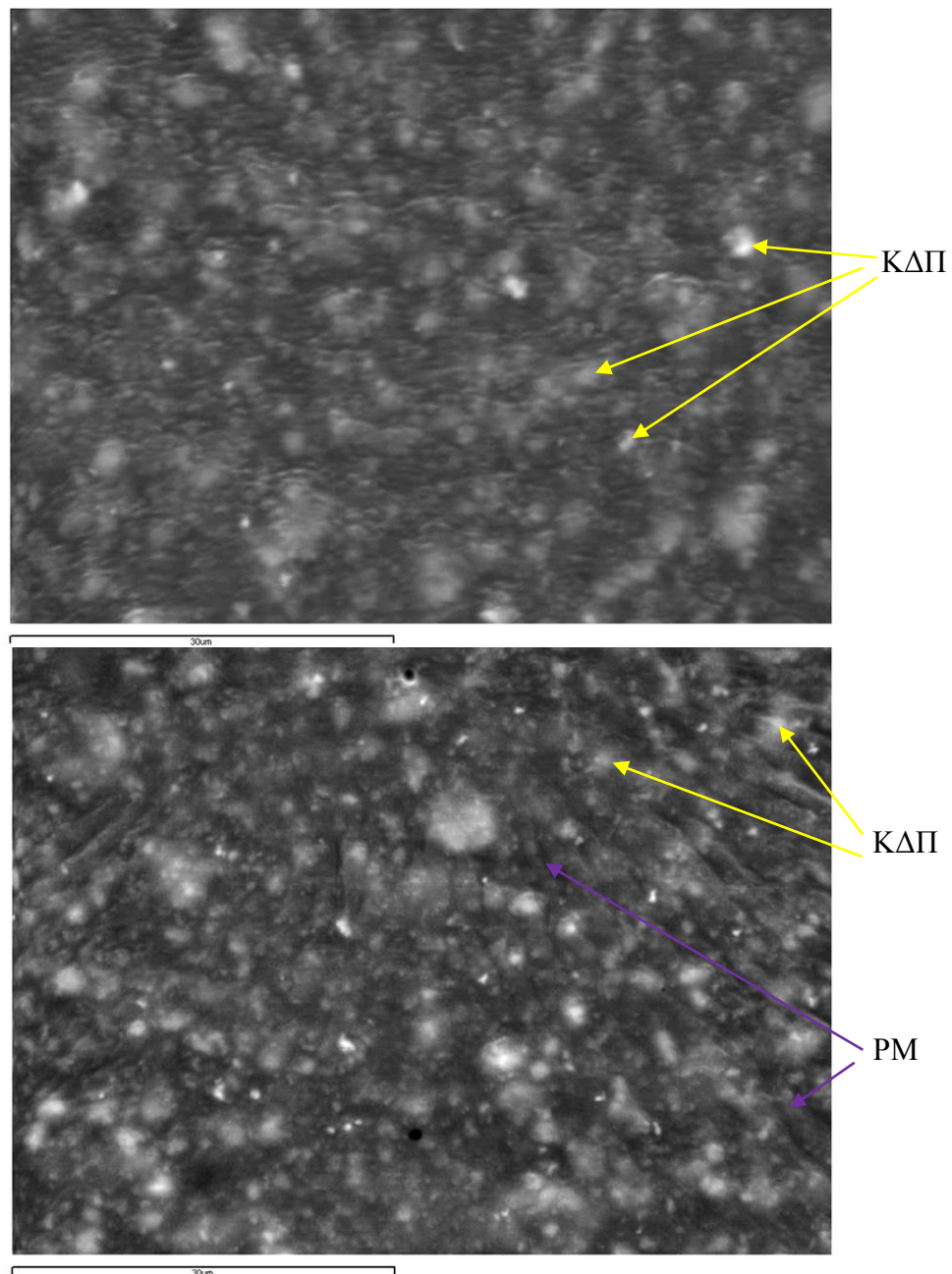
Εικόνα 3.13. Σύγκριση δοκιμίου μάρτυρα (πάνω) με δοκίμιο απολυμασμένο με χλωριούχο βενζαλκόνιο για 2min (κάτω) (x2000) (express)

Η παραπάνω φωτογραφία της επιφάνειας του δοκιμίου (express), το οποίο έχει απολυμανθεί με χλωριούχο βενζαλκόνιο για 2min (κάτω) έχει λάβει ιδιαίτερα έντονη ρυτιδοειδή μορφή (PM), η οποία δεν παρουσιάζεται στο μάρτυρα (πάνω). Διακρίνονται οι κρύσταλλοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) όπως και στο μάρτυρα. Διακρίνονται ορισμένοι κρύσταλλοι (Κ) οι οποίοι είναι εναποθετημένοι στην επιφάνεια του υλικού (εικόνα 3.13).



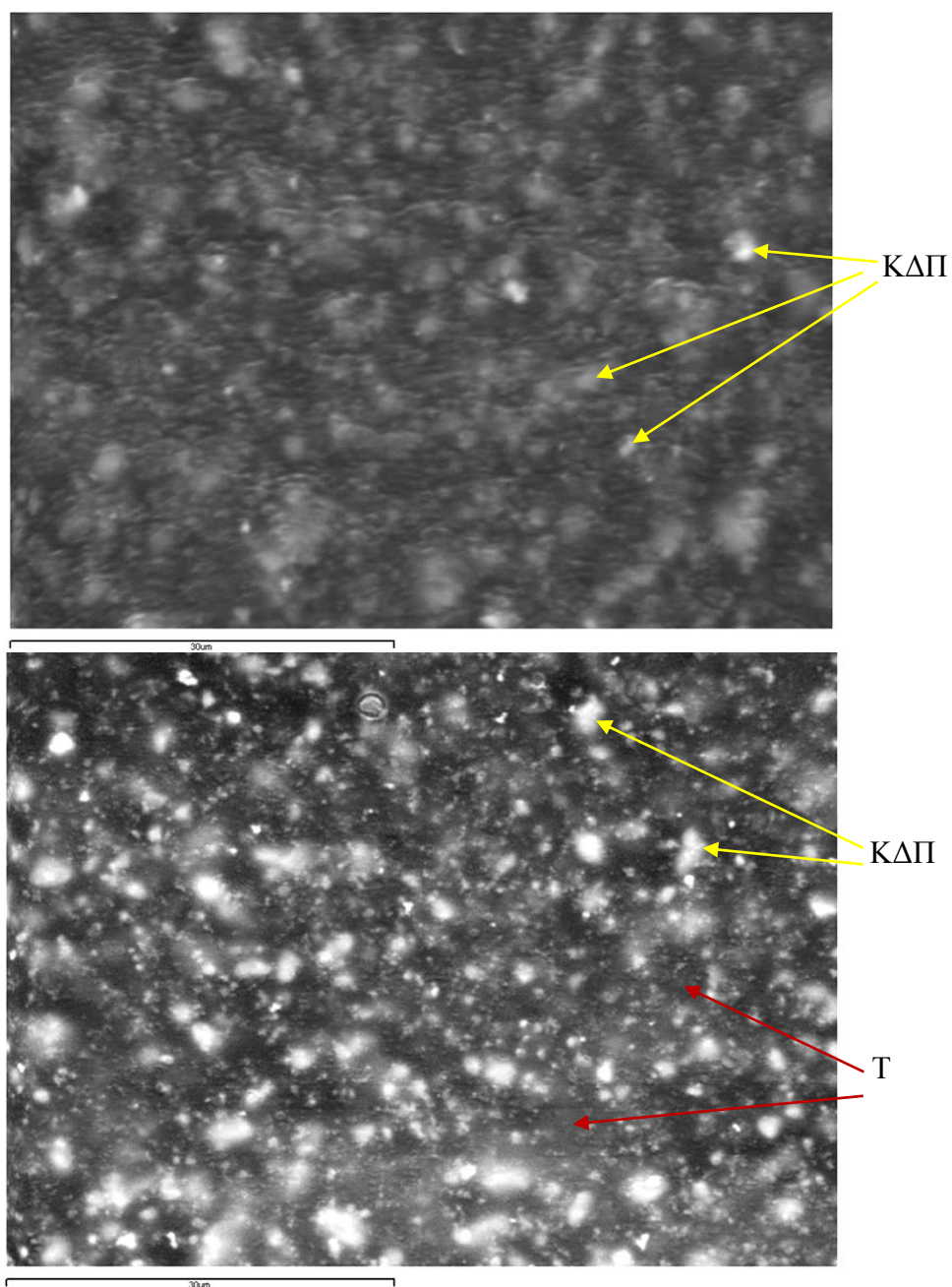
Εικόνα 3.14. Σύγκριση δοκιμίου μάρτυρα (πάνω) με δοκίμιο απολυμασμένο με χλωριούχο βενζαλκόνιο για 30min (κάτω) (x2000) (express)

Η επιφάνεια του δοκιμίου (express), το οποίο έχει απολυμανθεί με χλωριούχο βενζαλκόνιο για 30min (κάτω) παρουσιάζει επιπεδότητα ενώ δεν έχει λάβει ρυτιδοειδή μορφή όπως στην περίπτωση του δοκιμίου το οποίο έχει απολυμανθεί με χλωριούχο βενζαλκόνιο για 2min (εικόνα 3.13). Διακρίνονται οι κρύσταλλοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) όπως και στο μάρτυρα (εικόνα 3.14).



Εικόνα 3.15. Σύγκριση δοκιμίου μάρτυρα (πάνω) με δοκίμιο απολυμασμένο με όζον για 5min (κάτω) (x2000) (express)

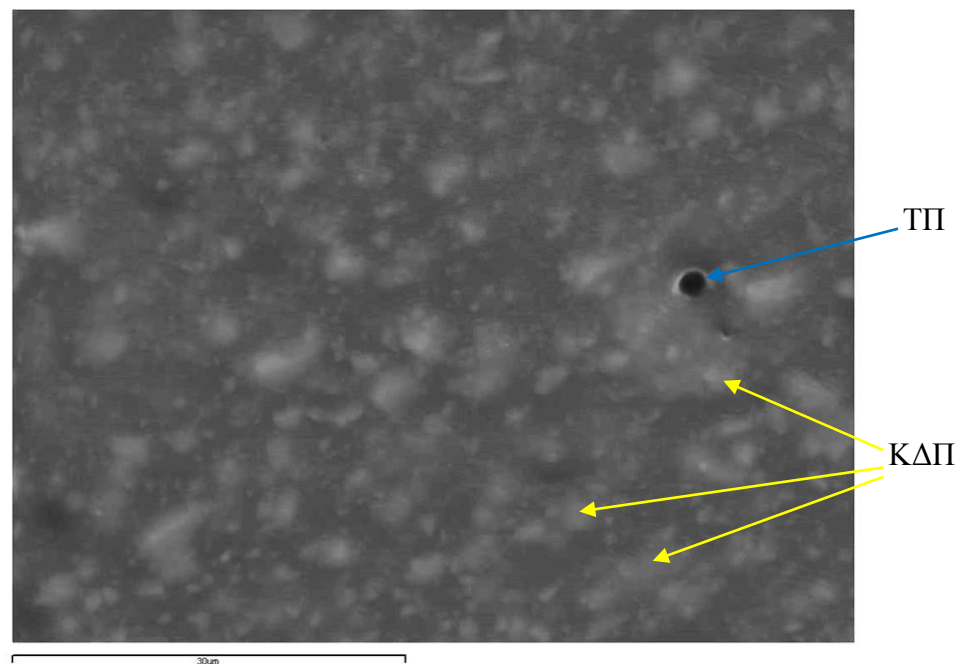
Χρησιμοποιώντας το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (JSM-5310, JEOL Ltd, Tokyo, Japan) σε μεγέθυνση x2000 πραγματοποιήθηκε η λήψη της παραπάνω φωτογραφίας της επιφάνειας του δοκιμίου (express), το οποίο έχει απολυμανθεί με όζον για 5min (κάτω). Η επιφάνεια έχει λάβει ελαφρά ρυτιδοειδή μορφή (PM), η οποία δεν παρουσιάζεται στο μάρτυρα (πάνω). Διακρίνονται οι κρύσταλλοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) όπως και στο μάρτυρα (εικόνα 3.15).



Εικόνα 3.16. Σύγκριση δοκιμίου μάρτυρα (πάνω) με δοκίμιο απολυμασμένο με όζον για 15min (κάτω) (x2000) (express)

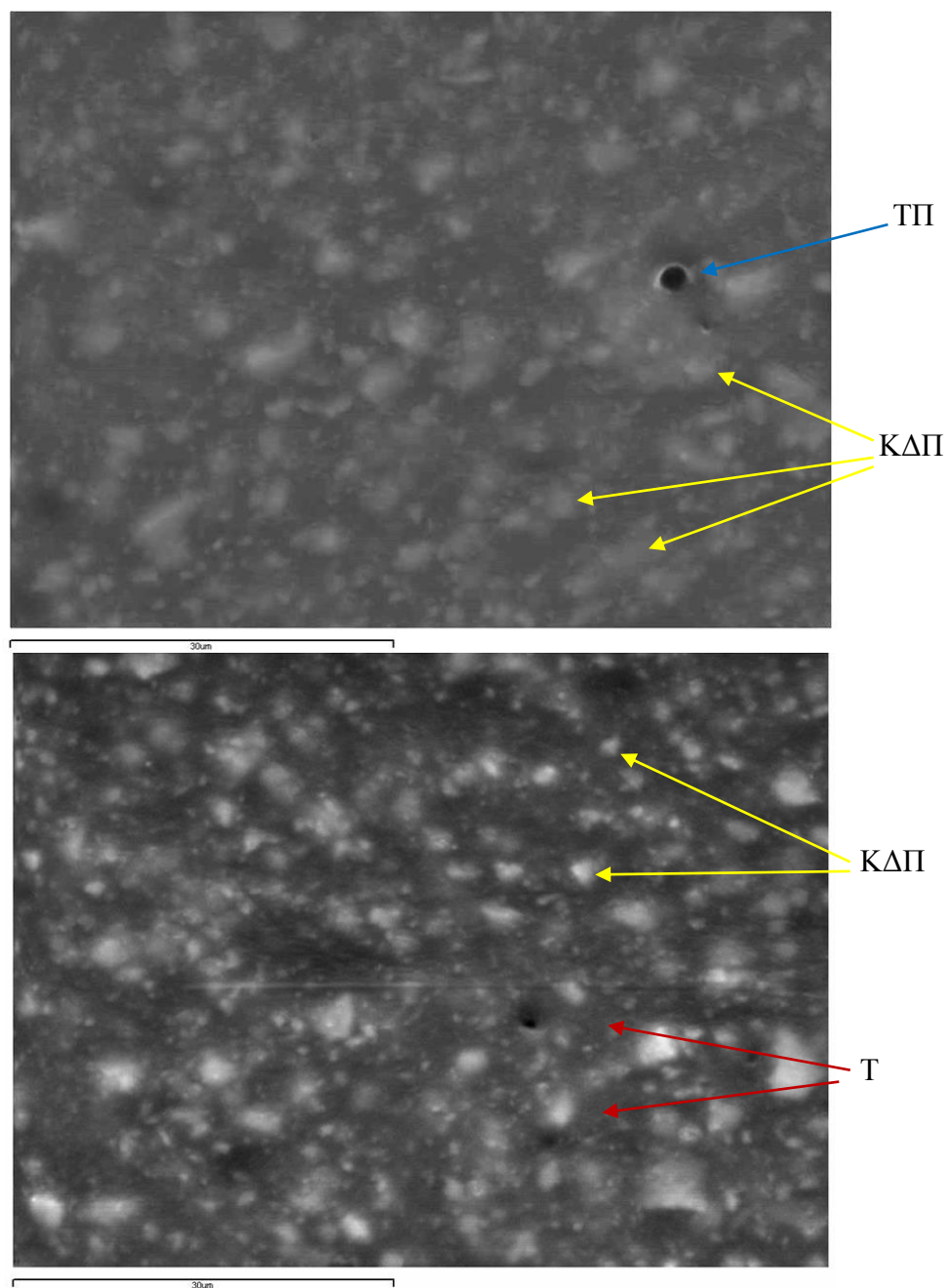
Η φωτογραφία της επιφάνειας του δοκιμίου (express), το οποίο έχει απολυμανθεί με όζον για 15min (κάτω) παρουσιάζει ελαφρά τραχύτητα (T), η οποία δεν παρουσιάζεται στο μάρτυρα (πάνω). Διακρίνονται οι κρύσταλλοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) όπως και στο μάρτυρα. Τα όρια ορισμένων κόκκων διοξειδίου του πυριτίου εμφανίζονται πιο καθαρά υποδηλώνοντας την προβολή ενός μέρους τους, πάνω από την επιφάνεια του υλικού (εικόνα 3.16).

3.4.3 Μελέτη επιφανειακής διάβρωσης του υλικού Aquasil



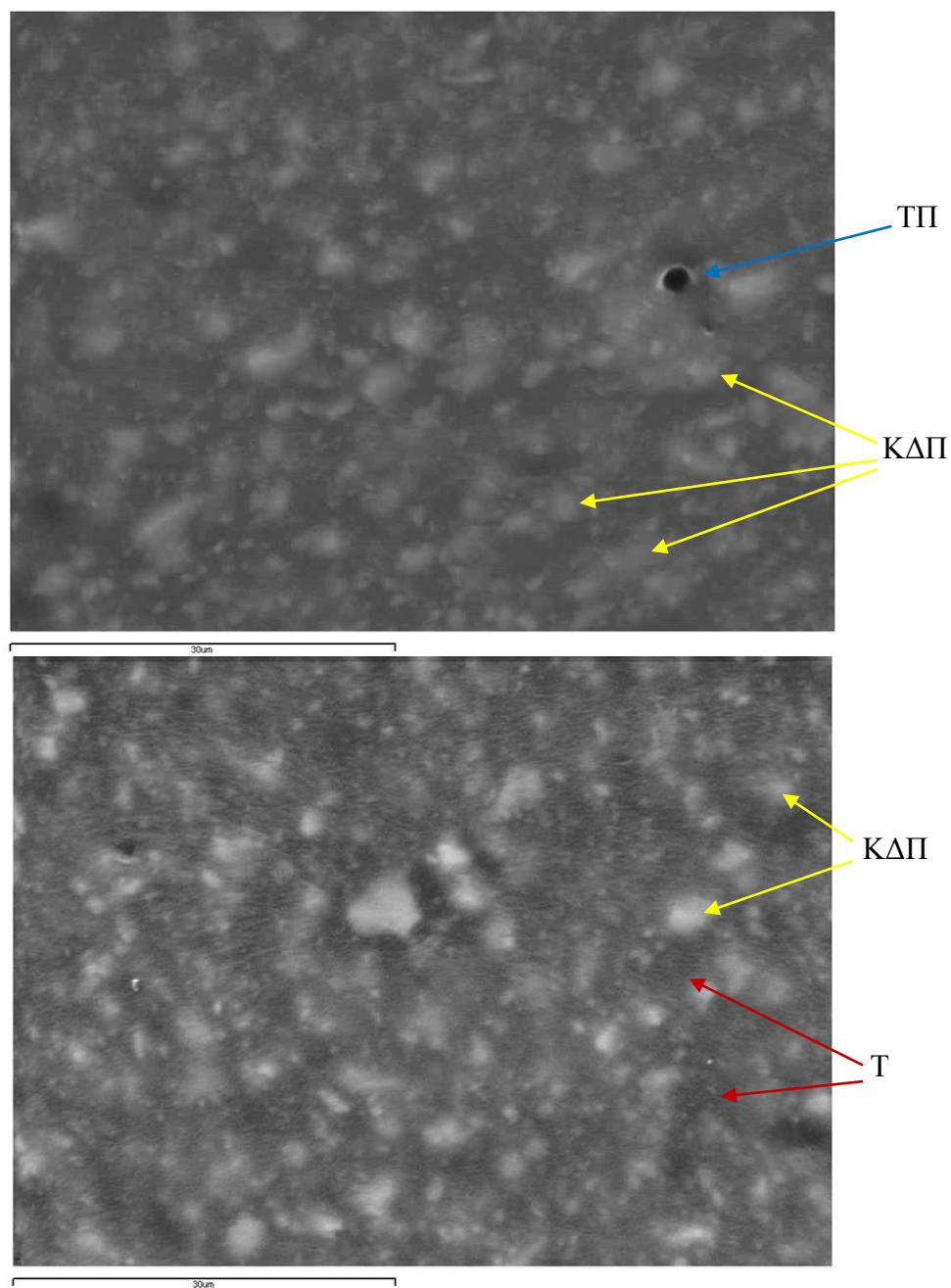
Εικόνα 3.17. Δοκίμιο μάρτυρας (aquasil) (x2000)

Χρησιμοποιώντας το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (JSM-5310, JEOL Ltd, Tokyo, Japan) σε μεγέθυνση x2000 πραγματοποιήθηκε η λήψη της παραπάνω φωτογραφίας της επιφάνειας του μάρτυρα (aquasil). Η επιφάνεια παρουσιάζει επιπεδότητα η οποία επιβεβαιώνεται από την ύπαρξη ενός τυχαίου πόρου (ΤΠ) κατά την κατασκευή του δοκιμίου. Διακρίνονται οι κόκκοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) (εικόνα 3.17).



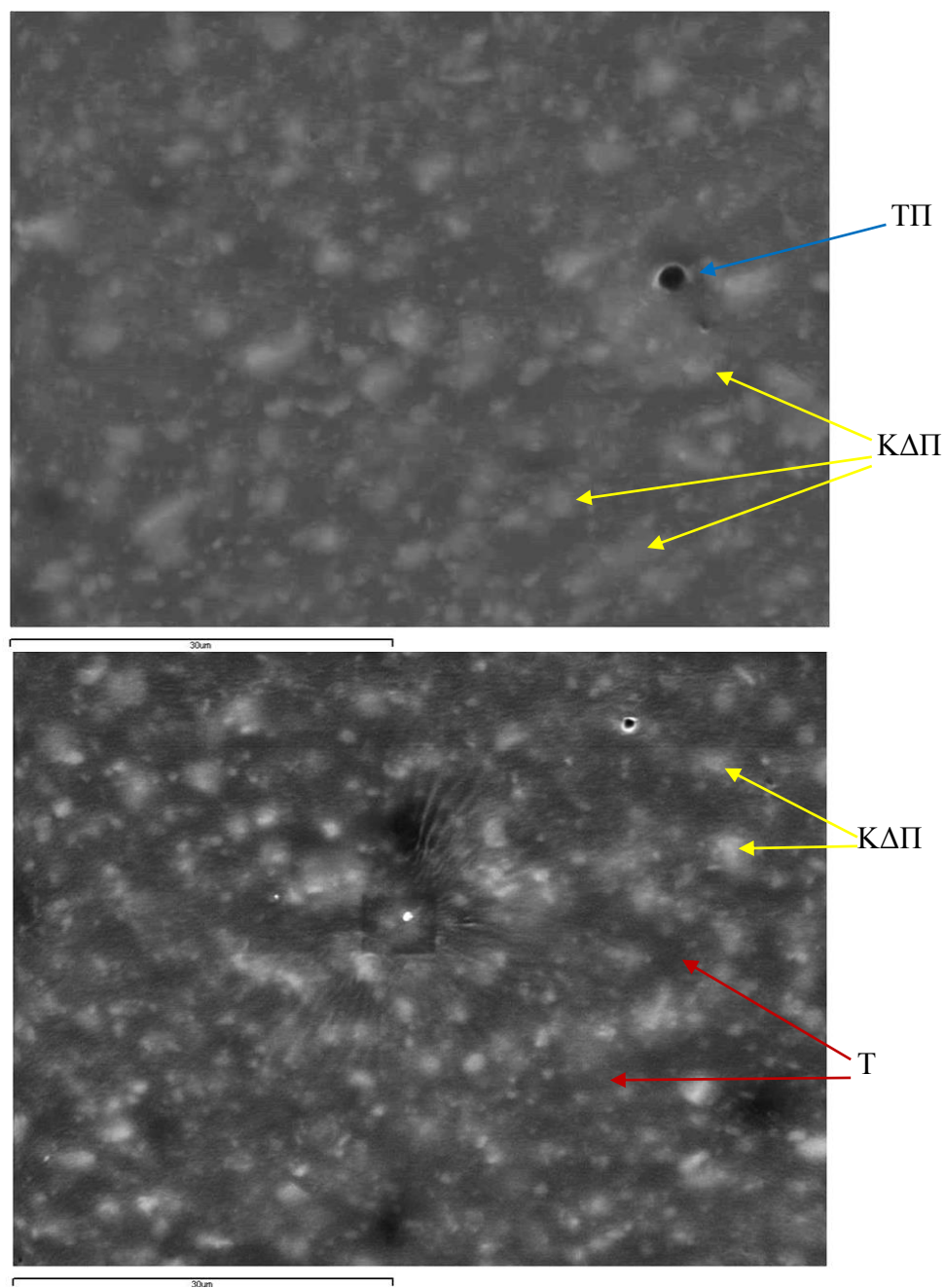
Εικόνα 3.18. Σύγκριση δοκιμίου μάρτυρα (πάνω) με δοκίμιο ξεπλυμένο με νερό (κάτω) (x2000) (aquasil)

Η παραπάνω φωτογραφία απεικονίζει την επιφάνεια του δοκιμίου (aquasil) το οποίο έχει εκπλυθεί με νερό (κάτω). Κατά τη σύγκριση με την επιφάνεια του μάρτυρα (πάνω) φαίνεται ότι η επιφάνεια του δοκιμίου, το οποίο έχει εκπλυθεί με νερό (κάτω), παρουσιάζει ελαφρά τραχύτητα (Τ), η οποία δεν παρουσιάζεται στο μάρτυρα. Διακρίνονται οι κόκκοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) όπως και στο μάρτυρα (εικόνα 3.18).



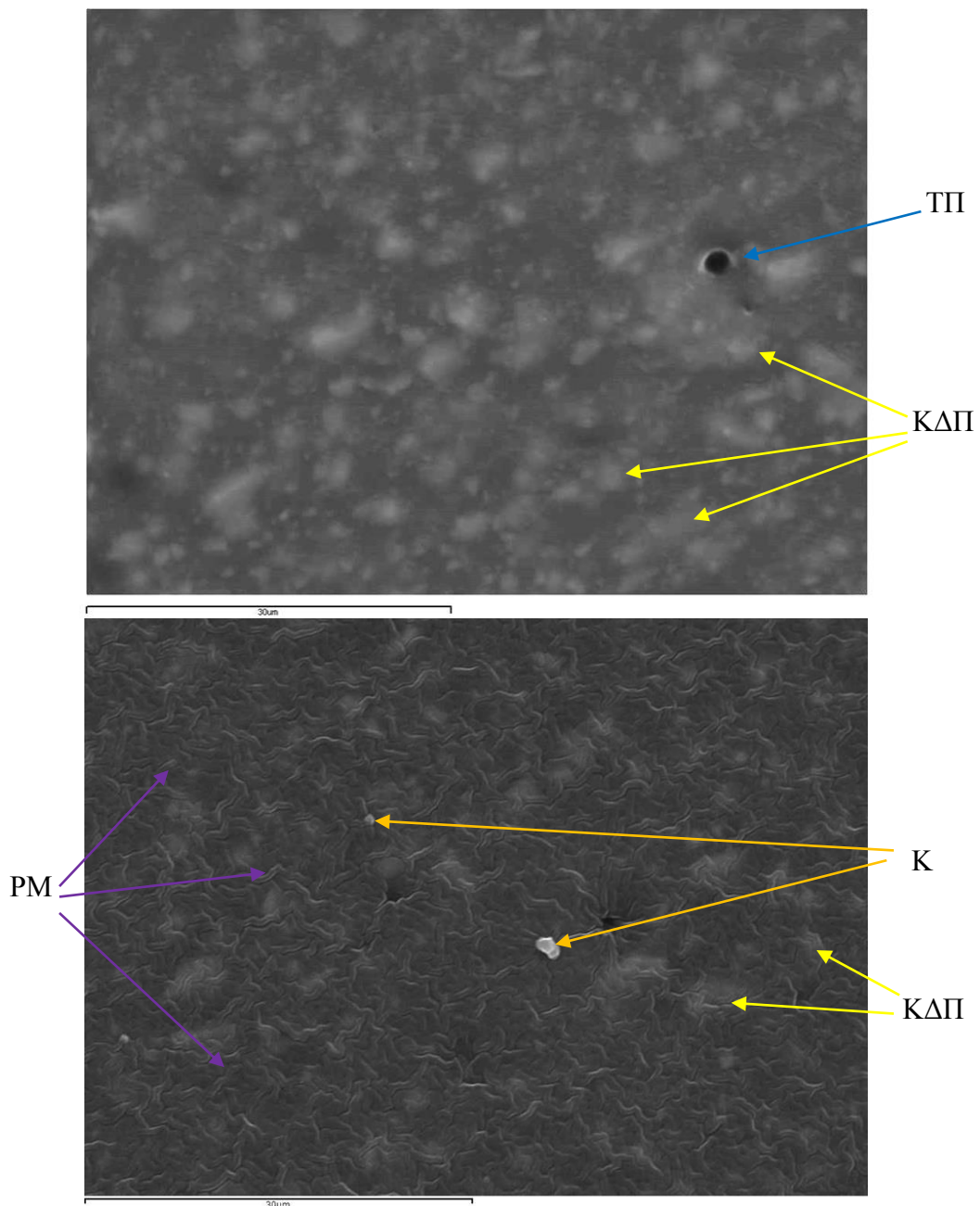
Εικόνα 3.19. Σύγκριση δοκιμίου μάρτυρα(πάνω) με δοκίμιο απολυμασμένο μευποχλωριώδες νάτριο για 10min (κάτω) (x2000) (aquasil)

Με χρήση του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (JSM-5310, JEOL Ltd, Tokyo, Japan) πραγματοποιήθηκε η λήψη της παραπάνω φωτογραφίας της επιφάνειας του δοκιμίου (aquasil), το οποίο έχει απολυμανθεί με υποχλωριώδες νάτριο για 10min (κάτω). Η επιφάνεια παρουσιάζει τραχύτητα (Τ), η οποία δεν παρουσιάζεται στο μάρτυρα (πάνω). Διακρίνονται οι κόκκοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) όπως και στο μάρτυρα (εικόνα 3.19).



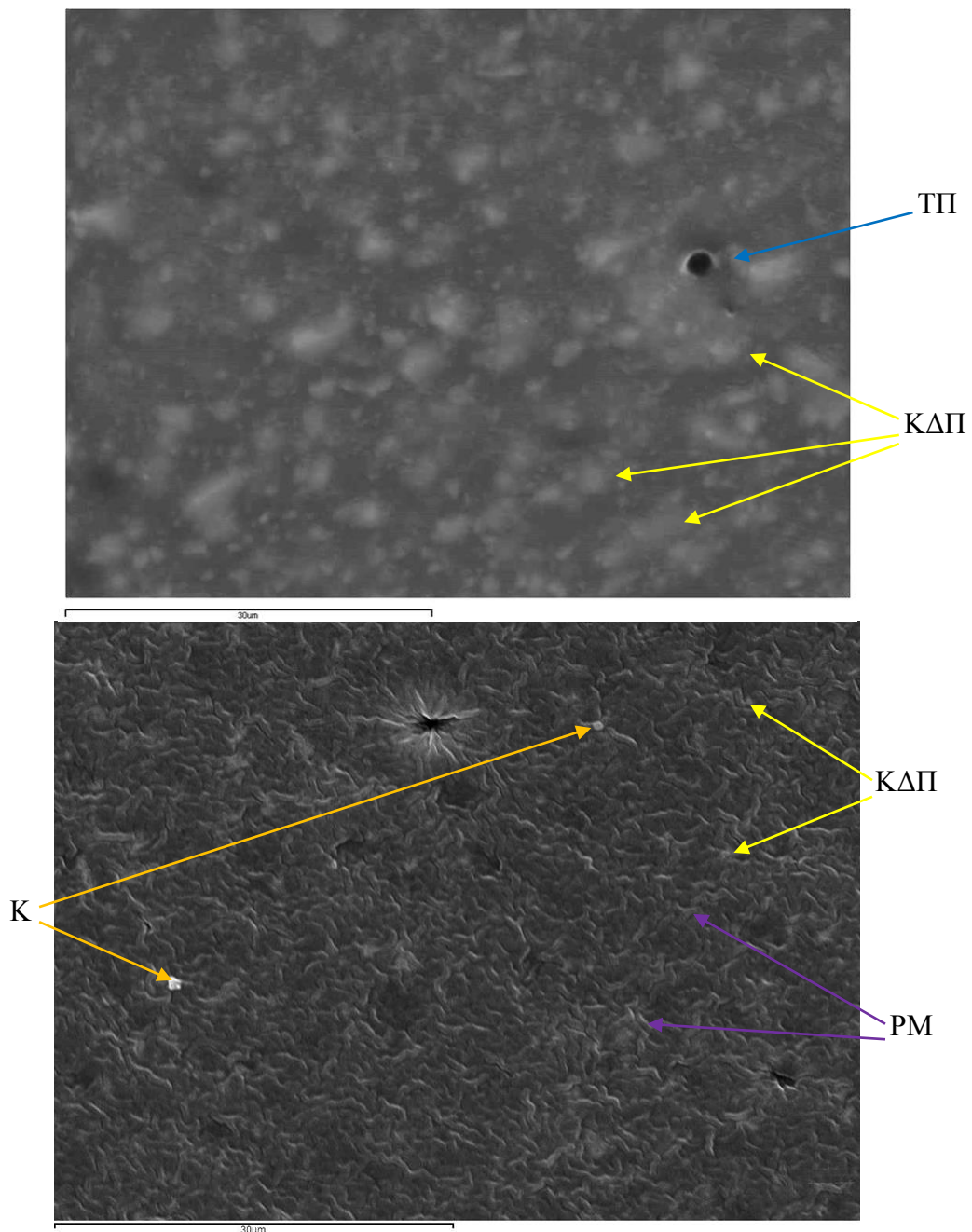
Εικόνα 3.20. Σύγκριση δοκιμίου μάρτυρα (πάνω) με δοκίμιο απολυμασμένο με υποχλωριώδες νάτριο για 30min (κάτω) (x2000) (aquasil)

Η ανωτέρω φωτογραφία απεικονίζει την επιφάνεια του δοκιμίου (aquasil) το οποίο έχει απολυμανθεί με υποχλωριώδες νάτριο για 30min (κάτω). Η επιφάνεια παρουσιάζει τραχύτητα (Τ), η οποία δεν παρουσιάζεται στο μάρτυρα (πάνω). Διακρίνονται οι κόκκοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) όπως και στο μάρτυρα (εικόνα 3.20).



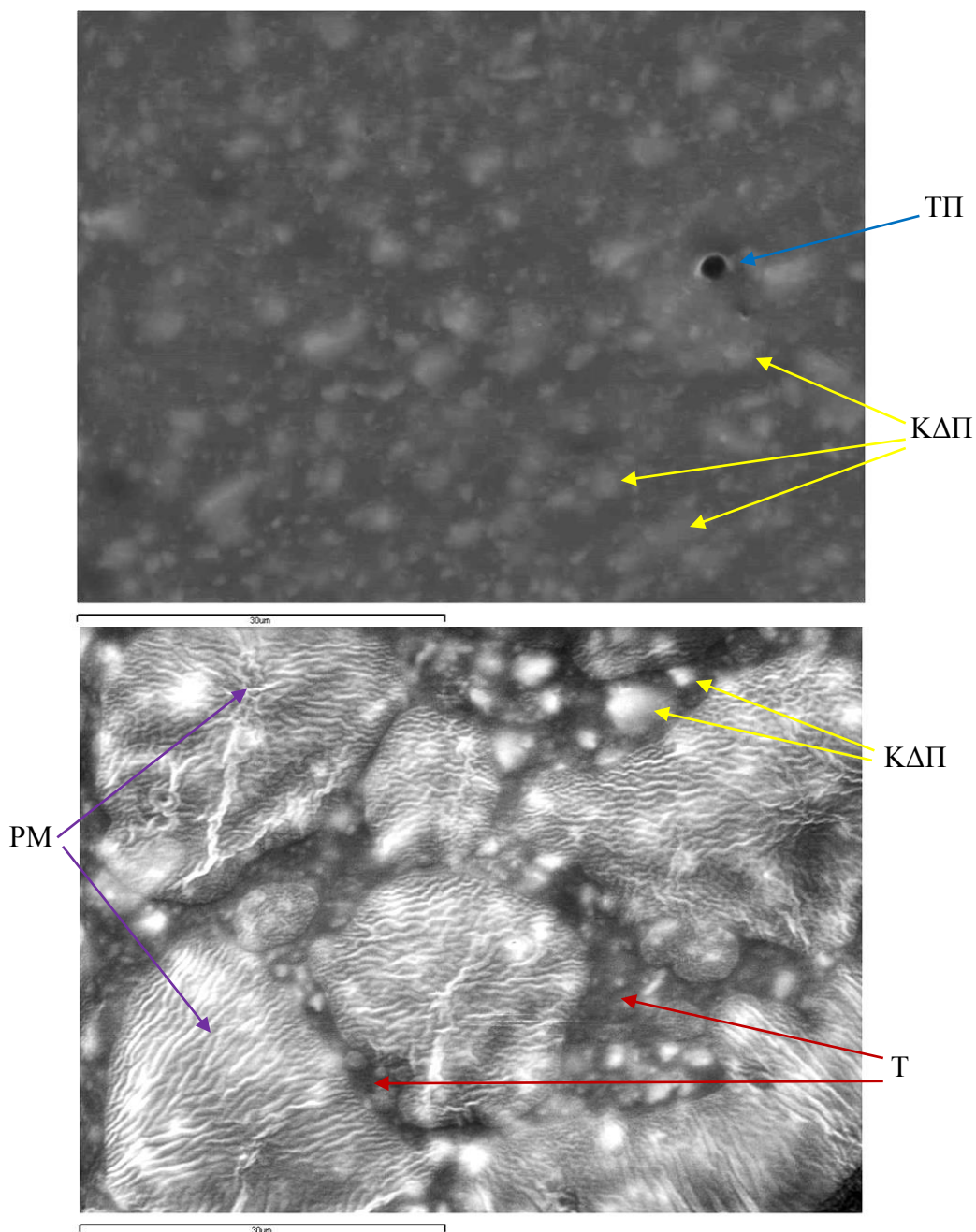
Εικόνα 3.21. Σύγκριση δοκιμίου μάρτυρα (πάνω) με δοκίμιο απολυμασμένο με χλωριούχο βενζαλκόνιο για 2min (κάτω) (x2000) (aquasil)

Η επιφάνεια του δοκιμίου (aquasil) το οποίο έχει απολυμανθεί με χλωριούχο βενζαλκόνιο για 2min (κάτω) έχει λάβει ιδιαίτερα έντονη ρυτιδοειδή μορφή (ΡΜ), η οποία δεν παρουσιάζεται στο μάρτυρα (πάνω). Διακρίνονται οι κόκκοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) όπως και στο μάρτυρα. Διακρίνονται ορισμένοι κρύσταλλοι (Κ) οι οποίοι είναι εναποθετημένοι στην επιφάνεια του υλικού (εικόνα 3.21).



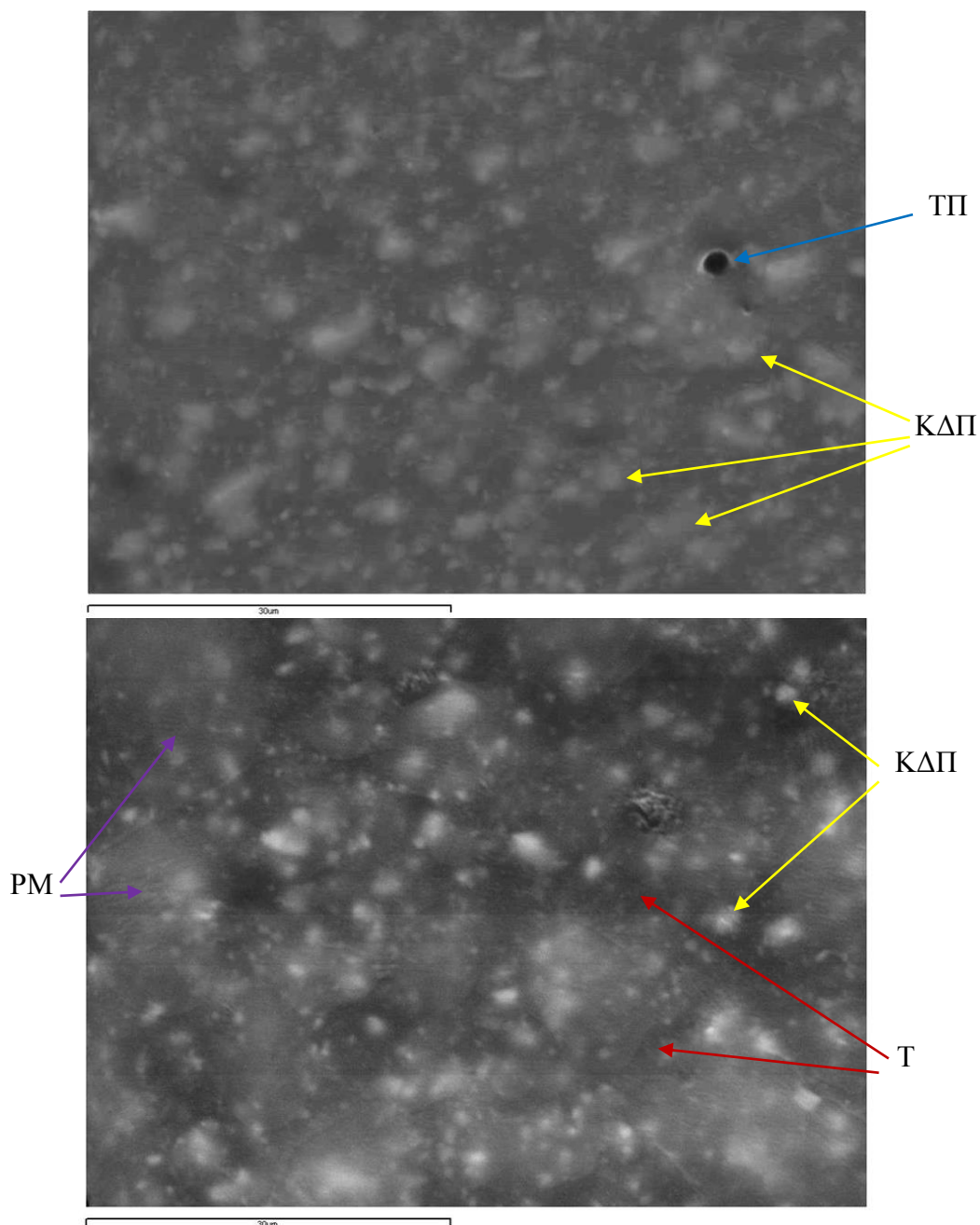
Εικόνα 3.22. Σύγκριση δοκιμίου μάρτυρα (πάνω) με δοκίμιο απολυμασμένο με χλωριούχο βενζαλκόνιο για 30min (κάτω) (x2000) (aquasil)

Χρησιμοποιώντας το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (JSM-5310, JEOL Ltd, Tokyo, Japan) σε μεγέθυνση x2000 πραγματοποιήθηκε η λήψη της παραπάνω φωτογραφίας της επιφάνειας του δοκιμίου (aquasil), το οποίο έχει απολυμανθεί με χλωριούχο βενζαλκόνιο για 30min (κάτω). Η επιφάνεια έχει λάβει ιδιαίτερα έντονη ρυτιδοειδή μορφή (PM), η οποία δεν παρουσιάζεται στο μάρτυρα (πάνω). Διακρίνονται οι κόκκοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) όπως και στο μάρτυρα. Διακρίνονται ορισμένοι κρύσταλλοι (K) οι οποίοι είναι εναποθετημένοι στην επιφάνεια του υλικού (εικόνα 3.22).



Εικόνα 3.23. Σύγκριση δοκιμίου μάρτυρα (πάνω) με δοκίμιο απολυμασμένο με όζον για 5min (κάτω) (x2000) (aquasil)

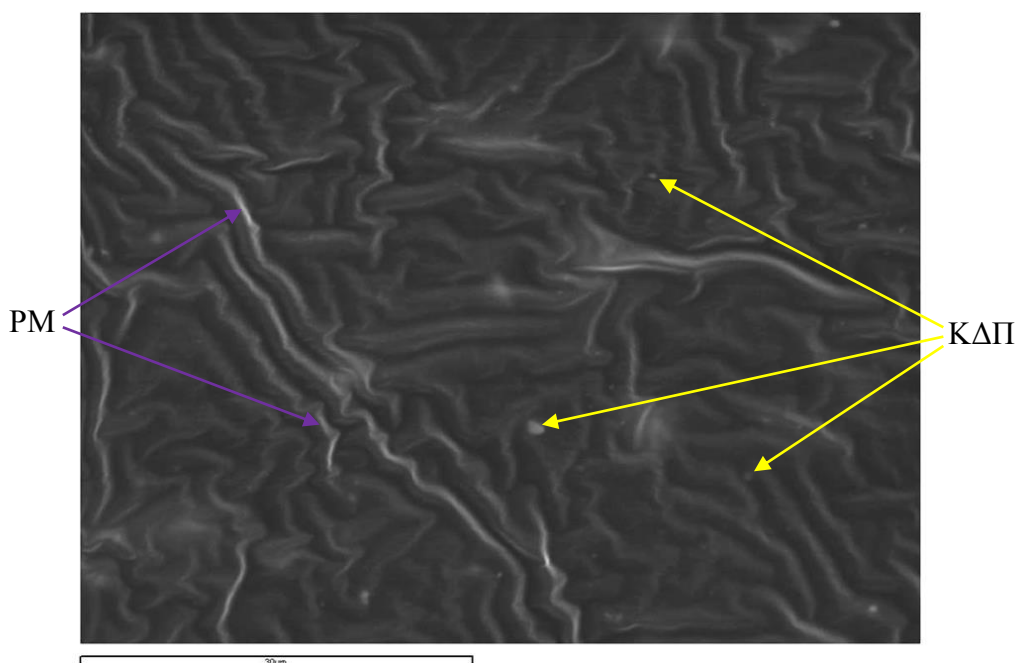
Στην παραπάνω φωτογραφία απεικονίζεται η επιφάνεια του δοκιμίου (aquasil), το οποίο έχει απολυμανθεί με όζον για 5min (κάτω). Η επιφάνεια παρουσιάζει δυο διαφορετικές μορφές σε διαφορετικές περιοχές. Διακρίνονται οι κρύσταλλοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) όπως και στο μάρτυρα (πάνω). Στη μια περίπτωση, η επιφάνεια παρουσιάζει ελαφρά τραχύτητα (T), η οποία δεν παρουσιάζεται στο μάρτυρα, ενώ παράλληλα τα όρια ορισμένων κόκκων διοξειδίου του πυριτίου εμφανίζονται πιο καθαρά υποδηλώνοντας την προβολή ενός μέρους τους, πάνω από την επιφάνεια του υλικού. Στην άλλη περίπτωση, η επιφάνεια έχει λάβει έντονα ρυτιδοειδή μορφή (PM) (εικόνα 3.23).



Εικόνα 3.24. Σύγκριση δοκιμίου μάρτυρα (πάνω) με δοκίμιο απολυμασμένο με όζον για 15min (κάτω) (x2000) (aquasil)

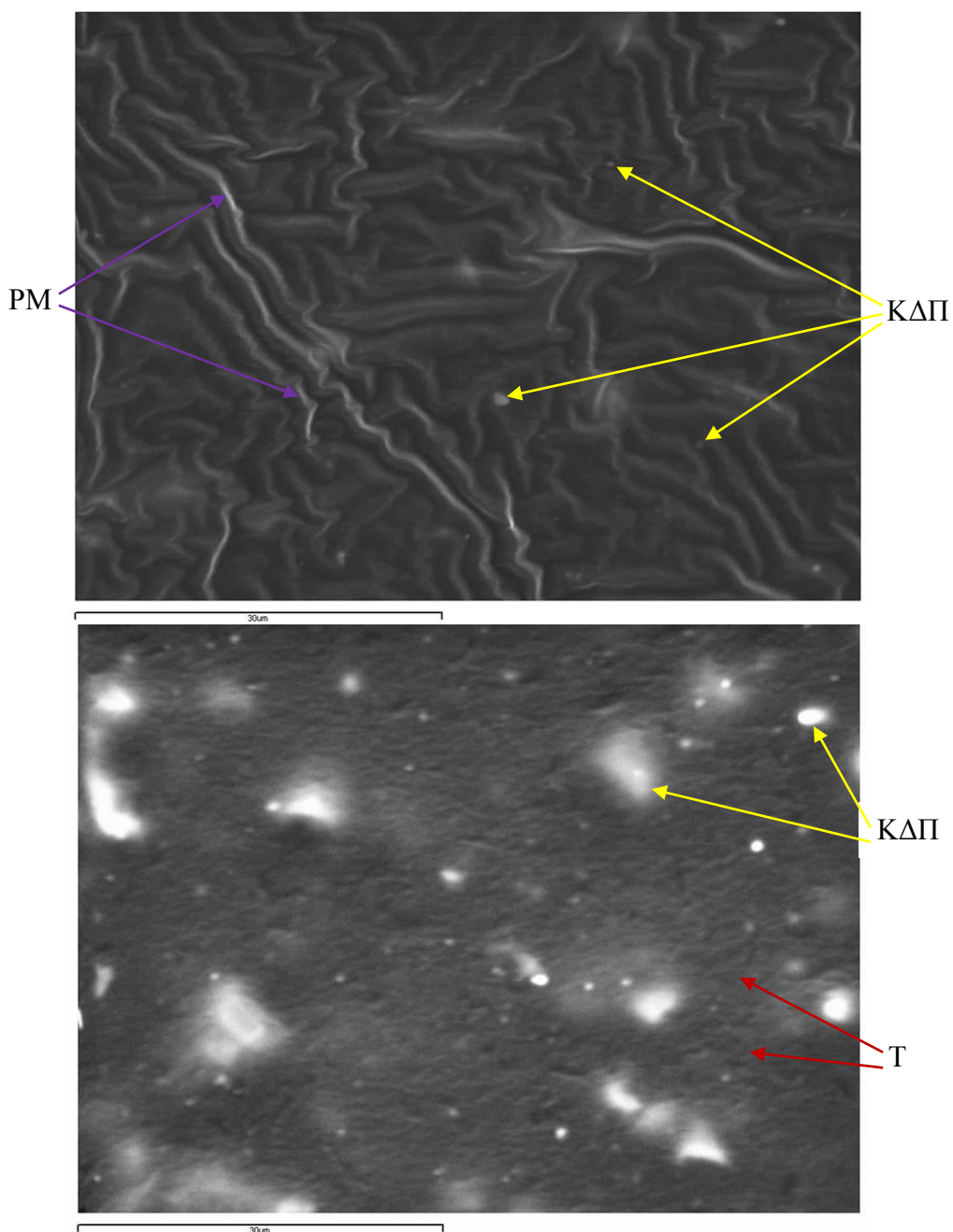
Με χρήση του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (JSM-5310, JEOL Ltd, Tokyo, Japan) πραγματοποιήθηκε η λήψη της παραπάνω φωτογραφίας της επιφάνειας του δοκιμίου (aquasil), το οποίο έχει απολυμανθεί με όζον για 15min (κάτω). Η επιφάνεια παρουσιάζει δυο διαφορετικές μορφές σε διαφορετικές περιοχές. Διακρίνονται οι κρύσταλλοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) όπως και στο μάρτυρα (πάνω). Στη μια περίπτωση, η επιφάνεια παρουσιάζει ελαφρά τραχύτητα (Τ), η οποία δεν παρουσιάζεται στο μάρτυρα, ενώ παράλληλα ορατά ορισμένων κόκκων διοξειδίου του πυριτίου εμφανίζονται πιο καθαρά υποδηλώνοντας την προβολή ενός μέρους τους, πάνω από την επιφάνεια του υλικού. Στην άλλη περίπτωση, η επιφάνεια έχει λάβει ελαφρά ρυτιδοειδή μορφή (PM) (εικόνα 3.24).

3.4.4 Μελέτη επιφανειακής διάβρωσης του υλικού Impregum



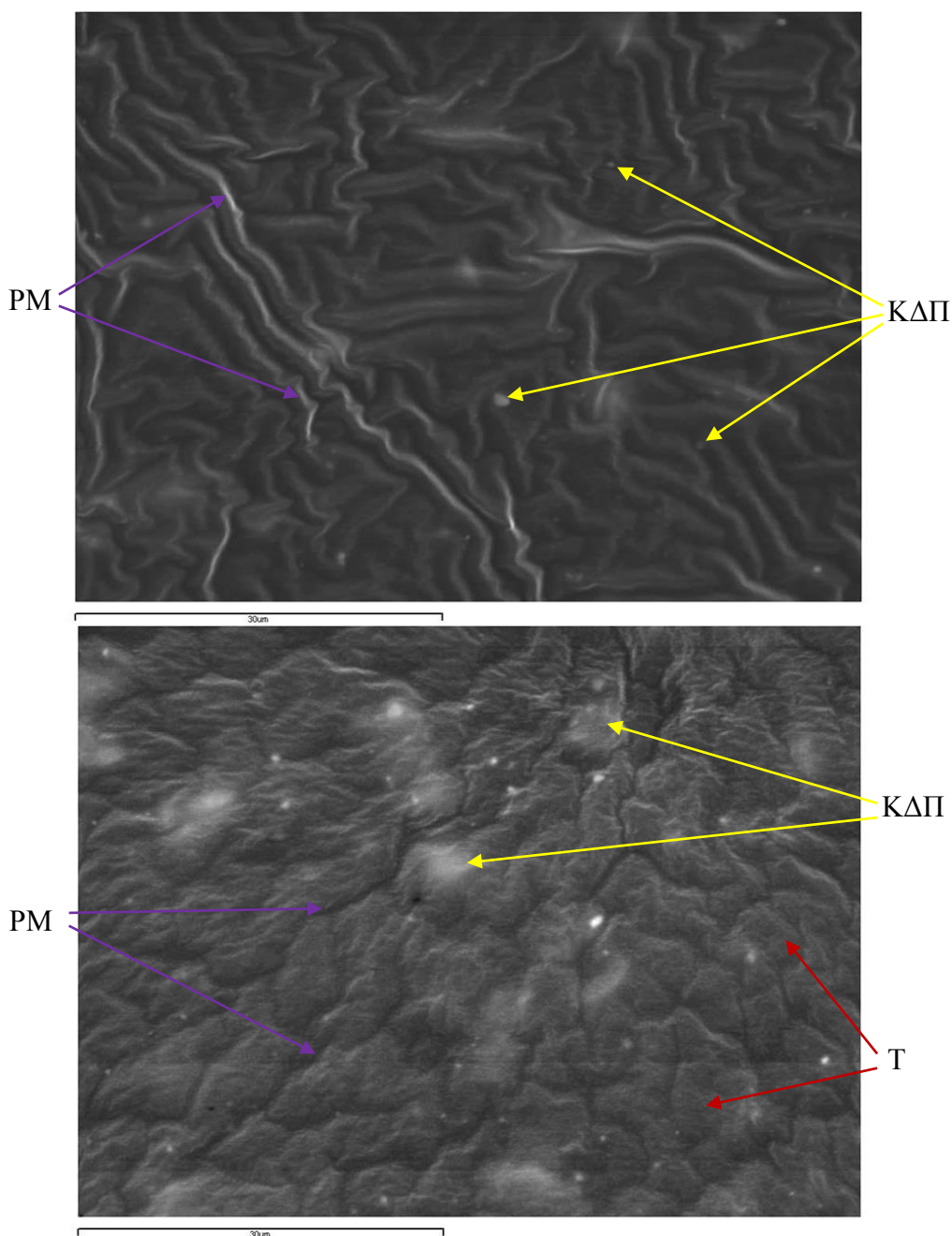
Εικόνα 3.25. Δοκίμιο μάρτυρας (impregum) (x2000)

Χρησιμοποιώντας το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (JSM-5310, JEOL Ltd, Tokyo, Japan) σε μεγέθυνση x2000 πραγματοποιήθηκε η λήψη της παραπάνω φωτογραφίας της επιφάνειας του μάρτυρα (impregum). Η επιφάνεια παρουσιάζει εξαιρετικά έντονη ρυτιδοειδή μορφή (PM). Διακρίνονται αμυδρά οι κόκκοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) (εικόνα 3.25).



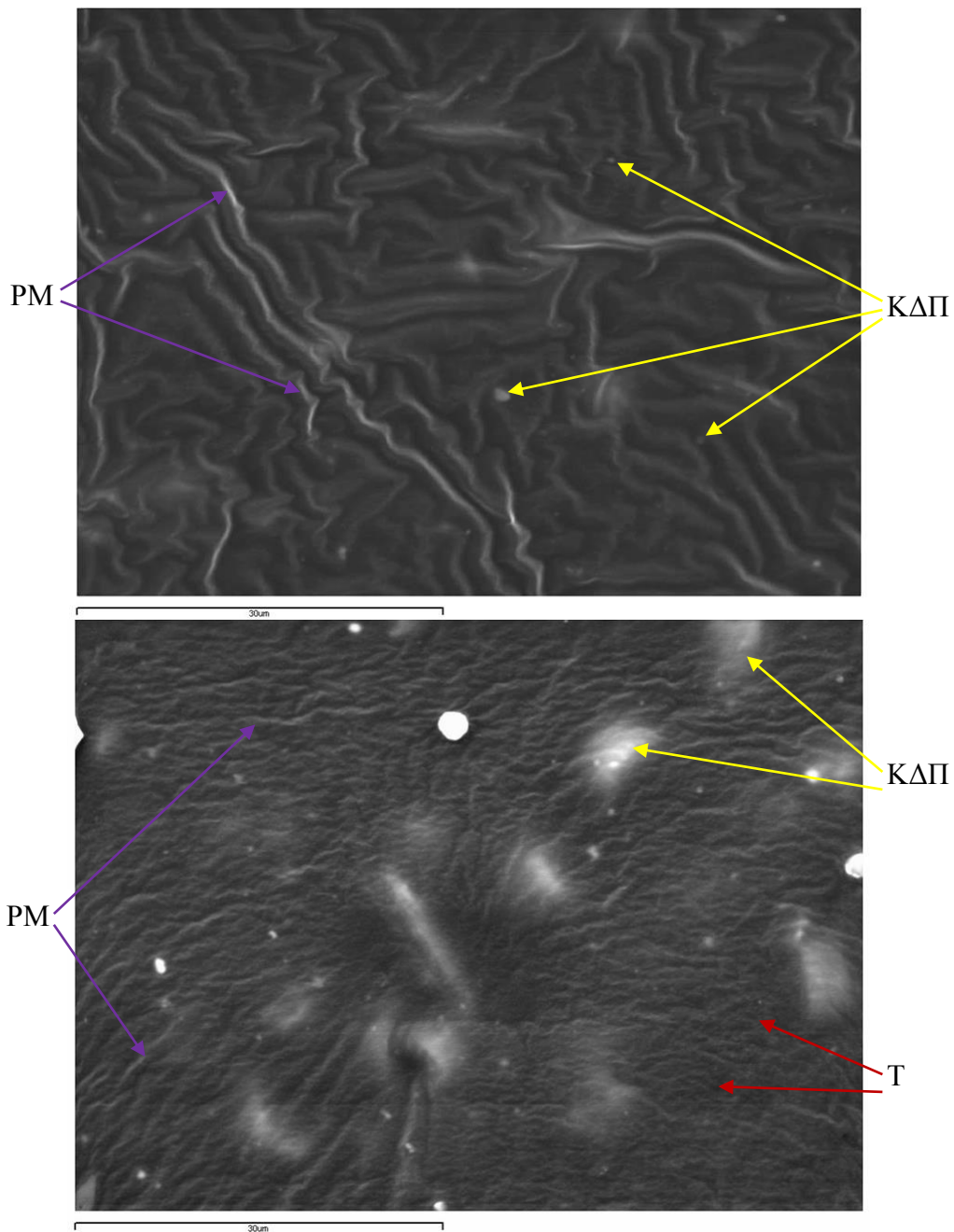
Εικόνα 3.26. Σύγκριση δοκιμίου μάρτυρα (πάνω) με δοκίμιο ξεπλυμένο με νερό (κάτω) (x2000) (impregum)

Στην ανωτέρω φωτογραφία απεικονίζεται η επιφάνεια του δοκιμίου (impregum) το οποίο έχει εκπλυθεί με νερό (κάτω). Κατά τη σύγκριση με την επιφάνεια του μάρτυρα (πάνω) φαίνεται ότι η επιφάνεια του δοκιμίου, το οποίο έχει εκπλυθεί με νερό (κάτω), παρουσιάζει τραχύτητα (T), η οποία δεν παρουσιάζεται στο μάρτυρα, ενώ δεν διακρίνεται ρυτιδοειδής μορφή. Διακρίνονται οι κόκκοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) σε εντονότερο βαθμό απ'ότι στο μάρτυρα. Τα όρια αρκετών κόκκων διοξειδίου του πυριτίου εμφανίζονται πιο καθαρά υποδηλώνοντας την προβολή ενός μέρους τους, πάνω από την επιφάνεια του υλικού (εικόνα 3.26).



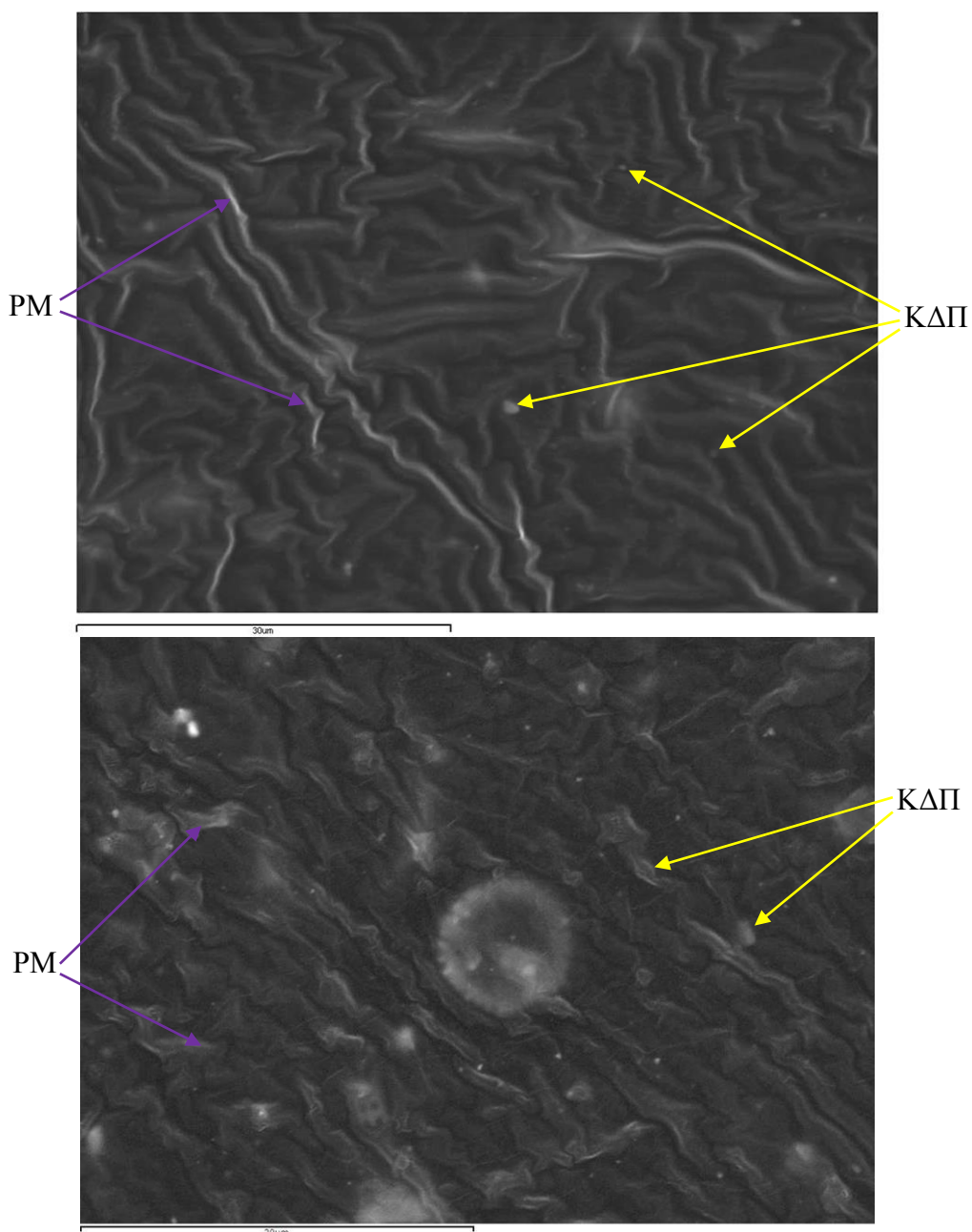
Εικόνα 3.27. Σύγκριση δοκιμίου μάρτυρα (πάνω) με δοκίμιο απολυμασμένο με υποχλωριώδες νάτριο για 10min (κάτω) (x2000) (impregum)

Με χρήση του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (JSM-5310, JEOL Ltd, Tokyo, Japan) πραγματοποιήθηκε η λήψη της παραπάνω φωτογραφίας της επιφάνειας του δοκιμίου (impregum), το οποίο έχει απολυμανθεί με υποχλωριώδες νάτριο για 10min (κάτω). Η επιφάνεια έχει λάβει ιδιαίτερα έντονη ρυτιδοειδή μορφή (PM), παρουσιάζοντας παράλληλα τραχύτητα (T), η οποία δεν παρουσιάζεται στο μάρτυρα (πάνω). Διακρίνονται οι κόκκοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) όπως και στο μάρτυρα (εικόνα 3.27).



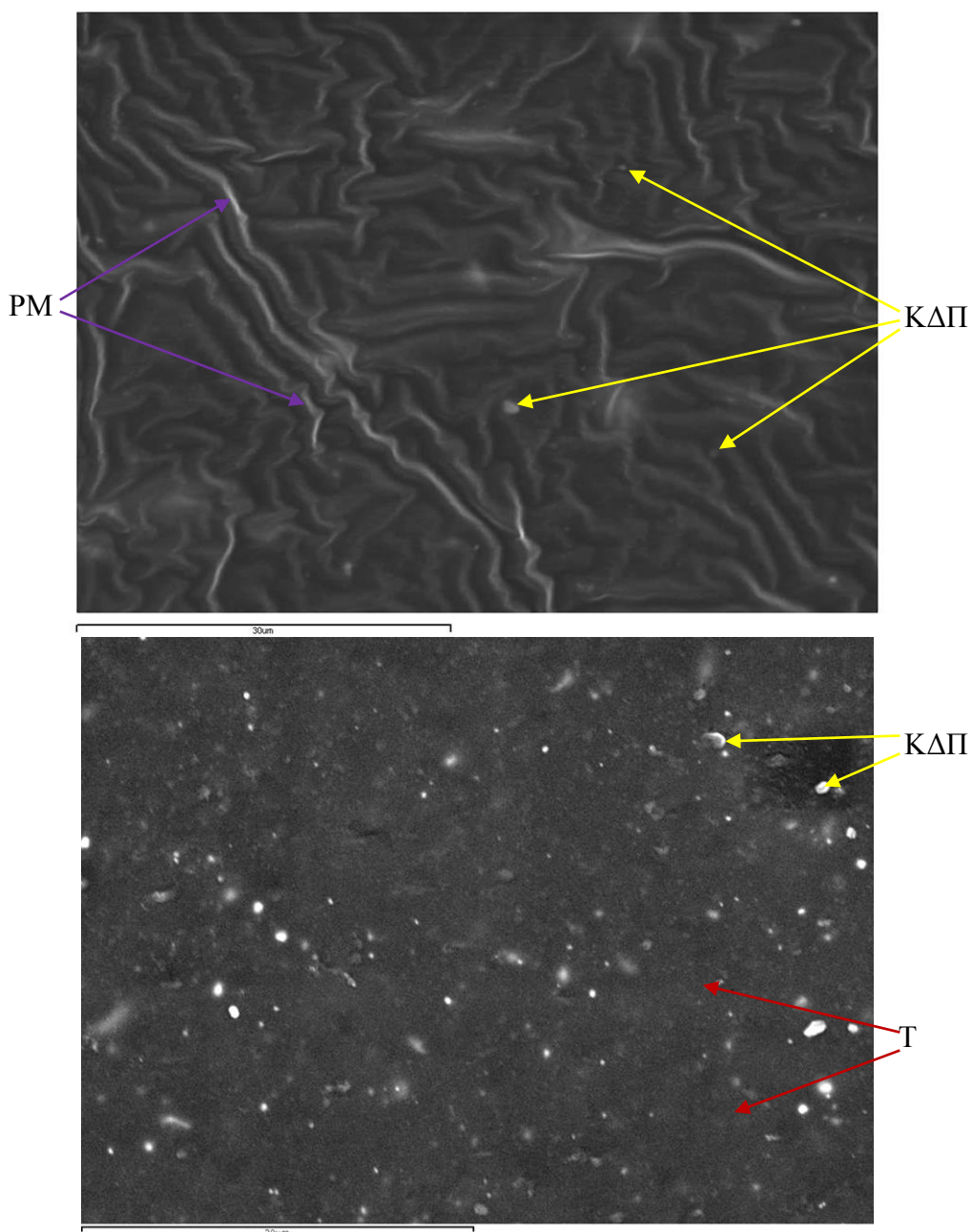
Εικόνα 3.28. Σύγκριση δοκιμίου μάρτυρα (πάνω) με δοκίμιο απολυμασμένο με υποχλωριώδες νάτριο για 30min (κάτω) (x2000) (impregum)

Η φωτογραφία της επιφάνειας του δοκιμίου (impregum) το οποίο έχει απολυμανθεί με υποχλωριώδες νάτριο για 30min (κάτω) δείχνει ότι η επιφάνεια έχει λάβει ρυτιδοειδή μορφή (PM), παρουσιάζοντας παράλληλα τραχύτητα (T), η οποία δεν παρουσιάζεται στο μάρτυρα (πάνω). Η ένταση της ρυτιδοειδούς μορφής είναι μικρότερη από αυτή του δοκιμίου που απολυμάνθηκε με υποχλωριώδες νάτριο για 10min (εικόνα 3.27). Διακρίνονται οι κόκκοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) όπως και στο μάρτυρα (εικόνα 3.28).



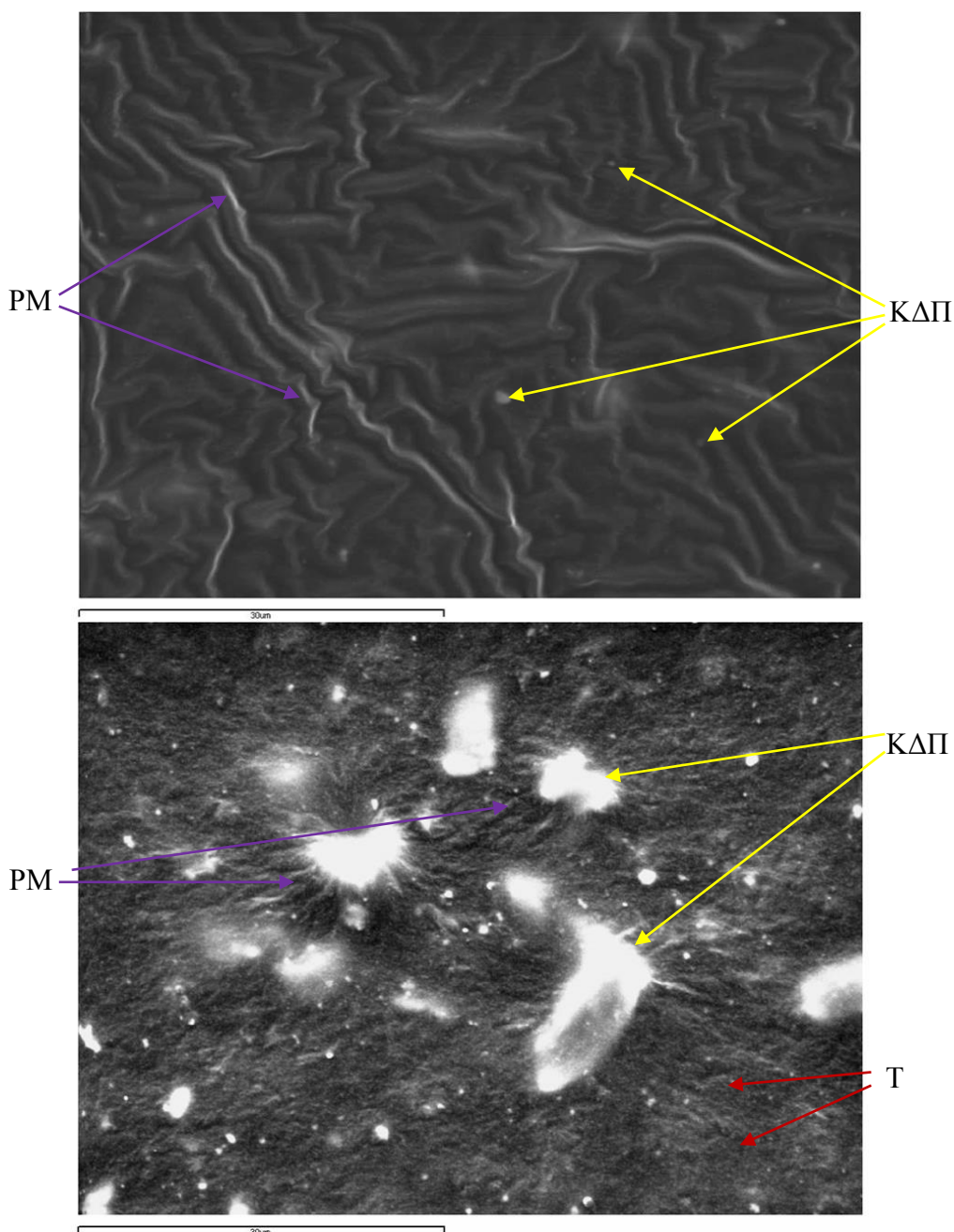
Εικόνα 3.29. Σύγκριση δοκιμίου μάρτυρα (πάνω) με δοκίμιο απολυμασμένο με χλωριούχο βενζαλκόνιο για 2min (κάτω) (x2000) (impregum)

Χρησιμοποιώντας το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (JSM-5310, JEOL Ltd, Tokyo, Japan) σε μεγέθυνση x2000 πραγματοποιήθηκε η λήψη της παραπάνω φωτογραφίας της επιφάνειας του δοκιμίου (impregum), το οποίο έχει απολυμανθεί με χλωριούχο βενζαλκόνιο για 2min (κάτω). Η επιφάνεια έχει λάβει ιδιαίτερα έντονη ρυτιδοειδή μορφή (PM), αντίστοιχη με αυτή που παρουσιάζεται στο μάρτυρα (πάνω). Διακρίνονται οι κόκκοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) όπως και στο μάρτυρα (εικόνα 3.29).



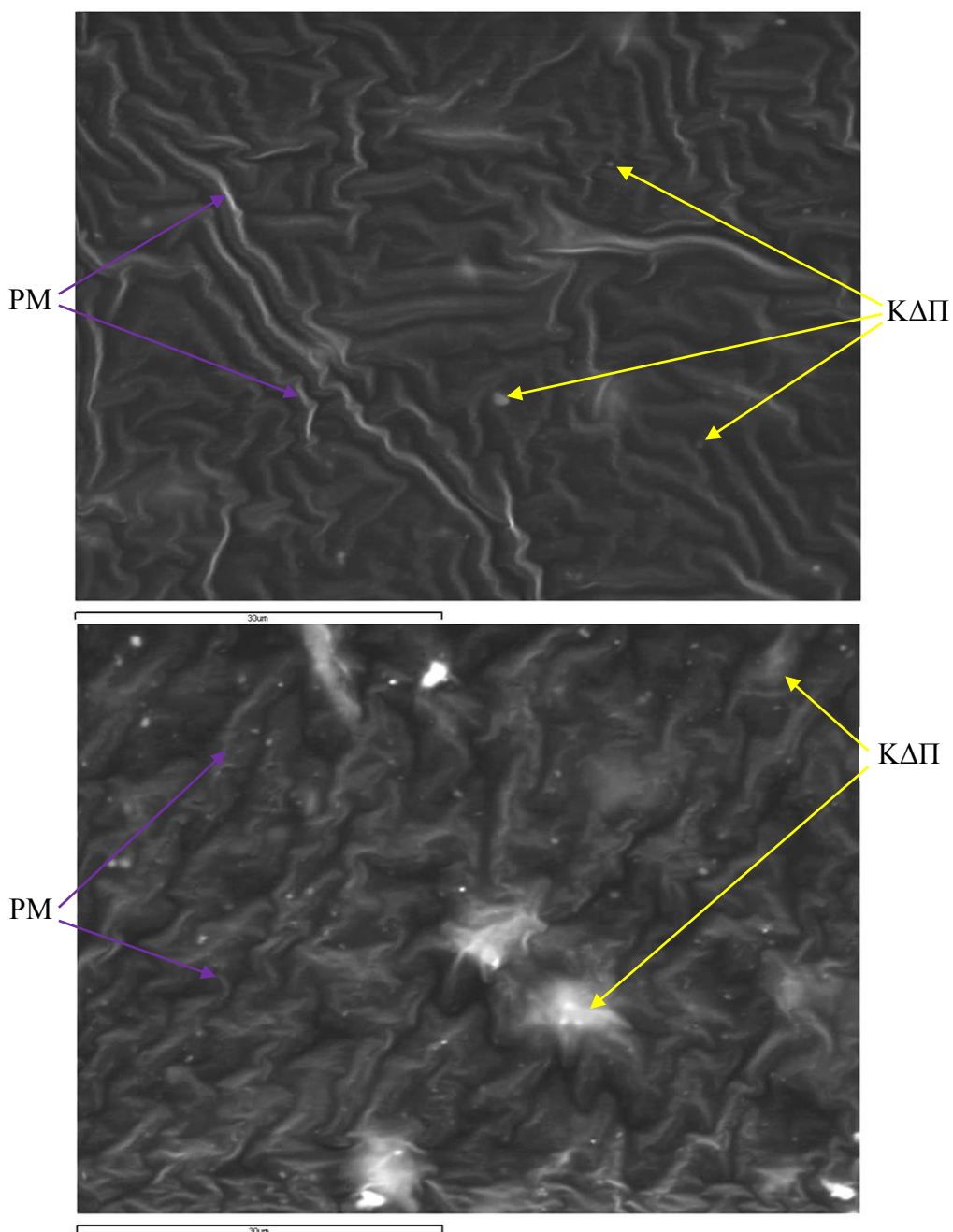
Εικόνα 3.30. Σύγκριση δοκιμίου μάρτυρα (πάνω) με δοκίμιο απολυμασμένο με χλωριούχο βενζαλκόνιο για 30min (κάτω) (x2000) (impregum)

Στην παραπάνω φωτογραφία απεικονίζεται η επιφάνεια του δοκιμίου (impregum) το οποίο έχει απολυμανθεί με χλωριούχο βενζαλκόνιο για 30min (κάτω). Η επιφάνεια παρουσιάζει ιδιαίτερη τραχύτητα (T) ενώ δεν διακρίνεται ρυτιδοειδής μορφή αντίστοιχη με αυτή που παρουσιάζεται στο μάρτυρα (πάνω). Διακρίνονται οι κόκκοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) σε εντονότερο βαθμό απ'ότι στο μάρτυρα. Τα όρια αρκετών κόκκων διοξειδίου του πυριτίου εμφανίζονται πιο καθαρά υποδηλώνοντας την προβολή ενός μέρους τους, πάνω από την επιφάνεια του υλικού (εικόνα 3.30).



Εικόνα 3.31. Σύγκριση δοκιμίου μάρτυρα (πάνω) με δοκίμιο απολυμασμένο με όζον για 5min (κάτω) (x2000) (impregum)

Χρησιμοποιώντας το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (JSM-5310, JEOL Ltd, Tokyo, Japan) σε μεγέθυνση x2000 πραγματοποιήθηκε η λήψη της παραπάνω φωτογραφίας της επιφάνειας του δοκιμίου (impregum), το οποίο έχει απολυμανθεί με όζον για 5min (κάτω). Η επιφάνειά έχει λάβει έντονη ρυτιδοειδή μορφή (PM) η οποία όμως παράλληλα παρουσιάζει πολύ έντονη τραχύτητα (T), η οποία δεν παρουσιάζεται στο μάρτυρα (πάνω). Διακρίνονται οι κόκκοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) όπως και στο μάρτυρα. Τα όρια πολλών κόκκων διοξειδίου του πυριτίου εμφανίζονται πολύ καθαρά υποδηλώνοντας την προβολή ενός μεγάλου μέρους τους, πάνω από την επιφάνεια του υλικού. Αξιοσημείωτη είναι η ένταση της ρυτιδοειδούς μορφής περιφερικά των κόκκων διοξειδίου του πυριτίου που προβάλλουν πάνω από την επιφάνεια του υλικού (εικόνα 3.31).



Εικόνα 3.32. Σύγκριση δοκιμίου μάρτυρα (πάνω) με δοκίμιο απολυμασμένο με όζον για 15min (κάτω) (x2000) (impregum)

Η φωτογραφία της επιφάνειας του δοκιμίου (impregum), το οποίο έχει απολυμανθεί με όζον για 15min (κάτω) έχει λάβει ιδιαίτερα έντονη ρυτιδοειδή μορφή (PM) η οποία όμως δεν παρουσιάζει τραχύτητα όπως στην περίπτωση του δοκιμίου που απολυμάνθηκε με όζον για 5min (εικόνα 3.31). Διακρίνονται οι κόκκοι διοξειδίου του πυριτίου (ΚΔΠ) (SiO_2) κάτω από την επιφάνεια του πολυμερούς (άσπρες περιοχές) πολύ πιο έντονα απ'ότι στο μάρτυρα (πάνω). Τα όρια αρκετών κόκκων διοξειδίου του πυριτίου εμφανίζονται πολύ καθαρά υποδηλώνοντας την προβολή ενός μέρους τους, πάνω από την επιφάνεια του υλικού (εικόνα 3.32).

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΩΤΟΤΥΠΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΜΕ ΟΖΟΝ

Η πειραματική συσκευή απολύμανσης που περιγράφεται στο κεφάλαιο 2.1 πέρασε αρκετά στάδια βελτιώσεων πριν λάβει την τελική μορφή της. Η αρχική υπόθεση ήταν ότι για την απολύμανση των οδοντιατρικών υλικών αποτύπωσης θα χρειαζόταν ποσότητα όζοντος μικρότερη από 20ppm (Kowalski *et al.*, 2003, Kowalski *et al.*, 1998, Dias *et al.*, 1983, Bezirtzoglou *et al.*, 2008). Για το λόγο αυτό, το αρχικό σχέδιο, χωρίς ροόμετρο, περιλάμβανε έναν μετρητή όζοντος εύρους 0-20ppm (OS-4, Ozonesolutions, Inc, Hull, Iowa, USA) του οποίου ο αισθητήρας ήταν τοποθετημένος μέσα στο θάλαμο απολύμανσης. Ο μετρητής όζοντος ήταν συνδεδεμένος με τη γεννήτρια όζοντος μέσω κεντρικού αυτοματισμού (R-25, Ozonesolutions, Inc, Hull, Iowa, USA) χάρις στον οποίο δινόταν η δυνατότητα σταθεροποίησης της συγκεντρώσεως του όζοντος εντός του θαλάμου στην επιθυμητή συγκέντρωση. Πιο συγκεκριμένα, αρχικά τοποθετήθηκε ηλεκτροβαλβίδα στην έξοδο του θαλάμου με σκοπό να παραμένει κλειστή κατά τη διάρκεια της απολύμανσης και να ανοίγει μέσω του πίνακα ελέγχου κατά τον καθαρισμό του θαλάμου απολύμανσης με ατμοσφαιρικό αέρα. Μανόμετρο πίεσεως (εικόνα 2.1), ειδικά κατασκευασμένο για χρήση όζοντος, τοποθετήθηκε στο καπάκι του θαλάμου απολύμανσης για να εξεταστεί τυχούσα αύξηση πίεσεως εντός του θαλάμου, η οποία όμως ποτέ δεν αυξήθηκε. Κατά τα πιλοτικά πειράματα, η συγκέντρωση εντός του θαλάμου ξεπερνούσε κατά πολύ την επιθυμητή ρυθμισμένη συγκέντρωση. Για να αποφευχθεί αυτό, παρέμεινε ανοιχτή η ηλεκτροβαλβίδα εξόδου κατά την απολύμανση, με τα ίδια όμως αποτελέσματα. Τοποθετήθηκε ροόμετρο υψηλής ακριβείας εύρους 0-20L/min (EK-4BR, Kytola Instruments) πριν την εισαγωγή του μείγματος όζοντος στο θάλαμο απολύμανσης. Επιτεύχθηκε ομαλή αύξηση συγκεντρώσεως, όμως μόλις η γεννήτρια όζοντος έσβηνε μέσω του κεντρικού αυτοματισμού διατήρησης συγκεντρώσεως (R-25, Ozonesolutions, Inc, Hull, Iowa, USA), το εύρος συγκεντρώσεως διατηρούνταν πολύ μεγάλο και απέκλινε πολύ από την επιθυμητή ρυθμισμένη συγκέντρωση. Η πιθανή αιτιολογία ήταν ότι το μείγμα όζοντος που παρέμενε στους σωλήνες εισαγωγής συνέχιζε να διοχετεύεται εντός του θαλάμου παρά την παροδική απενεργοποίηση της γεννήτριας όζοντος και της αεραντλίας προώθησης αερίου ενώ παράλληλα κατά την επανεκκίνηση λειτουργίας της γεννήτριας περνούσε ένα διάστημα μέχρι να εισέλθει όζον πάλι εντός του θαλάμου. Για μείωση του εύρους συγκεντρώσεως, τοποθετήθηκε ηλεκτροβαλβίδα πριν το ροόμετρο, ώστε να εγκλωβιστεί το αέριο εντός του θαλάμου, με καλύτερα αποτελέσματα, αλλά ακόμη ανεπαρκή. Στη συνέχεια, η τελευταία τοποθετημένη ηλεκτροβαλβίδα εισαγωγής τοποθετήθηκε μετά το ροόμετρο και ακριβώς πριν το θάλαμο απολύμανσης με σκοπό να μην παραμένουν σωλήνες εισαγωγής με μείγμα όζοντος το οποίο διοχετεύεται αργά εντός του θαλάμου. Τα αποτελέσματα ήταν καλύτερα αλλά το πρόβλημα παρέμενε. Η ποσότητα του όζοντος που παράγεται από τη γεννήτρια παραγωγής όζοντος είναι πολύ μεγάλη με αποτέλεσμα να μην μπορεί να σταθεροποιηθεί χαμηλή συγκέντρωση όζοντος εντός του θαλάμου. Για αυτό το λόγο τοποθετήθηκε διακλαδωτής στο σωλήνα εισαγωγής και πριν το ροόμετρο, ο οποίος μέσω σωλήνα οδηγούσε προς καταστροφή στον καταλύτη διοξειδίου του μαγγανίου-οξειδίου του χαλκού (ODS-1P, Ozonesolutions, Inc, Hull, Iowa, USA) τη μεγαλύτερη ποσότητα όζοντος. Ο κεντρικός αυτοματισμός (R-25, Ozonesolutions, Inc, Hull, Iowa, USA)

διαχειριζόταν πλέον τη λειτουργία της νέας αυτής ηλεκτροβαλβίδας εισαγωγής και όχι τη λειτουργία της γεννήτριας όζοντος, ώστε να παραμένει εν λειτουργία, διότι παρατηρήθηκε ότι κατά την εκκίνηση λειτουργίας της γεννήτριας υπήρχε μεγάλη καθυστέρηση στην ανταπόκριση αύξησης συγκεντρώσεως. Τα αποτελέσματα ήταν πολύ θετικά και πλήρως αποδεκτά.

Κατά τη διάρκεια πιλοτικών μικροβιολογικών πειραμάτων παρατηρήθηκε ότι η ποσότητα όζοντος που χρησιμοποιήθηκε (0-20ppm) δεν ήταν αρκετή ώστε να απολυμανθεί αποτελεσματικά η οδοντιατρική αποτυπωτική σιλικόνη. Αφαιρέθηκε, λοιπόν, ο κεντρικός αυτοματισμός (R-25, Ozonesolutions, Inc, Hull, Iowa, USA) και οι ηλεκτροβαλβίδες και στο θάλαμο απολύμανσης δημιουργήθηκε χαμηλή ροή μείγματος όζοντος (4L/min) υψηλής συγκεντρώσεως. Η υψηλή συγκέντρωση όζοντος που επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί για τα συγκεκριμένα πειράματα, οφείλεται στο γεγονός ότι η καταστροφική δράση του όζοντος επάνω στα βακτήρια αυξάνεται με τη συγκέντρωση του όζοντος έως ενός ορίου, πάνω από το οποίο δεν υπάρχει αύξηση της καταστροφικής του δράσης (Kowalski *et al.*, 1998).

4.1.1 Υπολογισμός συγκέντρωσης όζοντος εντός του θαλάμου (ppm)

Λόγω μη δυνατότητας χρήσης μετρητή όζοντος υψηλών συγκεντρώσεων, λόγω υψηλού κόστους αγοράς, υπολογίστηκε η συγκέντρωση όζοντος (ppm) εντός του θαλάμου μέσω μαθηματικών υπολογισμών.

Ξέρουμε ότι η γεννήτρια όζοντος που χρησιμοποιήθηκε (OZV-4, Ozonesolutions, Inc, Hull, Iowa, USA) παράγει 2,61g/h υπό ροή ατμοσφαιρικού αέρα 4L/min, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή.

Γνωρίζουμε ότι, υπό Κ.Σ.:

$$1 \text{ g O}_3 / \text{m}^3 = 467 \text{ PPM O}_3 \text{ (1)}$$

Σύμφωνα με τον τύπο,

$$LPM \times g / \text{m}^3 = g / h \Rightarrow$$

$$g / \text{m}^3 = \frac{g / h}{LPM} \Rightarrow$$

$$g / \text{m}^3 = \frac{2,61}{4 \times 10^{-3} \times 60} \Rightarrow$$

$$g / \text{m}^3 = 10,875 \text{ (2)}$$

Συνδυάζοντας (1) και (2) και με την απλή μέθοδο των τριών καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η συγκέντρωση εντός του θαλάμου είναι της τάξεως των 5078ppm, το οποίο θεωρείται υψηλή συγκέντρωση όζοντος.

4.2 ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

4.2.1 Βακτηριολογική μελέτη υπό συνθήκες εργαστηρίου

Για τη μελέτη της αποτελεσματικότητας της συσκευής απολυμάνσεως με όζον επιλέχθηκε ένα στέλεχος από τα Gram (+) (*S.aureus*) και ένα από τα Gram (-) (*Kl.pneumoniae*) βακτήρια. Στα διαγράμματα 3.1 και 3.2 παρατηρούμε ότι τόσο στον *S.aureus* όσο και στην *Kl.pneumoniae* εμφανίστηκε μείωση του βακτηριακού πληθυσμού το χρονικό διάστημα που απαιτήθηκε για να ολοκληρωθεί η διαδικασία έκθεσης όλων των δειγμάτων στο όζον (χειρισμοί C και C+). Η μείωση αυτή ήταν στατιστικά μη σημαντική. Ο συγκεκριμένος έλεγχος μεταξύ των 2 χειρισμών των μαρτύρων (C και C+) ήταν μείζονος σημασίας για την επιτυχημένη έκβαση των πειραμάτων διότι αποκλείεται το ενδεχόμενο μείωσης του βακτηριακού πληθυσμού λόγω παρατεταμένης παραμονής των βακτηρίων εκτεθειμένων στον ατμοσφαιρικό αέρα. Επίσης, παρατηρείται μεγαλύτερη ανθεκτικότητα του *S.aureus* σε σχέση με την *Kl.pneumoniae* στους διάφορους χειρισμούς. Αυτό οφείλεται στο ότι το *S.aureus* ως Gram (+) βακτήριο είναι ανθεκτικότερο από το Gram (-) *Kl.pneumoniae*, λόγω διαφορετικής δομής του κυτταρικού τοιχώματος (Ayliffe *et al.*, 1988).

Στο βακτηριακό στέλεχος *Kl.pneumoniae* (διάγραμμα 3.2) ήδη από τα πρώτα 3min έκθεσης στο όζον παρατηρείται σημαντική μείωση των ζωντανών κυττάρων του με καταμέτρηση μικρότερη της μίας λογαριθμικής μονάδας, ενώ με αύξηση του χρόνου έκθεσης στο όζον (5, 10, 15min) παρατηρείται πλήρης εξαφάνιση των ζωντανών κυττάρων του. Όσον αφορά την επίδραση του όζοντος στο βακτηριακό στέλεχος *S.aureus* (διάγραμμα 3.1) μετά από τον ελάχιστο χρόνο έκθεσης στο όζον (3min) παρατηρήθηκε σημαντική πτώση στον βακτηριακό πληθυσμό, μεγαλύτερη των 3 λογαριθμικών μονάδων, τα επίπεδα όμως διατηρήθηκαν σταθερά και στους μεγαλύτερους χρόνους έκθεσης (5, 10, 15min). Αντίθετα, οι Kowalski και συν. (2003) σε αντίστοιχα πειράματα με αέριο όζον, παρατήρησαν ότι η επίδραση του αέριου όζοντος στους βακτηριακούς πληθυσμούς του *E.coli* ακολουθεί μία καμπύλη δευτέρας τάξεως (Kowalski *et al.*, 2003). Τα συμπεράσματα αυτά θα μπορούσαν να αιτιολογηθούν από το γεγονός ότι η πειραματική διάταξη που ακολουθήθηκε από την ερευνητική ομάδα του Kowalski ήταν διαφορετική. Οι καλλιέργειες των βακτηρίων ήταν επιστρωμένες σε τρυβλία petri κατά την έκθεση στο όζον, γεγονός που δεν επέτρεπε τη δημιουργία κυτταρικών συσσωματωμάτων (βακτηρίων που βρίσκονται σε στενή επαφή).

Αυτά τα αποτελέσματα σε συνδυασμό με τη μεγάλη τυπική απόκλιση που παρουσιάζεται οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα αρχικά βακτηριακά φορτία δεν είναι ίσα για όλα τα δισκία που αποκόπτονται από το αποτυπωτικό υλικό του τρυβλίου. Αυτό επιβεβαιώνεται από το γεγονός ότι κατά την απομάκρυνση της υγρής καλλιέργειας από το αποτυπωτικό υλικό, η επιφάνεια στέγνωνε χωρίς συμμετρία. Κάποιες περιοχές στέγνωναν πιο γρήγορα από κάποιες άλλες. Αυτό πιθανώς σημαίνει ότι οι περιοχές που αργούν να στεγνώσουν εμπεριέχουν υψηλότερο βακτηριακό φορτίο και συσσωματώματα βακτηρίων. Αυτή η άποψη ενισχύεται από το ότι, όπως έχει αναφερθεί (Kowalski *et al.*, 1998), βακτήρια που σχηματίζουν συσσωματώματα προστατεύονται πολύ καλύτερα ενάντια στην οξειδωτική δράση του όζοντος και τείνουν να επιζήσουν προστατευόμενα ανάμεσα στα νεκρά και τα μεμονωμένα βακτήρια, που το όζον έχει καταστρέψει ολοκληρωτικά, όπως φαίνεται στην περίπτωση του *S.aureus* (διάγραμμα 3.1).

Η μείωση που παρατηρείται και στα δύο βακτηριακά στελέχη ήταν μεγαλύτερη των 3 λογαριθμικών μονάδων, όπως φαίνεται και στα διαγράμματα 3.1 και 3.2, όπου ο βακτηριακός πληθυσμός των απολυμασμένων δειγμάτων βρίσκεται

σε χαμηλότερα επίπεδα από τη χαρακτηριστική οριζόντια γραμμή, που αναπαριστά το όριο επίτευξης απολύμανσης (Mosteller and Bishop, 1993, Guilhermetti *et al.*, 2010, EN 1500, 1997).

Ένας πιθανός τρόπος αντιμετώπισης της μη ολοκληρωτικής εξουδετέρωσης των βακτηριακών στελεχών είναι η διαδοχική απολύμανση των δισκίων αμέσως μετά την πρώτη απολύμανση. Μετά την ολοκλήρωση δηλαδή της απολύμανσης, να πραγματοποιηθεί δεύτερος κύκλος απολύμανσης ίδιας διάρκειας με την πρώτη (π.χ. 3min). Πιλοτικά πειράματα έδειξαν ότι το όζον δρά αποτελεσματικότερα σε αυτή την πειραματική διάταξη.

4.2.2 Βακτηριολογική μελέτη υπό συνθήκες καθημερινής οδοντιατρικής πράξης

Για τη μελέτη της αποτελεσματικότητας της συσκευής απολυμάνσεως με όζον υπό συνθήκες καθημερινής οδοντιατρικής πράξης χρησιμοποιήθηκε μια πειραματική διάταξη η οποία να προσομοιάζει τις πραγματικές συνθήκες που θα ακολουθούνταν αν η συσκευή αυτή ήταν του εμπορίου. Το μεγάλο εύρος της ηλικίας των ασθενών επιλέχθηκε διότι η σύνθεση της στοματικής μικροχλωρίδας αλλάζει ανάλογα με την ηλικία των ασθενών και έπρεπε να καλύπτεται ένα ευρύ φάσμα βακτηριακής μικροχλωρίδας (Marsh *et al.*, 1992). Ο χρόνος παραμονής των αποτυπώματων σε πλαστική σακούλα μεταφοράς (περίπου 12 ώρες) προσομοιάζει την καθημερινή οδοντιατρική πράξη, όπου τα ληφθέντα οδοντιατρικά αποτυπώματα αποστέλλονται στο οδοντοτεχνικό εργαστήριο.

Στο διάγραμμα 3.3 αναπαριστώνται τα συνολικά αποτελέσματα του πειράματος. Όσον αφορά τις αερόβιες συνθήκες, η μείωση του βακτηριακού φορτίου δεν είναι μεγάλη για τους 2 χρόνους απολύμανσης με όζον (5, 15min) και πιο συγκεκριμένα είναι περίπου της τάξεως της 1 λογαριθμικής μονάδας. Η απολύμανση, λοιπόν, δεν φαίνεται να επιτυγχάνεται, εφόσον όπως φαίνεται και στο διάγραμμα οι βακτηριακοί πληθυσμοί βρίσκονται πολύ πάνω από τη μώβ γραμμή που αναπαριστά το όριο επίτευξης απολύμανσης. Σε αυτό το αποτέλεσμα, ως μεμονομένο, θα διδόταν ιδιαίτερη βαρύτητα και αρνητική χροιά. Όμως, η ενσωμάτωση της χημικής απολύμανσης με εμβάπτιση σε απολυμαντικό διάλυμα (Α) αποδεικνύει ότι η επίτευξη απολύμανσης είναι οριακή. Αν ληφθεί δε υπόψη και η μεγάλη τυπική απόκλιση που υπάρχει στα συγκεκριμένα αποτελέσματα της μεθόδου αυτής (Α), είναι ιδιαίτερα αναμφίβολη η επιτυχής απολύμανση. Η άποψη αυτή ενισχύεται λαμβάνοντας υπ' όψιν τα αποτελέσματα των αναερόβιων συνθηκών της πειραματικής διάταξης. Σε αυτή την περίπτωση το απολυμαντικό διάλυμα δεν πραγματοποιεί απολύμανση όπως αναμενόταν, αλλά μια απλή μείωση του βακτηριακού πληθυσμού κατά 2 λογαριθμικές μονάδες. Η στατιστική μελέτη των αναερόβιων συνθηκών δείχνει ότι καμμία απολυμαντική μέθοδος δεν διαφέρει στατιστικά σημαντικά, η μία από την άλλη, όπως βέβαια και ότι οι βακτηριακοί πληθυσμοί των μαρτύρων και των μεθόδων απολύμανσης με όζον δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους. Αυτό δίνει ένα προβάδισμα στην απολύμανση με εμβάπτιση στο απολυμαντικό διάλυμα, χωρίς όμως να είναι πραγματικά αποτελεσματικό. Η στατιστική μελέτη των αερόβιων συνθηκών ευνοεί την απολύμανση με το απολυμαντικό διάλυμα, όπου η μόνη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων εντοπίζεται μεταξύ του απολυμαντικού διαλύματος και των υπόλοιπων βακτηριακών πληθυσμών (C, O₃-5, O₃-15).

Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας ο οποίος πιθανόν συνετέλεσε στο μικρό βαθμό μείωσης του βακτηριακού φορτίου, σε όλες τις μεθόδους απολύμανσης, είναι ότι τα αποτυπώματα δεν ξεπλύθηκαν με τρεχούμενο νερό πριν τη διαδικασία

απολύμανσης. Η δράση των απολυμαντικών διαλυμάτων μειώνεται όταν υπάρχει οργανική ύλη π.χ. σάλιο και για αυτό το λόγο συνιστάται η έκπλυση των προς απολύμανση προσθέσεων ή αποτυπωτικών υλικών (Bell *et al.*, 1989). Το σάλιο είναι γνωστό ότι διαθέτει αμυντικούς μηχανισμούς οι οποίοι προστατεύουν τον οργανισμό από την εισβολή βακτηρίων, ιών και μυκήτων (Rao *et al.*, 1997, Marcozzi, 1996). Ένας από τους μηχανισμούς αυτούς που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια είναι ο αντιοξειδωτικός μηχανισμός του σάλιου (Nagler *et al.*, 2002). Όπως και τα άλλα βιολογικά συστήματα, το αντιοξειδωτικό σύστημα του σάλιου περιλαμβάνει διάφορα μόρια και ένζυμα, από τα οποία τα πιο σημαντικά είναι το ουρικό οξύ και το ένζυμο υπεροξειδάση, τα οποία είναι και τα δύο διαλυτά στο νερό. Υπάρχουν και άλλα αντιοξειδωτικά στοιχεία τα οποία μεταφέρονται μέσω λιποπρωτεϊνών, αλλά δε συμβάλλουν πάνω από 10% στην ολική αντιοξειδωτική δράση του σάλιου (Meucci *et al.*, 1998, Moore *et al.*, 1994, Hirayama *et al.*, 1997). Το ουρικό οξύ, το οποίο είναι το πιο σημαντικό αντιοξειδωτικό μόριο του σάλιου (Moore *et al.*, 1994, Kondakova *et al.*, 1999, Terao *et al.*, 1993), συνεισφέρει περίπου στο 70% της ολικής αντιοξειδωτικής δράσης του σάλιου, σύμφωνα με τους Moore και συνεργάτες (Moore *et al.*, 1994), με τον αντιοξειδωτικό ρόλο του ασκορβικού οξέως να έρχεται δεύτερος (Moore *et al.*, 1994, Terao *et al.*, 1993). Όσον αφορά τα ένζυμα και το ρόλο τους στην αντιοξειδωτική δράση του σάλιου, η υπεροξειδάση είναι το πιο σημαντικό ένζυμο. Ωστόσο, το υπεροξειδίο της δισμουτάσης (SOD), υπάρχει σε λίγα ισοένζυμα του σάλιου και έχει δεύτερο αντιοξειδωτικό ρόλο (Nagler *et al.*, 2002). Είναι εύλογο, λοιπόν, ότι ο πιο πιθανός λόγος που δεν ήταν αποτελεσματική καμμία μέθοδος απολύμανσης, βρίσκεται στη μη έκπλυση των αποτυπωμάτων με τρεχούμενο νερό. Το τρεχούμενο νερό θα διέλυε το ουρικό οξύ και το ένζυμο υπεροξειδάση και δεν θα προστάτευαν τα βακτήρια με την αντιοξειδωτική τους δράση, αλλά απεναντίας θα επισπευδόνταν η οξείδωση των βακτηρίων υπό την απουσία τους.

Έχουν προταθεί απολυμαντικά διαλύματα τα οποία δεν επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από την ύπαρξη οργανικής ύλης, όπως είναι το διοξειδίο του χλωρίου (Spiegelman and Giambrone, 1986). Λόγω της αποδεδειγμένης μη τήρησης των πρωτοκόλλων απολύμανσης των οδοντιατρικών αποτυπωμάτων και λοιπών προσθέσεων από τους οδοντιάτρους και τα οδοντοτεχνικά εργαστήρια και της μη επαρκούς ενημέρωσης του προσωπικού των οδοντοτεχνικών εργαστηρίων περί απολυμάνσεως (Kugel *et al.*, 2000, Egusa *et al.*, 2008, Jagger *et al.*, 1995, Council on Scientific Affairs, 1996), αποφασίστηκε στην παρούσα μελέτη η μη έκπλυση των αποτυπωμάτων κατά τον πειραματικό σχεδιασμό, με σκοπό την προσομείωση στην καθημερινή οδοντιατρική πράξη. Είναι αναμενόμενο ότι πειράματα τα οποία θα ενσωματώνουν την έκπλυση των αποτυπωμάτων στην πειραματική διάταξη είναι πολύ πιθανόν ότι θα οδηγήσουν σε μεγαλύτερη και σημαντικότερη μείωση των βακτηριακών πληθυσμών κατά την απολύμανση.

Η ελαφρά αύξηση του βακτηριακού πληθυσμού που παρατηρείται από τον χειρισμό O₃-5 στον χειρισμό O₃-15 στις συνολικές αναερόβιες συνθήκες (διάγραμμα 3.3), όπως και στις αερόβιες και αναερόβιες συνθήκες των 2 πρώτων ασθενών (διαγράμματα 3.4 και 3.5) είναι πολύ πιθανόν να οφείλεται στο διαφορετικό αρχικό βακτηριακό φορτίο που είναι πιθανό να είχαν τα αποτυπώματα κατά την ημέρα λήψης τους. Πιο συγκεκριμένα, αν την ημέρα που έγινε η λήψη των αποτυπωμάτων για την απολύμανση με όζον και χρόνο απολύμανσης 15min, το αρχικό βακτηριακό φορτίο των αποτυπωμάτων ήταν πολύ υψηλότερο από αυτό της ημέρας λήψης των αποτυπωμάτων για την απολύμανση με όζον και χρόνο απολύμανσης 5min, η παρατηρούμενη αύξηση είναι λογική. Αυτό επιβεβαιώνεται από την αντίστοιχη μείωση

του βακτηριακού πληθυσμού των ασθενών #3 και #4 κατά τους ίδιους χειρισμούς (O₃-5, O₃-15) (διαγράμματα 3.6 και 3.7).

Αξιοσημείωτος είναι ο αυξημένος βακτηριακός πληθυσμός που παρατηρείται μετά την απολύμανση με το απολυμαντικό υγρό (Α) για τους ασθενείς #1 και #4 (διαγράμματα 3.4 και 3.7) για τις αερόβιες και τις αναερόβιες συνθήκες. Ιδιαίτερα για τον ασθενή #4 (διαγραμμα 3.7) και τις αναερόβιες συνθήκες, δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά με τον βακτηριακό πληθυσμό του αντίστοιχου μάρτυρα (C). Τα αποτελέσματα αυτά είναι μεγίστης σημασίας διότι ένα απολυμαντικό υγρό του εμπορίου δείχνει ότι δεν είναι επαρκές για την απολύμανση των οδοντιατρικών αποτυπωμάτων υπό συνθήκες καθημερινής οδοντιατρικής πράξης, όταν δεν τηρείται το πρωτοκόλλο απολύμανσης.

4.2.3 Σύγκριση απολυμαντικών μεθόδων

Η συσκευή απολύμανσης με όζον αποδείχθηκε να είναι πολύ εύχρηστη στη λειτουργία της κατά τη διάρκεια των πειραμάτων σε σύγκριση με την παγιωμένη μέθοδο απολύμανσης μέσω εμβάπτισεως σε απολυμαντικά διαλύματα (Poulos and Antonoff, 1997, Bustos *et al.*, 2010, Thouati *et al.*, 1996, Martin *et al.*, 2007, Taylor *et al.*, 2002, Silva and Salvador, 2004, Yilmaz *et al.*, 2007). Η υπεροχή της συσκευής απολύμανσης με όζον έγκειται στο ότι δεν ενέχει τον κίνδυνο εκτροπής του πρωτοκόλλου, λόγω της πλήρους αυτοματοποίησης της. Η συσκευή ολοκληρώνει τον κύκλο απολύμανσης σε συγκεκριμένο χρόνο από την ώρα που θα τεθεί σε λειτουργία μέσω αυτοματισμών, οι οποίοι θα μπορούσαν να εξελιχθούν ακόμη περισσότερο με απώτερο σκοπό την εισαγωγή δικλείδων ασφαλείας προς εξασφάλιση επιτυχημένης απολύμανσης. Η καθημερινή οδοντιατρική και οδοντοτεχνική πράξη έχει δείξει ότι κατά τη μέθοδο απολύμανσης μέσω εμβάπτισεως σε απολυμαντικά διαλύματα, η πιο συνηθισμένη παρέκκλιση από το πρωτόκολλο είναι η παρατεταμένη παραμονή των αποτυπωμάτων στα απολυμαντικά διαλύματα (Rios *et al.*, 1996) ή ακόμη συχνότερα η επαναλαμβανόμενη απολύμανση και στο οδοντιατρείο και στο οδοντοτεχνικό εργαστήριο λόγω ελλειπούς συνεννοήσεως (Kugel *et al.*, 2000, Egusa *et al.*, 2008, Jagger *et al.*, 1995).

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της μεθόδου απολυμάνσεως με όζον είναι η κατάργηση των αναλώσιμων και η αυτοματοποίηση της διαδικασίας απολύμανσης. Δεν απαιτείται αγορά ειδικών απολυμαντικών υγρών, τα οποία πρέπει να αλλάζονται σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα και να βαραίνουν οικονομικά το οδοντιατρείο ή το οδοντοτεχνικό εργαστήριο. Επιπροσθέτως αποφεύγεται η επαφή με ορισμένα καρκινογόνα ή τοξικά διαλύματα, όπως είναι αυτά της φορμαλδεΰδης και των φαινολών, αντίστοιχα (Silva and Salvador, 2004).

Τέλος, η μέθοδος απολύμανσης με όζον, μέσω της αυτοματοποιημένης αυτής συσκευής, αποδεικνύεται περιβαλλοντικά ευαίσθητη, μειώνοντας τα περιβαλλοντικά απόβλητα τα οποία παράγονται σε μεγάλες ποσότητες κατά τη μέθοδο απολύμανσης με εμβάπτιση σε απολυμαντικά διαλύματα και τη μέθοδο απολύμανσης με ψεκασμό απολυμαντικών ουσιών.

4.3 ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Τα υλικά που επιλέχθηκαν για τη μελέτη μεταβολής διαστάσεων αντιπροσωπεύουν 3 μεγάλες ομάδες υλικών που χρησιμοποιούνται στη σύγχρονη καθημερινή οδοντιατρική πράξη. Η επιλογή ενός ή στην περίπτωση των σιλικόνων

προσθήκης, δύο υλικών ανά ομάδα έγινε με σκοπό να εξεταστεί η αντίδραση της συγκεκριμένης ομάδας υλικών στις συγκεκριμένες μεθόδους απολύμανσης. Τα αποτελέσματα που παρήχθησαν δεν θα πρέπει να γενικεύονται για την κάθε συγκεκριμένη ομάδα υλικών, διότι έχει αποδειχθεί ότι διαφορετικά υλικά ίδιας ομάδας υλικών δεν συμπεριφέρονται κατά την απολύμανση τους με τον ίδιο κάθε φορά τρόπο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, παρά τη γνωστοποίηση από τους κατασκευαστές, των συστατικών των υλικών, οι ακριβείς αναλογίες παραμένουν μυστικές, υπό κανονικές συνθήκες, και διαφορετικές αναλογίες αποδίδουν διαφορετικά αποτελέσματα. Επιπροσθέτως, διάφορα συστατικά, όπως τασιενεργές ουσίες, οι οποίες επηρεάζουν ανάλογα κατά την απολύμανση, μπορεί να υπάρχουν σε μεγάλες ποσότητες ή να μην υπάρχουν καθόλου, ανάλογα με τη σύνθεση του κάθε κατασκευαστή (Martin *et al.*, 2007). Αυτό επιβεβαιώνεται και στα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης, όπου τα 2 υλικά (Aquasil και Express) που ανήκουν στην κατηγορία των σιλικόνων προσθήκης παρουσιάζουν διαφορετικά ποσοστά μεταβολής διαστάσεων. Πιο συγκεκριμένα, τα δύο υλικά παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους κατά την απολύμανση τους με υποχλωριώδες νάτριο (Klinex) για 30min (διάγραμμα 3.9) και με χλωριούχο βενζαλκόνιο (Prosept) ανεξαρτήτως χρόνου απολύμανσης (διάγραμμα 3.12-3.13).

Η πειραματική διάταξη που χρησιμοποιήθηκε στη συγκεκριμένη μελέτη έχει ως βασικό κορμό πειραματικές διατάξεις που έχουν χρησιμοποιηθεί σε πολλές παρόμοιες μελέτες μεταβολής διαστάσεων αποτυπωτικών υλικών (Thouati *et al.*, 1996, Rodriguez and Bartlett, 2011, Martin *et al.*, 2007, Vandewalle *et al.*, 1994). Μια πολύ σημαντική λεπτομέρεια στην πειραματική διάταξη που χρησιμοποιήθηκε είναι ότι σε κάθε δοκίμιο μετρούνταν οι διαστάσεις του, πριν και μετά την απολύμανση του, υπολογιζόταν η ποσοστιαία μεταβολή και έπειτα υπολογιζόταν ο μέσος όρος των ποσοστιαίων μεταβολών που είχαν προκύψει στις επαναλήψεις (x5), χωρίς να υπάρχει αντίκτυπο των διαφορετικών αρχικών μετρήσεων μεταξύ των δοκιμίων, κάτι το οποίο συναντήθηκε σε μεγάλο βαθμό κατά τις μετρήσεις.

Η μεγαλύτερη ποσοστιαία μεταβολή διαστάσεων παρατηρήθηκε στο υλικό Exalence κατά την απολύμανση του με χλωριούχο βενζαλκόνιο (Prosept) για 30min (διάγραμμα 3.13,3.15). Η μεταβολή αυτή ήταν -0,087% και εκφράζεται σε κλίμακα μήκους στα 22μm. Το ποσοστό μεταβολής είναι κλινικά αποδεκτό σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδοντιατρικής Αμερικάνικης Ομοσπονδίας (ADA) και του Διεθνούς Οργανισμού Προτύπων (International Organization for Standardization) για τα ελαστομερή αποτυπωτικά υλικά (American National Standards, 2007, ISO 4823, 2000) που αποδέχονται μεταβολή διαστάσεων αποτυπωτικών υλικών έως και 0,5% και 1,5%, αντίστοιχα κατά τη διάρκεια των πρώτων 24 ωρών από την ώρα παρασκευής τους. Αν υπολογιστεί ότι στα υλικά υπό εξέταση η συνήθης μεταβολή κατά τη διάρκεια των 24 πρώτων ωρών είναι κατά πολύ μικρότερη από 1,5% (Martin *et al.*, 2007), η προαναφερθείσα μεταβολή των 0,087% δεν επιβαρύνει τη συνολική μεταβολή των διαστάσεων. Επιπροσθέτως, αυχενικά κενά στην εφαρμογή στεφανών, της τάξεως των 50μm, θεωρούνται κλινικά αποδεκτά (Rios *et al.*, 1996).

Είναι εμφανές, από τα αποτελέσματα των μετρήσεων, ότι η μέθοδος απολύμανσης με όζον δημιουργεί τις μικρότερες μεταβολές διαστάσεων στα υλικά που εξετάστηκαν, οι οποίες δεν είναι στατιστικά σημαντικές. Επίσης, δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές αναμεταξύ των υλικών (διάγραμμα 3.10-3.11). Τα συμπεράσματα αυτά ισχύουν και για τους δύο χρόνους απολύμανσης με όζον που εξετάστηκαν, με το μεγαλύτερο χρόνο (15min) να δείχνει μια αλλαγή στη συμπεριφορά του υλικού Aquasil, η οποία όμως θεωρείται αμελητέα, λόγω μη

παρουσίασης στατιστικής σημαντικότητας (διάγραμμα 3.11). Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται να επιβεβαιώσουν την αρχική υπόθεση ότι η απολύμανση με μια μέθοδο που δεν εμπεριέχει επαφή των αποτυπωτικών υλικών με υγρά διαλύματα δεν θα παρουσίαζε μεταβολή διαστάσεων. Η εμβάπτιση των αποτυπωτικών υλικών σε υδατικά διαλύματα, έχει αποδειχθεί ότι αποφέρει μεταβολή διαστάσεων (Rueggeberg *et al.*, 1992, Thouati *et al.*, 1996, Tuna *et al.*, 2008, Abdullah, 2006, Hirasawa *et al.*, 1983, Martin *et al.*, 2007, Taylor *et al.*, 2002, Silva and Salvador, 2004, Yilmaz *et al.*, 2007, Wu *et al.*, 2008). Η μεταβολή αυτή οφείλεται στην απορρόφηση του υγρού από τα πολυμερή υλικά. Τέτοια μεταβολή συμβαίνει ακόμη και σε έκθεση του πολυμερούς στο νερό ή σε υψηλή συγκέντρωση υγρασίας για μεγάλο χρονικό διάστημα (Anusavice, 2003), ιδιαίτερα όσον αφορά τους πολυαιθέρες (Owen and Goolam, 1993). Μελέτες έδειξαν ότι, το κατάλληλο απολυμαντικό μέσο σε συνδυασμό με τον κατάλληλο χρόνο απολύμανσης οδηγούν σε μεταβολή διαστάσεων των αποτυπωτικών υλικών η οποία τις περισσότερες φορές είναι στατιστικά ασήμαντη. Όμως, δεν πρέπει να παραβλέπεται το γεγονός ότι η μεταβολή διαστάσεων, έστω και στατιστικά ασήμαντη, υπάρχει, με δεδομένη την ορθή χρήση των απολυμαντικών αυτών διαλυμάτων. Εάν αλλάξουν ή δεν τηρηθούν οι οδηγίες του κατασκευαστή των διαλυμάτων, πιθανώς, οι διαφορές στις διαστάσεις να είναι ακόμη μεγαλύτερες (Thouati *et al.*, 1996, Johnson *et al.*, 1998, Martin *et al.*, 2007, Adabo *et al.*, 1999, Langenwaller *et al.*, 1990). Είναι λοιπόν πολύ σημαντικό να υπάρχει μια μέθοδος απολύμανσης, όπως η απολύμανση με όζον, η οποία θα είναι κατάλληλη για όλες τις ομάδες αποτυπωτικών υλικών που χρησιμοποιούνται σήμερα και να μην παρουσιάζουν, ουσιαστικά, καμμία μεταβολή διαστάσεων.

Η προαναφερθείσα μεταβολή διαστάσεων των αποτυπωτικών υλικών, λόγω εμβάπτισης σε υδατικά διαλύματα, επιβεβαιώνεται από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας. Πιο συγκεκριμένα, την πιο σταθερή συμπεριφορά στη μεταβολή διαστάσεων στο σύνολο των υγρών απολυμαντικών μεθόδων, παρουσιάζουν οι σιλικόνες προσθήκης (Aquasil και Express) (διάγραμμα 3.14,3.16). Αξιοσημείωτη είναι η συμπεριφορά ορισμένων υλικών σε συνδυασμό με κάποιες απολυμαντικές μεθόδους, όπου παρατηρείται μια αρχική συστολή και με το πέρασμα του χρόνου διαστέλλονται, όπως συμβαίνει με το υλικό Express και τις δύο υγρές απολυμαντικές μεθόδους (διάγραμμα 3.16) και με το υλικό Impregum σε συνδυασμό με το χλωριούχο βενζαλκόνιο (Prosept) (διάγραμμα 3.17). Αντίθετα, το υλικό Aquasil σε συνδυασμό με το χλωριούχο βενζαλκόνιο (Prosept) παρουσιάζει αρχικά μια διαστολή και έπειτα συστέλλεται (διάγραμμα 3.14). Αυτή η συμπεριφορά έχει αναφερθεί και από άλλους ερευνητές (Martin *et al.*, 2007, Silva and Salvador, 2004). Μετά την απολύμανση των αποτυπωτικών υλικών με υποχλωριώδες νάτριο (Klinex), παρατηρείται συστολή όλων των υλικών, ανεξαρτήτως χρόνου απολύμανσης (διάγραμμα 3.8-3.9), με μεγαλύτερη αυτή του πολυαιθέρα (Impregum) στο χρόνο 10min (διάγραμμα 3.8) και με εξαίρεση τη μια σιλικόνη προσθήκης (Express) στο χρόνο 30min (διάγραμμα 3.9), όπου παρατηρείται διαστολή. Η συμπεριφορά της συστολής αυτής επιβεβαιώνεται σε αρκετές έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με μελέτες μεταβολής διαστάσεων σιλικόνων προσθήκης με υποχλωριώδες νάτριο και κυμαίνεται στα ίδια περίπου επίπεδα (Martin *et al.*, 2007, Adabo *et al.*, 1999, Rios *et al.*, 1996, Tullner *et al.*, 1988, Langenwaller *et al.*, 1990), όπως επίσης επιβεβαιώνεται και η συμπεριφορά διαστολής που παρατηρήθηκε στη σιλικόνη προσθήκης Express (Matyas *et al.*, 1990, Thouati *et al.*, 1996, Adabo *et al.*, 1999, Martin *et al.*, 2007). Αντίστοιχα, επιβεβαιώνεται η συμπεριφορά συστολής (Rios *et al.*, 1996, Adabo *et al.*, 1999) των πολυαιθέρων, κατά την απολύμανση με

υποχλωριώδες νάτριο (Klinex) από άλλες μελέτες (Martin *et al.*, 2007, Tullner *et al.*, 1988, Langenwaller *et al.*, 1990, Thouati *et al.*, 1996). Όσον αφορά την απολύμανση των αποτυπωτικών υλικών με χλωριούχο βενζαλκόνιο (Prosept), παρατηρείται διαστολή και συστολή στις σιλικόνες προσθήκης και στους πολυαιθέρες και στους 2 χρόνους απολύμανσης (διάγραμμα 3.12-3.13), συμπεριφορά η οποία επιβεβαιώνεται και από άλλους ερευνητές, παρά το γεγονός ότι στις έρευνες αυτές δεν έχει χρησιμοποιηθεί αυτούσιο χλωριούχο βενζαλκόνιο, αλλά συνδυασμός αυτού με άλλες δραστικές ουσίες, όπως η αλκυλαμίνη ή άλλες δραστικές ουσίες που ανήκουν στα τεταρτοταγή αμμονιακά σύμπλοκα (Thouati *et al.*, 1996, Melilli *et al.*, 2008, Ramakrishnaiah *et al.*, 2012).

Λόγω της δεδομένης μεταβολής διαστάσεων που παρατηρείται σε όλα τα αποτυπωτικά υλικά λόγω απολύμανσης, σε πολλές έρευνες (Drennon *et al.*, 1989, Tullner *et al.*, 1988) χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα με κάθε φορά διαφορετικό τρόπο ώστε να εξηγηθεί καλύτερα η εμφανιζόμενη μεταβολή διαστάσεων. Στις περισσότερες περιπτώσεις όπου εμφανίζεται διαστολή ενός αποτυπωτικού υλικού κατά την απολύμανση, συμπεραίνεται ότι είναι προς όφελος της αποκαταστάσεως διότι συμψηφίζει τη συστολή πολυμερισμού που εμφανίζει το συγκεκριμένο υλικό (Silva and Salvador, 2004, Thouati *et al.*, 1996, Oda *et al.*, 1995, Tullner *et al.*, 1988, Taylor *et al.*, 2002) ή τη διαστολή της γύψου κατά την πήξη της (Minagi, 1990). Όλα αυτά τα συμπεράσματα, όμως, είναι υποκειμενικά επειδή δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί παγκοσμίως ένα συγκεκριμένης μάρκας αποτυπωτικό υλικό σε συνδυασμό με ένα συγκεκριμένης μάρκας απολυμαντικό υλικό και μια συγκεκριμένης μάρκας γύψος. Η υποκειμενικότητα στηρίζεται στο γεγονός ότι, αποτελέσματα ερευνών έχουν δείξει ότι ίδια μάρκα αποτυπωτικού υλικού με άλλη μάρκα απολυμαντικού διαλύματος, όπως προαναφέρθηκε, δίνουν διαφορετικά αποτελέσματα μεταβολής διαστάσεων. Βιβλιογραφικά, δεν προκύπτουν ενιαία συμπεράσματα όσον αφορά τη μεταβολή διαστάσεων των αποτυπωτικών υλικών κατά την απολύμανση (Langenwaller *et al.*, 1990, Taylor *et al.*, 2002). Ως αποτέλεσμα, τα ευρήματα της παρούσης εργασίας, όσον αφορά τη μεταβολή διαστάσεων, χρησιμοποιώντας ως απολυμαντικό μέσο το όζον, η οποία είναι ουσιαστικά μηδενική (<0,02%), μπορούν να θεωρηθούν ως ένα σημαντικό βήμα στη δημιουργία γύψινων εκμαγείων χωρίς μεταβολή διαστάσεων. Αυτό προϋποθέτει την ανάπτυξη αποτυπωτικών υλικών χωρίς μεταβολές διαστάσεων λόγω συστολής πολυμερισμού (Craig and Powers, 2002) ή παρόδου χρόνου (Williams *et al.*, 1984, Eames *et al.*, 1979) και τη χρήση νέων τύπων γύψου μηδενικής διαστολής οι οποίες να διατηρούν τις διαστάσεις τους σταθερές με την πάροδο του χρόνου, κάτι το οποίο δεν ισχύει στους σημερινούς τύπους γύψου (Michalakis *et al.*, 2012).

4.4 ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΤΟΜΙΚΩΝ ΔΙΣΚΑΡΙΩΝ

Η άριστη εφαρμογή των ολικών οδοντοστοιχιών στο βλεννογόνο των γνάθων θεωρείται μεγάλης σπουδαιότητας όσον αφορά τη συγκράτηση και τη λειτουργικότητα τους στη στοματική κοιλότητα. Λίγες πληροφορίες υπάρχουν όσον αφορά την κλινική σημαντικότητα ατελειών στην εφαρμογή των ολικών οδοντοστοιχιών, έχει αποδειχθεί όμως ότι ιστοί οι οποίοι πρέπει να εναρμονιστούν με το σχήμα των οδοντοστοιχιών δεν παραμένουν τις περισσότερες φορές υγιείς και σταθεροί (Hitge and Vrijhoef, 1988). Οι εν θερμώ πολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες οι οποίες θεωρούνται σήμερα το κατ'έξοχην υλικό εκλογής για την

κατασκευή ολικών οδοντοστοιχιών, παρουσιάζουν αρκετά μειονεκτήματα, εκ των οποίων πολύ σημαντικό θεωρείται η μεταβολή διαστάσεων λόγω συστολής πολυμερισμού και προσρόφησης νερού (Sykora and Sutow, 1997). Οι τελικές διαστάσεις, όμως, των ολικών οδοντοστοιχιών που κατασκευάζονται εξαρτώνται άμεσα από τα εργαστηριακά στάδια που προηγούνται, ένα σημαντικό από τα οποία είναι η κατασκευή των ατομικών δισκαρίων για την τελική αποτύπωση των γνάθων. Είναι σημαντικό, λοιπόν, τα ατομικά δισκάρια να διατηρούν σταθερές τις διαστάσεις τους. Με την εισαγωγή των φωτοπολυμεριζόμενων ατομικών δισκαρίων στην Κινητή Προσθετική, το ποσοστό σταθερότητας των διαστάσεων ανέβηκε σημαντικά σε σύγκριση με αυτό των ατομικών δισκαρίων κατασκευαζόμενων από εν-ψυχρώ πολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες (Baker and Frazier, 1999). Σημαντικό μειονέκτημα, όμως, παρουσιάζουν όλα τα συστήματα ατομικών διασκαρίων, όσον αφορά τη μεταβολή διαστάσεων τους κατά την απολύμανση τους με εμβάπτιση σε απολυμαντικά διαλύματα. Αυτό συμβαίνει επειδή οι ακρυλικές ρητίνες απορροφούν νερό κατά την εμβύθιση τους σε υδατικά διαλύματα, έως ότου φτάσουν το σημείο κορεσμού τους (Kalachandra and Turner, 1987, Cheng *et al.*, 1993).

Το υλικό που επιλέχθηκε για τη μελέτη μεταβολής διαστάσεων των ατομικών δισκαρίων ήταν η φωτοπολυμεριζόμενη ρητίνη, διότι αποτελεί το υλικό εκλογής της σύγχρονης οδοντιατρικής πράξης για την κατασκευή ατομικών δισκαρίων (Baker and Frazier, 1999). Η πειραματική διάταξη που χρησιμοποιήθηκε στη συγκεκριμένη μελέτη έχει ως βασικό κορμό πειραματικές διατάξεις που έχουν χρησιμοποιηθεί σε πολλές παρόμοιες μελέτες μεταβολής διαστάσεων ατομικών δισκαρίων (Fehling *et al.*, 1986, Hitge and Vrijhoef, 1988, Hitge *et al.*, 1991) και ολικών οδοντοστοιχιών (Wong *et al.*, 1999, Polyzois *et al.*, 1995). Λόγω της μετρήσεως πολλών αποστάσεων σε κάθε ομάδα ατομικών δισκαρίων σε συνδυασμό με πολλές απολυμαντικές μεθόδους, είναι εμφανές ότι είναι πολύ δύσκολο να διεξαχθούν συνολικά συμπεράσματα για τη μεταβολή διαστάσεων των ατομικών διασκαρίων (διάγραμμα 3.18-3.29). Η δυσκολία αυτή επιβεβαιώνεται και από άλλους ερευνητές, διότι το πολύπλοκο σχέδιο των βάσεων των οδοντοστοιχιών μπορεί να οδηγήσει σε ασύμμετρη στρέβλωση η οποία δεν μπορεί να υπολογιστεί εύκολα (Seo *et al.*, 2007). Για αυτό το λόγο μελετήθηκε η μεταβολή διαστάσεων των ατομικών δισκαρίων σε επίπεδο μεταβολής επιφάνειας, η οποία ορίζεται από τις 4 καρφίδες που είναι ενσωματωμένες σε κάθε ατομικό δισκάριο (εικόνα 2.16), μια τεχνική η οποία έχει επαναληφθεί και σε παρόμοιες μελέτες μεταβολής διαστάσεων (Polychronakis *et al.*, 2003, Huggett *et al.*, 1992, Seo *et al.*, 2007). Η ποσοστιαία μεταβολή της μετρούμενης επιφάνειας των ατομικών δισκαρίων με τις διάφορες απολυμαντικές μεθόδους φαίνεται στο διάγραμμα 3.30.

Η μεγαλύτερη ποσοστιαία μεταβολή διαστάσεων παρατηρήθηκε κατά την απολύμανση με χλωριούχο βενζαλκόνιο (Prosept) για 30min. Η μεταβολή αυτή ήταν 0,040% και στατιστικά σημαντική. Βέβαια, το ποσοστό μεταβολής μπορεί να θεωρηθεί πολύ μικρό αν ληφθεί υπ'όψιν ότι μεταβολή διαστάσεων ολικών οδοντοστοιχιών της τάξεως έως και 1% θεωρείται κλινικά αποδεκτή (Seo *et al.*, 2007, Huggett *et al.*, 1984, Woelfel and Paffenbarger, 1959).

Είναι εμφανές από τα αποτελέσματα των μετρήσεων ότι η μέθοδος απολύμανσης με όζον για 15min δημιουργεί τις μικρότερες μεταβολές διαστάσεων στα ατομικά δισκάρια κατασκευασμένα από φωτοπολυμεριζόμενη ρητίνη ($\leq 0,0006\%$) (διάγραμμα 3.30), οι οποίες θεωρούνται αμελητέες και δεν είναι στατιστικά σημαντικές. Και οι υπόλοιπες μέθοδοι απολύμανσης εκτός αυτής του χλωριούχου βενζαλκονίου (Prosept) για 30min οδηγούν σε μεταβολή διαστάσεων, επίσης αμελητέων ποσοστών, μη παρουσιάζοντας στατιστική σημαντικότητα. Η

άποψη, όμως, ότι η μέθοδος απολύμανσης με όζον είναι ανώτερη από τις δύο άλλες μεθόδους απολύμανσης με εμβάπτιση, ενισχύεται από τα αποτελέσματα της ανά δύο απολυμαντικών μεθόδων σύγκρισης που πραγματοποιήθηκε. Πιο συγκεκριμένα, κατά τη σύγκριση της απολύμανσης με όζον με την απολύμανση με χλωριούχο βενζαλκόνιο (Prosept) για 30min, προκύπτει ότι οι δύο μέθοδοι διαφέρουν στατιστικά σημαντικά συγκριτικά και με τους δύο χρόνους απολύμανσης με όζον. Αυτή η στατιστικά σημαντική διαφορά δεν επιβεβαιώνεται κατά τη σύγκριση της απολυμάνσεως με υποχλωριώδες νάτριο (Klinex) με την απολύμανση με χλωριούχο βενζαλκόνιο (Prosept) για όλους τους χρόνους παραμονής των δισκαρίων στο απολυμαντικό υγρό.

Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης πειραματικής διάταξης δεν μπορούν να συγκριθούν με αντίστοιχα άλλων ερευνητών, διότι δεν έχουν πραγματοποιηθεί αντίστοιχες μελέτες μεταβολής διαστάσεων φωτοπολυμεριζόμενων ατομικών δισκαρίων με απολυμαντικά διαλύματα υποχλωριώδους νατρίου και τεταρτοταγών αμμονιακών συμπλόκων. Για το λόγο αυτό θα μπορούσε να γίνει μια αναφορά στην αντίστοιχη συμπεριφορά ολικών οδοντοστοιχιών κατά την απολύμανση τους με υγρά απολυμαντικά διαλύματα. Κατά την απολύμανση βάσεων ολικών οδοντοστοιχιών κατασκευασμένων από εν-θερμώ πολυμεριζόμενη ρητίνη με υποχλωριώδες νάτριο έχει παρουσιαστεί μεταβολή διαστάσεων (Nirale *et al.*, 2012). Τα αποτελέσματα της απολύμανσης με υποχλωριώδες νάτριο, στην παρούσα μελέτη, και για τους δύο χρόνους απολύμανσης επιβεβαίωσαν αυτή τη μεταβολή διαστάσεων.

4.5 ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΕΛΑΣΤΟΜΕΡΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Κατά την απολύμανση των αποτυπωτικών υλικών με υποχλωριώδες νάτριο συγκεντρώσεως 0,525% παρουσιάζεται επιφανειακή διάβρωση, η οποία είναι εντονότερη στους πολυαιθέρες (impregum) και τη μια σιλικόνη προσθήκης (express). Η δεύτερη σιλικόνη προσθήκης (aquasil) και το συμπολυμερές πολυαιθέρα και σιλικόνης προσθήκης (exalence) παρουσιάζουν ελαφρά διάβρωση στην επιφάνειά τους. Η διάβρωση αυτή εκφράζεται με έντονη τραχύτητα της επιφάνειας (Shakesheff *et al.*, 1994) και ανάδειξη των κόκκων διοξειδίου του πυριτίου στην επιφάνεια. Οι κόκκοι διοξειδίου του πυριτίου αναδεικνύονται στην επιφάνεια λόγω διάβρωσης του πολυμερούς από την επιφάνεια προς το εσωτερικό του δοκιμίου. Έχει αποδειχθεί ότι τα πολυμερή διαβρώνονται μέσω της διαδικασίας κοπής των αλυσίδων του πολυμερούς. Μόλις οι αλυσίδες του πολυμερούς κοπούν, σχηματίζονται ολιγομερή και μονομερή. Η διάβρωση των πολυμερών οφείλεται στην απομάκρυνση των ολιγομερών και μονομερών από το σώμα του πολυμερούς (Göpferich, 1996). Με αυτόν τον τρόπο οι κόκκοι διοξειδίου του πυριτίου που υπάρχουν στο εσωτερικό του πολυμερούς, ως έκδοχο, αναδεικνύονται στην επιφάνεια (π.χ. εικόνα 3.12), με ένα μέρος τους να βρίσκεται εντός του πολυμερούς και το υπόλοιπο εκτός του πολυμερούς. Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται σε αντίθεση με άλλες μελέτες όπου δεν είχε παρουσιαστεί καμμία ματαβολή στην επιφάνεια δοκιμίων σιλικόνων προσθήκης και συμπύκνωσης όπου είχαν υποβληθεί σε απολύμανση με υποχλωριώδες νάτριο ίδιας συγκεντρώσεως και χρόνου απολύμανσης (Walker *et al.*, 2007, Bustos *et al.*, 2010). Η πολύ έντονη διάβρωση που παρουσιάζεται στους πολυαιθέρες (impregum) είναι σύμφωνη με αυτή που έχει παρουσιαστεί και σε άλλους ερευνητές (Walker *et al.*, 2007).

Εξαιρετικά ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η ρυτιδοειδής επιφάνεια που απεικονίζεται μετά την απολύμανση με χλωριούχο βενζαλκόνιο σε όλες τις αποτυπωτικές σιλικόνες και σχεδόν για όλους τους χρόνους απολύμανσης (εικόνα 3.5,3.6,3.13,3.21,3.22,3.29). Πολλές έρευνες έχουν διεξαχθεί σχετικά με τη δημιουργία ρυτιδοειδών επιφανειών σε ελαστομερή υποστρώματα σιλικόνων προσθήκης. Πιο συγκεκριμένα, οι μελέτες αυτές έδειξαν ότι όταν λεπτές στρώσεις μετάλλων (της τάξεως των 50nm σε πάχος) προσκολλώνται σε ελαστομερή υποστρώματα σιλικόνων προσθήκης και υποβάλλονται σε θερμοκρασιακές αλλαγές, αποκτούν ρυτιδοειδή επιφάνεια (Bowden *et al.*, 1998, Chen and Hutchinson, 2004). Η συγκεκριμένη συμπεριφορά γενικεύεται σε συστήματα που απαρτίζονται από λεπτές μη-ελαστικές μεμβράνες επί μαλακών ελαστικών υποστρωμάτων (Vandeparre *et al.*, 2010, Huang *et al.*, 2007). Η δημιουργία των ρυτίδων σχετίζεται με τη συστολή και διαστολή του ελαστομερούς υποστρώματος. Κατά τη συστολή – διαστολή του ελαστομερούς υποστρώματος δημιουργούνται συμπιεστικές δυνάμεις στη μη ελαστική μεμβράνη που καλύπτει το ελαστομερές. Η μη ελαστική μεμβράνη λαμβάνει αυτή τη ρυτιδοειδή μορφή με μήκος κύματος της τάξεως των 20-50 μικρομέτρων και σκοπό έχει τη χαλάρωση από τις συμπιεστικές αυτές δυνάμεις. Το μήκος κύματος και ο προσανατολισμός των ρυτίδων είναι πλήρως ελεγχόμενα (Bowden *et al.*, 1998). Η προηγμένη αυτή νανοτεχνολογία μπορεί να βρεί εφαρμογή σε ευρύ φάσμα τεχνολογιών, όπως στη μηχανική ιστών και σε νέας τεχνολογίας ηλεκτρονικές συσκευές (Kim *et al.*, 2008, Watanabe and Mizukami, 2012, Vandeparre *et al.*, 2010). Η δημιουργία ρυτιδοειδούς επιφάνειας σιλικόνων προσθήκης εμφανίζεται, επίσης, έπειτα από επαφή με χημικά διαλύματα, όπως διαλύματα θειικού οξέος – νιτρικού οξέος (Watanabe and Mizukami, 2012, Shih *et al.*, 2007). Λόγω της οξειδωτικής δράσης των οξέων, η επιφάνεια της σιλικόνης προσθήκης υπόκειται σε σχάση μεθυλομάδων από την αλυσίδα του πολυμερούς και τη δημιουργία σιλανολών. Ορισμένες σιλανόλες υπόκεινται σε αντιδράσεις αυτοσυμπύκνωσης δημιουργώντας δεσμούς σιλοξάνης, με αποτέλεσμα, λόγω αυτών των δεσμών, να επιτυγχάνεται δεσμός διασταύρωσης του πολυμερούς στην επιφάνεια, η οποία επιφάνεια αποκτά μια πιο άκαμπτη μορφή, όμοια με αυτή του διοξειδίου του πυριτίου. Δημιουργείται έτσι ένα πιο άκαμπτο επιφανειακό στρώμα σιλικόνης προσθήκης, στο ελαστικό υπόστρωμα της σιλικόνης. Μέσω αυτού του μηχανισμού, στην περίπτωση απολύμανσης με χλωριούχο βενζαλκόνιο, δημιουργείται ρυτιδοειδής επιφάνεια στη σιλικόνη προσθήκης, λόγω εσωτερικών τάσεων που δημιουργούνται και εκφράζονται στην επιφανειακή μη ελαστική στοιβάδα του πολυμερούς που δημιουργείται λόγω οξείδωσης (Watanabe and Mizukami, 2012, Shih *et al.*, 2007). Μια αντίστοιχη ρυτιδοειδής επιφάνεια δημιουργείται και στους πολυαιθέρες που απολυμάνθηκαν με χλωριούχο βενζαλκόνιο, υποδηλώνοντας ότι μια αντίστοιχη οξείδωση και δημιουργία άκαμπτου στρώματος στην επιφάνεια πραγματοποιείται και στην περίπτωση αυτή. Σε κάποιες σιλικόνες που υπόκεινται σε παρατεταμένη απολύμανση με χλωριούχο βενζαλκόνιο, δεν παρατηρείται η χαρακτηριστική ρυτιδοειδής μορφή της επιφάνειας αλλά μια εκτεταμένη διάβρωση της (express 30min, impregum 30min). Σε αυτές τις περιπτώσεις φαίνεται πως η χημική αντίδραση του χλωριούχου βενζαλκονίου με το πολυμερές είναι αρκετά οξειδωτική και διαβρώνεται μεγάλο τμήμα του πολυμερούς της επιφάνειας, με αντίστοιχο μηχανισμό με αυτόν που αναλύθηκε στην περίπτωση της απολύμανσης με υποχλωριώδες νάτριο.

Στην περίπτωση απολύμανσης των ελαστομερών αποτυπωτικών υλικών με όζον παρατηρούνται δύο ειδών αλλαγές στην επιφάνεια των δοκιμίων. Στη μια περίπτωση παρατηρείται ρυτιδοειδής μορφή στην επιφάνεια (aquasil, impregum 15min) και στην άλλη περίπτωση παρατηρείται εκτεταμένη επιφανειακή διάβρωση

(exalence 15min, express 15min). Σε ορισμένα δοκίμια οι δυο αυτές αλλαγές της επιφάνειας συνδυάζονται (exalence 5min, express 5min, impregum 5min). Όσον αφορά τη ρυτιδοειδή μορφή που λαμβάνει η επιφάνεια των ελαστομερών που απολύμανθηκαν με όζον, αυτή η συμπεριφορά επιβεβαιώνεται και από πολλές μελέτες και είναι άμεσα συνυφασμένη με την οξείδωση της επιφάνειας από το όζον και τη δημιουργία άκαμπτου στρώματος διοξειδίου του πυριτίου στην επιφάνεια (Bayley and Mallon, 2008, Mallon *et al.*, 2003, Kim, 1999, Morra, 1990, Hillborg, 2001, Evensen, 2009), κατά αντίστοιχο τρόπο με αυτόν που δημιουργείται κατά την απολύμανση με χλωριούχο βενζαλκόνιο. Πιο συγκεκριμένα, κατά την οξείδωση των επιφανειών των ελαστομερών με όζον, οι μεθυλομάδες που υπάρχουν στην επιφάνεια υπόκεινται σε σχάση από την αλυσίδα του πολυμερούς (Efimenco, 2002, Hillborg, 2001, Evensen, 2009) και δημιουργούνται σιλανόλες (Zhu, 2006, Efimenco, 2002, Gonçalves, 2013, Kim *et al.*, 1999b, Morra *et al.*, 1990) οι οποίες δημιουργούν δεσμούς σιλοξάνης με αποτέλεσμα το δεσμό διασταύρωσης του πολυμερούς της επιφάνειας, όπως στην περίπτωση της οξείδωσης από χημικά διαλύματα. Όσον αφορά τα δοκίμια που παρατηρείται εκτεταμένη επιφανειακή διάβρωση, αυτή πιθανώς οφείλεται στην οξειδωτική δράση του όζοντος, η οποία δημιουργεί σχάση στους δεσμούς διασταύρωσης και τις μεθυλομάδες του πολυμερούς. Τα ολιγομερή και μονομερή που δημιουργούνται απομακρύνονται και εμφανίζονται στην επιφάνεια οι κόκκοι διοξειδίου του πυριτίου που υπάρχουν στο εσωτερικό ως έκδοχο (εικόνα 3.16,3.23,3.24,3.31,3.32).

Στην περίπτωση του δοκιμίου μάρτυρα του πολυαιθέρα (εικόνα 3.25), η επιφάνεια εμφανίζει ρυτιδοειδή μορφή χωρίς να έχει υποβληθεί σε κάποιου είδους απολύμανση ή κατεργασία. Η συμπεριφορά αυτή πιθανώς οφείλεται στην πίεση που δέχθηκε το δοκίμιο κατά την κατασκευή του, εγκλωβισμένο ανάμεσα στις 2 γυάλινες επιφάνειες (εικόνα 2.18). Η συστολή πολυμερισμού που πραγματοποιείται κατά τον πολυμερισμό του υλικού (Chun *et al.*, 2009), είναι πολύ πιθανό να δημιούργησε εσωτερικές τάσεις κοντά στην επιφάνεια του υλικού που ερχόταν σε επαφή με τη γυάλινη πλάκα, κάτι το οποίο έρχεται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα άλλων ερευνητών, οι οποίοι υποστηρίζουν ότι όταν πολυμερή υλικά υπόκεινται σε διαδικασία δημιουργίας δοκιμίων λεπτών στρώσεων, δημιουργούνται τάσεις στις αλυσίδες του πολυμερούς (Chung *et al.*, 2009). Αυτή η άποψη ενισχύεται επίσης από το γεγονός ότι τα δοκίμια του πολυαιθέρα μετά την ολοκλήρωση του πολυμερισμού τους, αποκολλούνταν από τις γυάλινες πλάκες με ιδιαίτερη δυσκολία ενώ παράλληλα υπόκεινταν σε μεγάλη στιγμιαία στρέβλωση. Αυτή η στρέβλωση σε συνδυασμό με τις εσωτερικές τάσεις φαίνεται να εκφράστηκαν στην επιφάνεια του δοκιμίου με τη χαρακτηριστική ρυτιδοειδή μορφή.

Με σκοπό την αποφυγή λανθασμένων συμπερασμάτων όσον αφορά την απολύμανση των δοκιμίων με χημικά διαλύματα, ενσωματώθηκε στην πειραματική διάταξη έκπλυση δοκιμίων με τρεχούμενο νερό βρύσης, ώστε να αποκλειστεί η πιθανή εξήγηση των επιφανειών που προέκυπταν σε συσχέτιση με την έκπλυση τους με νερό που ακολουθούσε την απολύμανση. Παρατηρούνται, λοιπόν, δύο ειδών αλλαγές στην επιφάνεια των δοκιμίων:

- Η μια αλλαγή εκφράζεται με διάβρωση της επιφάνειας (exalence, aquasil, impregum) και,
- η άλλη αλλαγή εκφράζεται με ρυτιδοειδή μορφή (express).

Όσον αφορά τη διάβρωση της επιφάνειας που παρατηρείται, αυτή μπορεί να οφείλεται στην έκπλυση ολιγομερών και μονομερών που είναι συγκεντρωμένα στην επιφάνεια, λόγω μη πλήρους πολυμερισμού των ελαστομερών δοκιμίων. Η ρυτιδοειδής μορφή που εμφανίζεται στην επιφάνεια του δοκιμίου της σιλικόνης

προσθήκης express (εικόνα 3.10), είναι πιθανό να προέρχεται από τη διόγκωση που υφίσταται το πολυμερές λόγω της επαφής του με το νερό κατά την έκπλυση του. Αντίστοιχες μελέτες των Watanabe και συνεργατών επιβεβαιώνουν την συμπεριφορά αυτή (Watanabe and Mizukami, 2012).

Από τη σύγκριση όλων των απολυμαντικών μεθόδων σε συνδυασμό με την επίδραση τους σε κάθε αποτυπωτικό υλικό ξεχωριστά, προκύπτει ότι σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις εμφανίζονται αλλαγές στην επιφάνεια των δοκιμίων, οι οποίες είναι παρόμοιες, όμως δεν καθιστούν τις απολυμαντικές μεθόδους απαγορευτικές στη χρήση τους. Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι τα χημικά απολυμαντικά διαλύματα που χρησιμοποιήθηκαν (υποχλωριώδες νάτριο 10min, χλωριούχο βενζαλκόνιο 2min) είναι από τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα στη σημερινή εποχή και αποδεδειγμένα δεν προκαλούν, μακροσκοπικά, επιφανειακές αλλαγές στα οδοντιατρικά αποτυπωτικά υλικά. Εφ'όσον οι αλλαγές στην επιφάνεια των δοκιμίων που απολυμάνθηκαν με όζον είναι παρόμοιες με αυτές των επιφανειών που απολυμάνθηκαν με τα αποδεκτά χημικά απολυμαντικά διαλύματα, η απολύμανση με όζον καθίσταται ασφαλής απολυμαντική μέθοδος.

4.6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα μελέτη απέδειξε ότι η μέθοδος απολύμανσης οδοντιατρικών υλικών αποτύπωσης με όζον καθίσταται εξίσου επιτυχής με τις σημερινές παγιωμένες μεθόδους απολύμανσης με εμβάπτιση σε απολυμαντικά διαλύματα. Η μέθοδος απολύμανσης οδοντιατρικών υλικών αποτύπωσης με όζον υπερέχει έναντι των άλλων απολυμαντικών μεθόδων που χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα διότι:

1. Είναι αποτελεσματική
(δεν υπάρχουν διαφορές στην αποτελεσματικότητα της απολύμανσης σε σχέση με τις άλλες μεθόδους)
2. Είναι ασφαλής
(ο οδοντίατρος, ο οδοντικός τεχνολόγος και το βοηθητικό προσωπικό του οδοντιατρείου και του εργαστηρίου δεν έρχονται σε επαφή με, δυνητικά, επιβλαβή για την υγεία χημικά και διαλύματα)
3. Είναι ακριβής
(δεν προκαλεί μεταβολές διαστάσεων στα οδοντιατρικά υλικά αποτύπωσης)
4. Είναι ταχύτατη
(ο χρόνος απολύμανσης δεν υπερβαίνει τα 10 λεπτά της ώρας)
5. Είναι πλήρως αυτοματοποιημένη
(καθιστώντας εύκολη την συμμόρφωση οδοντιάτρων και οδοντικών τεχνολόγων στους οριζόμενους από την Αμερικάνικη Οδοντιατρική Ομοσπονδία κανόνες υγιεινής)
6. Έχει χαμηλότερο λειτουργικό κόστος
(δεν υπάρχουν έξοδα αγοράς αναλωσίμων, υγρών, διαλυμάτων, δοχείων φύλαξης κ.λπ.)
7. Είναι ιδιαίτερα φιλική προς το περιβάλλον (δεν γίνεται χρήση απολυμαντικών διαλυμάτων, με ότι καταστροφικές συνέπειες αυτά έχουν για το περιβάλλον, μέσω της καθημερινής, σε παγκόσμιο επίπεδο χρήσης τους)

Όλα τα ανωτέρω πλεονεκτήματα καθιστούν τη χρήση της μεθόδου απολύμανσης οδοντιατρικών υλικών αποτύπωσης με όζον ιδανική και ικανή να καθιερωθεί στην καθημερινή οδοντιατρική πράξη.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Aas J, Paster B, Stokes L, Olsen I, Dewhirst F. Defining the normal bacterial flora of the oral cavity. *J Clin Microbiol* 2005;43:5721-5732

Abdelaziz K, Hassan A, Hodges J. Reproducibility of sterilized rubber impressions. *Braz Dent J* 2004;15:209-213

Abdullah M. Surface detail, compressive strength, and dimensional accuracy of gypsum casts after repeated immersion in hypochlorite solution. *J Prosthet Dent* 2006;95:462-468

Adabo G, Zonarotti E, Fonseca R, Cruz C. Effects of disinfectant agents on dimensional stability of elastomeric impression materials. *J Prosthet Dent* 1999;81:621-624

Ali EM. Ozone application for preventing fungal infection in diabetic foot ulcers. *Diabetol Croat* 2013;42:3-22

American National Standards Institute / American Dental Association. ANSI / ADA specification no. 19, dental elastomeric impression materials. Chicago: ADA. *J Am Dent Assoc* 2007;94:733-741

Anusavice KJ. Phillips' science of dental materials. 11th Ed, W.B. Saunders Co., St. Louis, 2003, 223-231

Ayliffe GAJ, Babb JR, Davies JG, Lilly HA. Hand disinfection: A comparison of various agents in laboratory and ward studies. *J Hosp Infect* 1988;11:226-243

Azarparzhoo A, Limeback H. The application of ozone in dentistry: A systematic review of literature. *J Dent* 2008;36:104-116

Bagg J. Essentials of microbiology for dental students. 2nd Ed., Oxford University Press, Oxford, 2006, 3-8, 219-232

Baker PS, Frazier KB. Water immersion procedure for making light-cured custom trays with wax spacers. *J Prosthet Dent* 1999;82:714-715

Bayley GM, Mallon PE. Surface studies of corona treated polydimethylsiloxane-block-polystyrene hybrid copolymer films. *Polym Eng Sci* 2008;48:1923-1930

Bell JA, Brockmann SL, Feil P, Sackuvich DA. The effectiveness of two disinfectants on denture base acrylic resin with an organic load. *J Prosthet Dent* 1989;61:580-583

Beyerle MP, Hensley DM, Bradley DV, Schwartz RS, Hilton TJ. Impression disinfection of irreversible hydrocolloid impressions with sodium hypochlorite. Part I: Microbiology. *Int J Prosthodont* 1994;7:234-238

Bezirtzoglou E, Cretoiu SM, Moldoveanu M, Alexopoulos A, Lazar V, Nakou M. A quantitative approach to the effectiveness of ozone against microbiota organisms colonizing toothbrushes. *J Dent* 2008;36:600-605

Bocci V. Oxygen-Ozone therapy. A critical evaluation. Kluwer academic publishers, Dordrecht, 2002, 1-5

Bolton DC, Zee YC, Osebold JW. The biological effects of ozone on representative members of five groups of animal viruses. *Environ Res* 1982;27:476-484

Bornholdt J, Dybdahl M, Vogel U, Hansen M, Loft S, Wallin H. Inhalation of ozone induces DNA strand breaks and inflammation in mice. *Mutat Res* 2002;520:63-72

Bowden N, Brittain S, Evans AG, Hutchinson JW, Whitesides GM. Spontaneous formation of ordered structures in thin films of metals supported on an elastomeric polymer. *Nature* 1998;393:146-149

Bünning G, Hempel DC. Vital-fluorochromization of microorganisms using 3', 6'-Diacetylfluorescein to determine damages of cell membranes and loss of metabolic activity by ozonation. *Ozone Sci Eng* 1996;18:173-181

Bustos J, Herrera R, González U, Martínez A, Catalán A. Effect of immersion disinfection with 0.5% sodium hypochlorite and 2% glutaraldehyde on alginate and silicone: Microbiology and SEM study. *Int J Odontostomat* 2010;4:169-177

Cataldo F. DNA degradation with ozone. *Int J Biol Macromol* 2006;38:248-254

Chen X, Hutchinson JW. A family of herringbone patterns in thin films. *Scripta Mater* 2004;50:797-801

Cheng Y, Chow T, Ladizesky N. Denture base resin reinforced with high-performance polyethylene fiber: Water sorption and dimensional changes during immersion. *J Macromol Sci Phys* 1993;32:433-481

Chun J-H, Pae A, Kim S-H. Polymerization shrinkage strain of interocclusal recording materials. *Dent Mater* 2009;25:115-120

Chung JY, Chastek TQ, Fasolka MJ, Ro HW, Stafford CM. Quantifying residual stress in nanoscale thin polymer films via surface wrinkling. *ACS Nano* 2009;3:844-852

Cornell RJ, Wheeler EL, Mazzeo RA, Hong W, Tire sidewall, United States Patent No. 4,946,881, 1990

Council on Dental Materials and Devices; and Dental Therapeutics. Infection Control in the Dental Office. *J Am Dent Assoc* 1978;97:673-677

Council on Dental Materials, Instruments and Equipment. Disinfection of Impressions. *J Am Dent Assoc* 1991;122:110

Council on Dental Materials, Instruments and Equipment. Infection Control Recommendations for the Dental Office and the Dental Laboratory. J Am Dent Assoc 1988;116:241-248

Council on Dental Therapeutics and Prosthetic and Dental Laboratory Relations. Guidelines for Infection Control in the Dental Office and the Commercial Dental Laboratory. J Am Dent Assoc 1985;110:969-972

Council on Scientific Affairs and ADA Council on Dental Practice. Infection control recommendations for the dental office and the dental laboratory. J Am Dent Assoc 1996;127:672-680

Craig R, Powers J. Restorative dental materials. Elsevier/Mosby, Amsterdam, 2002, 329-389,635-689

De Mik G, De Groot I. Mechanisms of inactivation of bacteriophage X174 and its DNA in aerosols by ozone and ozonized cyclohexene. J Hyg (Lond) 1977;78:199-211

Dickson LE. Plane trigonometry. Chelsea Publications, New York, 1975, 129-134

Dohan JM, Masschelein WJ. The photochemical generation of ozone: Present state-of-the-art. Ozone Sci Eng 1987;9:315-334

Drennon D, Johnson G, Powell G. The accuracy and efficacy of disinfection by spray atomization on elastomeric impressions. J Prosthet Dent 1989;62:468-475

Dyas A, Boughton BJ, Das BC. Ozone killing action against bacterial and fungal species; microbiological testing of a domestic ozone generator. J Clin Pathol 1983;36:1102-1104

Eames WB, Wallace SW, Suway NB, Rogers LB. Accuracy and dimensional stability of elastomeric impression materials. J Prosthet Dent 1979;42:159-162

Efimenco K, Wallace WE, Genzer J. Surface modification of Sylgard-184 Poly(dimethyl siloxane) networks by ultraviolet and ultraviolet/ozone treatment. J Colloid Interface Sci 2002;254:306-31

Egusa H, Watamoto T, Abe K, Kobayashi M, Kaneda Y, Ashida S, Matsumoto T, Yatani H. An analysis of the persistent presence of opportunistic pathogens on patient-derived dental impressions and gypsum casts. Int J Prosthodont 2008;21:62-68

Eliasson B, Hirth M, Kogelschatz U. Ozone synthesis from oxygen in dielectric barrier discharges. J Phys D: Appl Phys 1987;20:1421-1437

EN 1500. Chemical disinfectants and antiseptics – hygienic handrub – test method and requirements (phase 2, step 2). Brussels: CEN; 1997

Evensen HT, Jiang H, Gotrik KW, Denes F, Carpick RW. Transformations in wrinkle patterns: Cooperation between nanoscale cross-linked surface layers and the submicrometer bulk in wafer-spun, plasma-treated polydimethylsiloxane. *Nano Lett* 2009;9:2884-2890

Fehling AW, Hesby RA, Pelleu GB. Dimensional stability of autopolymerizing acrylic resin impression trays. *J Prosthet Dent* 1986;55:592-597

Fridman A. Plasma chemistry. Cambridge University Press, New York, 2008, 382-383

George G, Goss B. Elastomers in oxygen and ozone, degradation of. 2nd Ed., *Encyclopedia of Materials: Science and Technology*, Elsevier Science Ltd, Oxford, 2001, 2466-2470

Gonçalves S, Leirós A, van Kooten T, Dourado F, Rodrigues LR. Physicochemical and biological evaluation of poly(ethylene glycol) methacrylate grafted onto poly(dimethyl siloxane) surfaces for prosthetic devices. *Colloid Surface B* 2013;109:228-235

Göpferich A. Mechanisms of polymer degradation and erosion. *Biomaterials* 1996;17:103-114

Giurginca M, Zaharescu T, Meghea A. Degradation of ethylene-propylene elastomers in the presence of ozone. *Polym Degrad Stabil* 1995;50:45-48

Greenwood NN, Earnshaw A. Chemistry of the elements. 2^{ed} Ed., Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford, 1997, 607-611

Guilhermetti M, Marques Wiirzler LA, Castanheira Facio B, da Silva Furlan M, Campo Meschial W, Bronharo Tognim MC, Botelho Garcia L, Luiz Cardoso C. Antimicrobial efficacy of alcohol-based hand gels. *J Hosp Infect* 2010;74:219-224

Guzel-Seydim ZB, Greene AK, Seydim AC. Use of ozone in the food industry. *LWT-Food Sci Technol* 2004;37:453-460

Hillborg H, Karlsson S, Gedde UW. Characterisation of low molar mass siloxanes extracted from crosslinked polydimethylsiloxanes exposed to corona discharges. *Polymer* 2001;42:8883-8889

Hirasawa T, Hirano S, Hirabayashi S, Harashima I, Aizawa M. Initial dimensional change of composites in dry and wet conditions. *J Dent Res* 1983;62:28-31

Hirayama O, Takagi M, Hukumoto K, Katoh S. Evaluation of antioxidant activity by chemiluminescence. *Anal Biochem* 1997;247:237-241

Hitge M, Vrijhoef MMA. The dimensional stability of complete denture impression trays. *J Dent* 1988;16:227-232

Hitge ML, Torfs PJ, Bicanic DD. A novel approach to the distortion assessment of denture impression trays. *J Biomech* 1991;24:961-967

Holeman AF, Wiberg N. *Inorganic chemistry*. Academic Press, California, 2001, 482-483

Hong SG, Liao CM. The surface oxidation of a thermoplastic olefin elastomer under ozone exposure: ATR analysis. *Polym Degrad Stabil* 1995;49:437-447

Hoof FV. Professional risks associated with ozone. In Masschelein WJ (Ed.), *Ozonation manual for water and waste water treatment*. Wiley-Interscience, New York, 1982, 200-201

Horner JM. Environmental health implications of heavy metal pollution from car tires. *Rev Environ Health* 1996;11:175-178

Huang H, Chung JY, Nolte AJ, Stafford CM. Characterizing polymer brushes via surface wrinkling. *Chem Mater* 2007;19:6555-6560

Hubbezoglu I, Zan R, Tunç T, Sumer Z, Hurmuzlu F. Antifungal efficacy of aqueous and gaseous ozone in root canals infected by candida albicans. *Jundishapur J Microbiol* 2013;6:e8150

Huggett R, Brooks SC, Bates JF. The effect of different curing cycles on the dimensional accuracy of acrylic resin denture base materials. *Quintessence Dent Technol* 1984;8:81-85

Huggett R, Zissis A, Harrison A, Dennis A. Dimensional accuracy and stability of acrylic resin denture bases. *J Prosthet Dent* 1992;68:634-640

Huth KC, Quirling M, Maier S, Kamereck K, Alkhayer M, Paschos E, Welsch U, Miethke T, Brand K, Hickel R. Effectiveness of ozone against endodontopathogenic microorganisms in a root canal biofilm model. *Int Endod J* 2009;42:3-13

Ishizaki K, Sawadaishi K, Miura K, Shinriki N. Effect of ozone on plasmid DNA of *Escherichia coli*. *Water Res* 1987;21:823-827

ISO 4823. Dentistry – Elastomeric impression materials, 2000, http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=60586 (access 24/05/2014)

Ito K, Inoue S, Hiraku Y, Kawanishi S. Mechanism of site-specific DNA damage induced by ozone. *Mutat Res* 2005;585:60-70

Jagger DC, Hugget R, Harrison A. Cross-infection control in dental laboratories. *Br Dent J* 1995;179:93-96

Johnson GH, Chellis KD, Gordon GE, Lepe X. Dimensional stability and detail reproduction of irreversible hydrocolloid and elastomeric impressions disinfected by immersion. *J Prosthet Dent* 1998;79:446-453

Kalachandra S, Turner D. Water sorption of poly(methyl methacrylate): 3. Effects of plastisizers. *Polymer* 1987;28:1749-1752

Keshavaraj R, Tock RW. Oxidative effects of ozone on the aging of structural silicone elastomers. *Adv Polym Tech* 1994;13:149-156

Kim CK, Gentile DM, Sproul OJ. Mechanism of ozone inactivation of bacteriophage f2. *Appl Environ Microbiol* 1980;39:210-218

Kim D-H, Ahn J-H, Choi WM, Kim H-S, Kim T-H, Song J, Huang YY, Liu Z, Lu C, Rogers JA. Stretchable and foldable silicon integrated circuits. *Science* 2008;320:507-511

Kim J, Chaudhury MK, Owen MJ. Hydrophobicity loss and recovery of silicone HV insulation. *IEEE T Dielect El In* 1999;6:695-702

Kim JG, Yousef AE, Dave S. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: A review. *J Food Prot* 1999;62:1071-1087

Kogelschatz U. Dielectric-barrier discharges: Their history, discharge physics, and industrial applications. *Plasma Chem Plasma P* 2003;23:1-46

Kohn WG, Harte JA, Malvitz DM, Collins AS, Cleveland JL, Eklund KJ. Guidelines for infection control in dental health care settings-2003. *J Am Dent Assoc* 2004;135:33-47

Komanapalli IR, Lau BHS. Inactivation of bacteriophage λ , *Escherichia coli*, and *Candida albicans* by ozone. *Appl Microbiol Biotechnol* 1998;49:766-769

Kondakova I, Lissi EA, Pizzaro M. Total reactive antioxidant potential in human saliva of smokers and non-smokers. *Biochem Mol Biol Int* 1999;47:911-920

Kowalski WJ, Bahnfleth WP, Striebig BA, Whittam TS. Demonstration of a hermetic airborne ozone disinfection system: Studies on *E. coli*. *AIHAJ* 2003;64:222-227

Kowalski WJ, Bahnfleth WP, Whittam TS. Bactericidal effects of high airborne ozone concentrations on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Ozone Sci Eng* 1998;20:205-221

Kronstrom MH, Johnson GH, Hompesch RW. Accuracy of a new ring-opening metathesis elastomeric dental impression material with spray and immersion disinfection. *J Prosthet Dent* 2010;103:23-30

Kugel G, Perry R, Ferrari M, Lalicata P. Disinfection and communication practices: A survey of U.S. dental laboratories. *J Am Dent Assoc* 2000;131:786-792

Kuroda M, Sakiyama F, Narita K. Oxidation of tryptophan in lysozyme by ozone in aqueous solution. *J Biochem* 1975;78:641-651

Lamont R, Burne R, Lantz M, LeBlanc D. Oral microbiology and immunology. ASM Press, Washington, D.C., 2006, 219-232

Langenwalter E, Aquilino S, Turner K. The dimensional stability of elastomeric impression materials following disinfection. *J Prosthet Dent* 1990;63:270-276

Lepe X, Johnson GH, Berg JC. Surface characteristics of polyether and addition silicone impression materials after long-term disinfection. *J Prosthet Dent* 1995;74:181-186

Lepe X, Johnson GH, Berg JC, Aw TC, Stroh GS. Wettability, imbibition, and mass change of disinfected low-viscosity impression materials. *J Prosthet Dent* 2002;88:268-276

Leung R, Schonfeld S. Gypsum casts as a potential source of microbial cross-contamination. *J Am Dent Assoc* 1983;49:210-211

Levinson W. Review of medical microbiology and immunology. 10th Ed, The McGraw-Hill Companies, Inc, Ohio, 2008, 49-54

Lin YC, Wu SC. Effects of ozone exposure on inactivation of intra- and extracellular enterovirus 71. *Antivir Res* 2006;70:147-153

Loiseau JF, Lacassie F, Monge C, Peyrous R, Held B, Coste C. Numerical simulation of ozone axial and radial distribution in a cylindrical oxygen-fed ozonizer. *J Phys D: Appl Phys* 1994;27:63-73

Mallon PE, Greyling CJ, Vosloo W, Jean YC. Positron annihilation spectroscopy study of high-voltage polydimethylsiloxane (PDMS) insulators. *Radiat Phys Chem* 2003;68:453-456

Manley TC, Niegowski SJ. Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology. 2nd Ed., John Wiley and Sons, Inc., New York, 1967, 410-432

Marcotte H, Lavoie M. Oral microbial ecology and the role of salivary immunoglobulin A. *Microbiol Mol Biol Rev* 1998;62:71-109

Marcozzi G. A rapid procedure for the purification of human salivary peroxidase. *Biomed Chromatogr* 1996;10:97-98

Marsh PD, Percival RS, Challacombe SJ. The influence of denture-wearing and age on the oral microflora. *J Dent Res* 1992;71:1374-1381

Martin N, Martin M, Jedynakiewicz N. The dimensional stability of dental impression materials following immersion in disinfecting solutions. *Dent Mater* 2007;23:760-768

Matyas J, Caputo AA, Lucatorto FM. Effects of disinfectants on dimensional accuracy of impression materials. *J Prosthet Dent* 1990;64:25-31

McMullan D. Scanning electron microscopy 1928-1965. *Scanning* 1995;17:175-185

Melilli D, Rallo A, Cassaro A, Pizzo G. The effect of immersion disinfection procedures on dimensional stability of two elastomeric impression materials. *J Oral Sci* 2008;50:441-446

Menzel DB. Oxidation of biologically active reducing substance by ozone. *Arch Environ Health* 1971;23:149-153

Merchant VA. Prosthodontics and infection control – it's a whole new ball game. *J Calif Dent Assoc* 1989;17:49-53

Merchant VA, McNeight MK, Ciborowski CJ, Molinari JA. Preliminary investigation of a method for disinfection of dental impressions. *J Prosthet Dent* 1984;52:877-879

Meucci E, Littarru C, Deli G, Luciani G, Tazza L, Littarru GP. Antioxidant status and dialysis: Plasma and saliva antioxidant activity in patients with fluctuating urate levels. *Free Radical Res* 1998;29:367-376

Michalakakis KX, Asar NV, Kapsampeli V, Magkavali-Trikka P, Pissiotis AL, Hirayama H. Delayed linear dimensional changes of five high strength gypsum products used for the fabrication of definitive casts. *J Prosthet Dent* 2012;108:189-195

Moon JD, Ozone generator in liquids, United States Patent No. 5,154,895, 1992

Moore S, Calder KAC, Miller NJ, Rice-Evans CA. Antioxidant activity of saliva and periodontal disease. *Free Radical Res* 1994;21:417-425

Morra M, Occhiello E, Marola R, Garbassi F, Humphrey P, Johnson D. On the aging of oxygen plasma-treated polydimethylsiloxane surfaces. *J Colloid Interface Sci* 1990;137:11-24

Mosteller TM, Bishop JR. Sanitizer efficacy against attached bacteria in a milk biofilm. *J Food Protect* 1993;56:34-41

Müller P, Guggenheim B, Schmidlin PR. Efficacy of gasiform ozone and photodynamic therapy on a multispecies oral biofilm in vitro. *Eur J Oral Sci* 2007;115:77-80

Murakami H, Sakuma S, Nakamura K, Ito Y, Hattori M, Asai A, Noguchi T, Maeda H, Kameyama Y, Kimura Y, Nagao T, Kawai T, Hasegawa J. Disinfection of removable dentures using ozone. *Dent Mater J* 1996;15:220-225

Murphy OJ, Hitchens GD, Method and apparatus for electrochemical production of ozone, United States Patent No. 5,460,705, 1995

Mustafa MG. Biochemical basis of ozone toxicity. *Free Radical Bio Med* 1990;9:245-265

Nagayoshi M, Fukuizumi T, Kitamura C, Yano J, Terashita M, Nishihara T. Efficacy of ozone on survival and permeability of oral microorganisms. *Oral Microbiol Immun* 2004b;19:240-246

Nagayoshi M, Kitamura C, Fukuizumi T, Nishihara T, Terashita M. Antimicrobial effect of ozonated water on bacteria invading dentinal tubules. *J Endodont* 2004a;30:778-781

Nagler RM, Klein I, Zarzhevsky N, Drigues N, Reznick AZ. Characterization of the differentiated antioxidant profile of human saliva. *Free Radical Bio Med* 2002;32:268-277

Nirale RM, Thombre R, Kubasad G. Comparative evaluation of sodium hypochlorite and microwave disinfection on dimensional stability of denture bases. *J Adv Prosthodont* 2012;4:24-29

O'Brien W. Dental materials and their selection. 3rd Ed., Quintessence Publishing Co, Inc, Illinois, 2002, 74-112

O'Donnell C, Tiwari B, Cullen PJ, Rice RG. Ozone in food processing. Blackwell Publishing Ltd., West Sussex, 2012, 2-22,36

Oda Y, Matsumoto T, Sumii T. Evaluation of dimensional stability of elastomeric impression materials during disinfection. *Bull Tokyo Dent Coll* 1995;36:1-7

Oizumi M, Suzuki T, Uchida M, Furuya J, Okamoto Y. In vitro testing of a denture cleaning method using ozone. *J Med Dent Sci* 1998;45:135-139

Owen CP, Goolam R. Disinfection of impression materials to prevent viral cross contamination: A review and a protocol. *Int J Prosthodont* 1993;6:480-494

Park SL, Moon JD, Lee SH, Shin SY. Effective ozone generation utilizing a meshed-plate electrode in a dielectric-barrier discharge type ozone generator. *J Electrostat* 2006;64:275-282

Partington JR. A text-book of inorganic chemistry. Published by Macmillan and Co, London, 1946, 290

Pashaie B, Dhali SK, Honea FI. Electrical characteristics of a coaxial dielectric barrier discharge. *J Phys D: Appl Phys* 1994;27:2107-2110

Pekárek S. Non-thermal plasma ozone generation. *Acta Polytech* 2003;43:47-51

Perkin FM. The industrial uses of ozone, particularly for the purification of water. *Trans Faraday Soc* 1908;4:81-90

Polychronakis N, Yannikakis S, Zissis A. A clinical 5-Year longitudinal study on the dimensional changes of complete maxillary dentures. *Int J Prosthodont* 2003;16:78-81

Polyzois GL, Zissis AJ, Yannikakis SA. The effect of glutaraldehyde and microwave disinfection on some properties of acrylic denture resin. *Int J Prosthodont* 1995;8:150-154

Pontiga F, Soria C, Castellanos A, Skalny JD. A study of ozone generation by negative corona discharge through different plasma chemistry models. *Ozone Sci Eng* 2002;24:447-462

Postek MT. Scanning electron microscopy. A student's handbook. Ladd Research Industries, Vermont, 1980, 7-10,25-28,54-55,151-154

Poulos J, Antonoff L. Disinfection of impressions. Methods and effects on accuracy. *New York State Dent J* 1997;63:34-36

Powell G, Runnells R, Saxon B, Whisenant B. The presence and identification of organisms transmitted to dental laboratories. *J Prosthet Dent* 1990;64:235-237

Rakness KL. Ozone in drinking water treatment: Process design, operation, and optimization. American Water Works Association, Colorado, 2005, 1-5

Ramakrishnaiah R, Kheraif AAAA, Qasim SSB. The effect of chemical disinfection, autoclave and microwave sterilization on the dimensional accuracy of polyvinylsiloxane elastomeric impression materials. *World Appl Sci J* 2012;17:127-132

Rao RK, Thomas DW, Pepperl S, Porreca F. Salivary epidermal growth factor plays a role in protection of ileal mucosal integrity. *Digest Dis Sci* 1997;42:2175-2181

Rice RG. Application of ozone in water and waste water treatment. In R.G. Rice, & M.J. Browning (Eds.), *Analytical aspects of ozone treatment of water and waste water*. Lewis Publishers, New York, 1986, 7-26

Rice RG, Netzer A. *Handbook of ozone technology and applications*. Ann Arbor Science, Michigan, 1982, 1-37

Rios MP, Morgano SM, Stein RS, Rose L. Effects of chemical disinfectant solutions on the stability and accuracy of the dental impression complex. *J Prosthet Dent* 1996;76:356-362

Rodriguez JM, Bartlett DW. The dimensional stability of impression materials and its effect on in vitro tooth wear studies. *Dent Mater* 2011;27:253-258

Rojas-Valencia MN. Research on ozone application as disinfectant and action mechanisms on wastewater microorganisms. In Méndez-Vilas A (Ed.), *Science against microbial pathogens: Communicating current research and technological advances*. Formatex Research Center, Badajoz, Spain, 2011, 263-271

Roshchina VV, Roshchina VD. *Ozone and plant cell*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2003, 10-15

Roy D, Wong PKY, Engelbrecht RS, Chian ESK. Mechanism of enteroviral inactivation by ozone. *Appl Environ Microb* 1981;41:718-723

Rubin MB. The history of ozone. The Schönbein period, 1839-1868. *Bull Hist Chem* 2001;26:40-56

Rueggeberg F, Beall F, Kelly M, Schuster G. Sodium hypochlorite disinfection of irreversible hydrocolloid impression material. *J Prosthet Dent* 1992;67:628-631

Samaranayake LP, Hunjan M, Jennings KJ. Carriage of oral flora on irreversible hydrocolloid and elastomeric impression materials. *J Prosthet Dent* 1991;65:244-249

Sartori E, Schmidt C, Walber L, Shinkai R. Effect of microwave disinfection on denture base adaptation and resin surface roughness. *Braz Dent J* 2006;17:195-200

Sawadaishi K, Miura K, Ohtsuka E, Ueda T, Ishizaki K, Shinriki N. Mode of degradation of plasmid DNA with ozone. *Nucl Acid S* 1984;15:151-154

Sawadaishi K, Miura K, Ohtsuka E, Ueda T, Ishizaki K, Shinriki N. Ozonolysis of supercoiled pBR322 DNA resulting in strand scission to open circular DNA. *Nucleic Acids Res* 1985;13:7183-7194

Schönbein CF. On the odour accompanying electricity and on the probability of its dependence on the presence of a new substance. *Philos Mag* 1840;17:293-294

Seo RS, Vergani CE, Pavarina AC, Compagnoni MA, Machado AL. Influence of microwave disinfection on the dimensional stability of intact and relined acrylic resin denture bases. *J Prosthet Dent* 2007;98:216-223

Shakesheff KM, Davies MC, Domb A, Roberts CJ, Shard AJ, Tendler SJB, Williams PM. Visualizing the degradation of polymer surfaces with an atomic force microscope. *Proc Int Symp Control Rel Bioact Mater* 1994;21:618-619

Shih T-K, Ho J-R, Chen C-F, Whang W-T, Chen C-C. Topographic control on silicone surface using chemical oxidization method. *Appl Surf Sci* 2007;253:9381-9386

Siemens W. Poggendorff's *Ann Phys Chem* 1857;102:66

Silva S, Salvador M. Effect of the disinfection technique on the linear dimensional stability of dental impression materials. *J Appl Oral Sci* 2004;12:244-249

Sofou A, Larsen T, Fiehn NE, Owall B. Contamination level of alginate impressions arriving at a dental laboratory. *Clin Oral Invest* 2002;6:161-165

Spiegelman SN, Giambrone CJ. Comparative bactericidal activity of hypochlorites and Alcide LD 10:1:1 disinfectant in the presence of organic loads. Presented at American Society for Microbiology, March 25, 1986

Sproul OJ, Pfister RM, Kim CK. The mechanism of ozone inactivation of water borne viruses. *Wat Sci Tech* 1982;14:303-314

Storer R, McCabe JF. An investigation of methods available for sterilizing impressions. *Br Dent J* 1981;151:217-219

Sykora O, Sutow EJ. Improved fit of maxillary complete dentures processed on high expansion stone casts. *J Prosthet Dent* 197;77:205-208

Tamaoki H, Sakiyama F, Narita K. Chemical modification of ribonuclease T1 with ozone. *J Biochem* 1978;83:771-781

Taylor RL, Wright PS, Maryan C. Disinfection procedures: Their effect on the dimensional accuracy and surface quality of irreversible hydrocolloid impression materials and gypsum casts. *Dent Mater* 2002;18:103-110

Terao J, Nagao A, Yuki H, Itoh Y. Reduction of fatty acid hydroperoxides by human parotid saliva. *Lipids* 1993;28:121-124

Thouati A, Deveau E, Iost A, Behin P. Dimensional stability of seven elastomeric impression materials immersed in disinfectants. *J Prosthet Dent* 1996;76:8-14

Troshichev O, Gabis I. Effects of solar UV irradiation on dynamics of ozone hole in Antarctica. *J Atmos Sol-Terr Phy* 2005;67:93-104

Tullner JB, Commette JA, Moon PC. Linear dimensional changes in dental impressions after immersion in disinfectant solutions. *J Prosthet Dent* 1988;60:725-728

Tuna S, Keyf F, Gumus H, Uzun C. The evaluation of water sorption / solubility on various acrylic resins. *Eur J Dent* 2008;2:191-197

Van Marum M. Beschreibung einer electrisiermaschine. Schwickert-Verlag, Leipzig, 1786

Vandeparre H, Gabriele S, Brau F, Gay C, Parker KK, Damman P. Hierarchical wrinkling patterns. *Soft Matter* 2010;6:5751-5756

Vandewalle KS, Charlton DG, Schwartz RS, Reagan SE, Koeppen RG. Immersion disinfection of irreversible hydrocolloid impressions with sodium hypochlorite. Part II: Effect on gypsum. *Int J Prosthodont* 1994;7:315-322

Victorin K. Review of the genotoxicity of ozone. *Mutat Res* 1992; 277:221-238

Walker MP, Rondeau M, Petrie C, Tasca A, Williams K. Surface quality and long-term dimensional stability of current elastomeric impression materials after disinfection. *J Prosthodont* 2007;16:343-351

Watanabe M, Mizukami K. Well-ordered wrinkling patterns on chemically oxidized poly(dimethylsiloxane) surfaces. *Macromolecules* 2012;45:7128-7134

WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global Update 2005. Summary of risk assessment, World Health Organization 2006,
http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf
(access 30/04/2014)

Williams PT, Jackson DG, Bergman W. An evaluation of the time-dependent dimensional stability of eleven elastomeric impression materials. J Prosthet Dent 1984;52:120-125

Wirz J, Jaeger K, Schmidli F. Light-polymerized materials for custom impression trays. Int J Prosthodont 1990;3:64-71

Woelfel JB, Paffenbarger GC. Method of evaluating the clinical effect of warping a denture: Report of a case. J Am Dent Assoc 1959;59:250-260

Wong DMS, Cheng LYY, Chow TW, Clark RKF. Effect of processing method on the dimensional accuracy and water sorption of acrylic resin dentures. J Prosthet Dent 1999;81:300-304

Wu G, Yu X, Gu Z. Ultrasonically nebulized electrolysed oxidising water: A promising new infection control programme for impressions, metals and gypsum casts used in dental hospitals. J Hosp Infect 2008;68:348-354

Yilmaz H, Aydin C, Gul B, Yilmaz C, Semiz M. Effect of disinfection on the dimensional stability of polyether impression materials. J Prosthodont 2007;16:473-479

Zhu Y, Otsubo M, Honda C. Degradation of polymeric materials exposed to corona discharges. Polym Test 2006;25:313-317

Γιαννικάκης Σ. Ολικές οδοντοστοιχίες. Εργαστήριο. Εκδόσεις Μπονισέλ, Αθήνα, 2003, 69-76,83-89

Καφούσιας Ν, Μπαλτζάκη Γ, Σταθόπουλος Απ. Οδοντιατρικά βιοϋλικά. Εκδόσεις Ακίδα, Αθήνα, 1994, 145-175,345-358,387-413

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η απολύμανση οδοντιατρικών υλικών αποτύπωσης για τη διασφάλιση μη διασταυρούμενης μόλυνσης από δυνητικά παθογόνα βακτήρια της χλωρίδας του στόματος πραγματοποιείται, μέχρι σήμερα, στην καθημερινή οδοντιατρική πράξη με εμφύπτιση σε υγρά απολυμαντικά διαλύματα. Εναλλακτικά, στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε απολύμανση με όζον, μέσω της κατασκευής πρωτότυπης αυτοματοποιημένης συσκευής απολύμανσης. Σκοπός της διατριβής είναι η σύγκριση της αποτελεσματικότητας μιας νέας μεθόδου απολύμανσης με όζον, με την απολυμαντική αποτελεσματικότητα της εμφύπτισής σε απολυμαντικά διαλύματα. Η μέθοδος ελέγχθηκε τόσο σε εργαστηριακό επίπεδο, όσο και σε συνθήκες καθημερινής οδοντιατρικής πράξης. Επιπλέον, εξετάστηκε η μεταβολή διαστάσεων και η επιφανειακή διάβρωση που πιθανώς υφίστανται τα οδοντιατρικά υλικά αποτύπωσης κατά την απολύμανση με όζον.

Για το σκοπό της μελέτης κατασκευάστηκε πρωτότυπη συσκευή απολύμανσης οδοντιατρικών υλικών αποτύπωσης με όζον (Δίπλωμα Ευρεσιτεχνίας OBI: 20110100194/2013), συνδυάζοντας διάφορες επιμέρους συσκευές, συμπεριλαμβανομένων μιας γεννήτριας όζοντος εκκενώσεως κορώνας, ενός ξηραντήρα αέρα, μίας αεραντλίας μεταβαλλόμενης ροής, ενός δείκτη υγρασίας, ενός ροομέτρου υψηλής ακρίβειας, ενός θαλάμου απολύμανσης, ενός καταλύτη διοξειδίου του μαγγανίου-οξειδίου του χαλκού και δικτύου σωληνώσεων από Teflon.

Για τη βακτηριολογική μελέτη, εμβολιάστηκε οδοντιατρική λεπτόρρευση σιλικόνη προσθήκης με υγρές καλλιέργειες των αντιπροσωπευτικών Gram (-) και Gram (+) βακτηρίων *Klebsiella pneumoniae* και *Staphylococcus aureus*, αντίστοιχα. Δισκία των 10mm διαμέτρου αποκόπηκαν και απολυμάνθηκαν με όζον σε διάφορους χρόνους, με εμφύπτιση σε διάλυμα χλωριούχου βενζαλκονίου ή λειτούργησαν ως μάρτυρες. Σε δεύτερο επίπεδο, δεκαέξι αποτυπώματα σιλικόνης προσθήκης ελήφθησαν από τέσσερις ασθενείς και αφού χωρίστηκαν σε ομάδες ακολουθήθηκε και σε αυτά η ίδια διαδικασία απολύμανσης. Η αποτελεσματικότητα της εκάστοτε μεθόδου απολύμανσης αξιολογήθηκε κάνοντας χρήση της μεθόδου των βιώσιμων αναπαραγωγικών μονάδων (εις τριπλούν επαναλήψεις). Τα τρυβλία επωάστηκαν στους 37°C για 24h ή για 48h σε αερόβιες ή/και αναερόβιες συνθήκες.

Ακολούθως, μελετήθηκε η πιθανή μεταβολή διαστάσεων των υλικών αποτύπωσης μετά από απολύμανση είτε με όζον είτε με υγρά απολυμαντικά διαλύματα (υποχλωριώδους νατρίου ή χλωριούχου βενζαλκονίου). Κατασκευάστηκαν 120 δοκίμια από 4 διαφορετικά ελαστομερή αποτυπωτικά υλικά μέσω ειδικής μήτρας. Τα δοκίμια μετρήθηκαν πριν και μετά την απολύμανση με μετρητικό μικροσκόπιο και υπολογίστηκε η ποσοστιαία μεταβολή διαστάσεων. Αντίστοιχα, κατασκευάστηκαν 30 δοκίμια ατομικών δισκαρίων φωτοπολυμεριζόμενης ρητίνης μέσω ειδικά διαμορφωμένου νωδού εκμαγείου της άνω γνάθου, στα οποία ήταν ενσωματωμένες 4 καρφίδες κινητών κολοβομάτων. Τα δοκίμια μετρήθηκαν πριν και μετά την απολύμανση (6 αποστάσεις αναμεταξύ των καρφίδων) με ψηφιακό μικρόμετρο και υπολογίστηκε η ποσοστιαία μεταβολή διαστάσεων της κάθε απόστασης. Επιπροσθέτως, υπολογίστηκε η συνολική ποσοστιαία μεταβολή διαστάσεων των ατομικών δισκαρίων σε αντιστοιχία με την ποσοστιαία μεταβολή της επιφάνειας που οριζόταν από τις 4 καρφίδες που ήταν ενσωματωμένες στα ατομικά δισκάρια.

Τέλος, ο έλεγχος της πιθανής επιφανειακής διάβρωσης ελαστομερών αποτυπωτικών υλικών επετεύχθη με την κατασκευή 32 δοκιμών πάχους 1mm από 4 διαφορετικά ελαστομερή αποτυπωτικά υλικά τα οποία είτε απολυμάνθηκαν με όζον, είτε με εμβάπτιση σε απολυμαντικό διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου ή χλωριούχου βενζαλκονίου, χρησιμοποιώντας 2 χρόνους απολύμανσης για κάθε απολυμαντική μέθοδο, είτε λειτούργησαν ως μάρτυρες. Αποκόπηκε δισκίο των 7mm από κάθε δοκίμιο και αφού επικολλήθηκε σε ειδική βάση με κατάλληλη αγωγή κόλλα, επιχρυσώθηκε σε ειδική συσκευή εναπόθεσης υλικού με εξάχνωση. Τα δοκίμια εξετάστηκαν σε Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης σε μεγέθυνση x2000.

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων της μικροβιολογικής μελέτης έγινε με χρήση της ανάλυσης της διακύμανσης (one way-ANOVA) σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05 στους δεκαδικούς λογαρίθμους ($\log_{10}$) των βιώσιμων αναπαραγωγικών μονάδων. Οι ανά δύο συγκρίσεις των διαφόρων χειρισμών έγιναν με την δοκιμή του Tukey. Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων της μελέτης μεταβολής διαστάσεων των αποτυπωτικών υλικών και των ατομικών δισκαρίων που εξετάστηκαν έγινε με το μη-παραμετρικό τεστ Wilcoxon, όσον αφορά τη μεταβολή της κάθε ομάδας δοκιμών χωριστά, σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05. Οι ανά δύο συγκρίσεις των διαφόρων ομάδων δοκιμών πραγματοποιήθηκαν με το μη-παραμετρικό τεστ Mann-Whitney σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

Κατά τη βακτηριολογική μελέτη, για τους δύο αντιπροσωπευτικούς μικροοργανισμούς παρατηρήθηκε μείωση του βακτηριακού πληθυσμού τουλάχιστον κατά 3 λογαριθμικές μονάδες από τα τρία πρώτα λεπτά έκθεσης στο όζον. Όσον αφορά τη βακτηριολογική μελέτη των αποτυπωμάτων, παρατηρήθηκε ότι μετά την απολύμανση με όζον, το βακτηριακό φορτίο ελαττώθηκε κατά $\approx 1 \log_{10}$. Η μέθοδος απολύμανσης με όζον αναδεικνύεται πλήρως αποτελεσματική και ασφαλής, αφού παρατηρήθηκε ένα αντίστοιχα υψηλό βακτηριακό φορτίο στα απολυμασμένα με υγρό απολυμαντικό διάλυμα αποτυπώματα ($\approx 4 \log_{10}$), ειδικότερα όσον αφορά τις αναερόβιες συνθήκες. Η μέθοδος απολύμανσης με όζον αναδεικνύεται έτσι τουλάχιστον εφάμιλλη με αυτή της απολύμανσης με εμβάπτιση σε απολυμαντικά διαλύματα.

Κατά τη μελέτη μεταβολής διαστάσεων των υλικών αποτύπωσης, η μέθοδος απολύμανσης με όζον παρουσίασε τις μικρότερες μεταβολές διαστάσεων αναδεικνύοντας εξαιρετική ακρίβεια. Κατά τη μελέτη επιφανειακής διάβρωσης ελαστομερών αποτυπωτικών υλικών προέκυψε ότι σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις απολύμανσης, είτε υγρής, είτε αέριας με όζον, εμφανίζονται παρόμοιες, πολύ μικρές, ασημαντες αλλαγές στην επιφάνεια των δοκιμών, καθιστώντας την απολύμανση με όζον πλήρως αποτελεσματική.

Η παρούσα μελέτη ανέδειξε τη μέθοδο απολύμανσης οδοντιατρικών υλικών αποτύπωσης με όζον ισάξια και σε μερικές περιπτώσεις αποτελεσματικότερη από τις σημερινές παγιωμένες μεθόδους απολύμανσης. Είναι μια ταχύτατη, αποτελεσματική, ασφαλής, ακριβής και πλήρως αυτοματοποιημένη μέθοδος απολύμανσης οδοντιατρικών υλικών αποτύπωσης που μπορεί να καθιερωθεί, έχοντας επιπλέον τα πλεονεκτήματα του χαμηλού λειτουργικού κόστους και της φιλικότητας προς το περιβάλλον, αφού δεν θα γίνεται χρήση απολυμαντικών διαλυμάτων με όλες τις καταστροφικές συνέπειες που αυτά έχουν για το περιβάλλον, μέσω της καθημερινής, σε παγκόσμιο επίπεδο, χρήσης τους.

ABSTRACT

In daily dental practice, to avoid cross-contamination from potential pathogenic bacteria of oral flora, dental impression materials are disinfected by immersion in liquid disinfection solutions. In the present study ozone disinfection was applied, by means of a prototype automated disinfection device. The aim of the present dissertation is to compare the effectiveness of a new method that uses the disinfective properties of ozone with the effectiveness of immersion disinfection in liquid solutions. The method was tested not only in terms of laboratory conditions, but in daily dental practice conditions, as well. In addition, dimensional stability and surface degradation that dental impression materials possibly encounter during ozone disinfection, were examined.

A prototype ozone disinfection apparatus for dental impression materials was constructed combining various devices, including a corona discharge ozone generator, an air dryer, a varying flow air pump, a moisture indicator, a high precision flow meter, a disinfection chamber, a manganese dioxide-copper oxide catalyst and Teflon pipework (Greek patent office registration number: 20110100194/2013).

For the bacteriological study, dental light-body addition-cured silicone was inoculated with liquid inoculum of the Gram (-) and Gram (+) bacteria *Klebsiella pneumoniae* and *Staphylococcus aureus*, respectively. 10mm diameter discs were removed and were disinfected using ozone for various time intervals, with immersion in benzalkonium chloride solution or served as controls. Furthermore, sixteen addition-cured silicone impressions were obtained from four volunteers and after arranging them into groups, the same disinfection procedure was followed. The effectiveness of each disinfection method was evaluated by using the viable plate count method (in triplicate). The dishes were incubated at 37°C for 24h or 48h in aerobic or/and anaerobic conditions.

Subsequently, possible impression materials dimensional changes were examined, after ozone disinfection or immersion disinfection (sodium hypochlorite or benzalkonium chloride solutions). 120 specimens from 4 different elastomeric impression materials were constructed via a special die. Specimens were measured before and after disinfection under a measuring microscope and the dimensional change percentage was counted. Accordingly, 30 light-curing resin custom tray specimens were constructed via a specially designed edentulous maxillary cast, in which 4 removable die pins were incorporated. Specimens were measured before and after disinfection (6 distances in between the pins) via a digital micrometer and the dimensional change percentage of each distance was counted. In addition, the total dimensional change percentage of the custom trays was counted in accordance to the surface change percentage that was defined by the 4 pins that were incorporated into the custom trays.

Finally, possible elastomeric impression materials surface degradation inspection was conducted by fabricating 32 specimens, 1mm in thickness, from 4 different elastomeric impression materials that were either ozone disinfected, either immersion disinfected in sodium hypochlorite or benzalkonium chloride solution, by using 2 disinfection time intervals for each disinfection method or served as controls. A 7mm disc was removed from each specimen and after attaching it to a special stub via a suitable conductive cement, it was gold-coated in a sputter-coater. The specimens were examined in a Scanning Electron Microscope set at x2000 magnification.

The statistical analysis of the microbiological study results was conducted via one way-ANOVA, with significance threshold at 0,05 based on the $\log_{10}$ transformations of the colony-forming units (CFU). Pairwise comparisons of the various treatments were conducted by the Tukey's test. The statistical analysis of the results of the impression materials and custom trays dimensional stability study was conducted via the non-parametric Wilcoxon test, regarding the change of each specimen group separately, with significance threshold at 0,05. Pairwise comparisons of various specimen groups were conducted via the non-parametric Mann-Whitney test, with significance threshold at 0,05.

During the bacteriological study, a reduction of the bacterial load of at least 3 logarithmic units was observed after the first 3min of ozone exposure. The bacteriological study of the impressions revealed that after ozone disinfection, the bacterial load was reduced by $\approx 1\log_{10}$. The ozone disinfection method proves fully effective and safe, since a similar high bacterial load was observed for the immersion disinfected impressions ($\approx 4\log_{10}$), especially regarding the anaerobic conditions. The ozone disinfection method proves to be at least equal to that of immersion disinfection in liquid solutions.

During the impression materials dimensional stability study, the ozone disinfection method showed the smallest dimensional changes designating remarkable accuracy. During the elastomeric impression materials surface degradation study, it was concluded that in almost all disinfection treatments, either liquid or airborne by ozone, similar, very small, insignificant changes appear on the specimens' surface, establishing ozone disinfection completely efficient.

The current study designated dental impression materials' ozone disinfection method equal and in some cases more effective than current established disinfection methods. It is a fast, efficient, safe, accurate and fully automated disinfection method for dental impression materials that can be established, having in addition the advantages of low operating cost and environmental friendliness, since there will be no use of disinfection solutions with all the hazardous consequences they possess for the environment, through their daily, in global level, usage.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΕΩΝ

Εργαστήριο ΒΒΙΦΑΜ: Εργαστήριο Βιολογίας, Βιοχημείας και Φυσιολογίας του Ανθρώπου και των Μικροοργανισμών

Τμήμα ΕΔΔ: Τμήμα Επιστήμης Διαιτολογίας-Διατροφής

ΧΠ: Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

PBS: Phosphate Buffer Saline

ATCC: American Type Culture Collection

ISO: International Organization for Standardization

ppm: parts per million

Κ.Σ.: Κανονικές Συνθήκες

OBI: Οργανισμός Βιομηχανικής Ιδιοκτησίας