



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Ηλεκτρικό φίλτρο υψηλής τάσης εξόντωσης οργανικών φορτίων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ελπινίκη-Μαρία Λυγίζου

Επιβλέπων: Ευάγγελος Χριστοφόρου

Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα 2021



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Ηλεκτρικό φίλτρο υψηλής τάσης εξόντωσης οργανικών φορτίων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ελπινίκη-Μαρία Λυγίζου

Επιβλέπων: Ευάγγελος Χριστοφόρου

Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή στις 22/07/2021

.....
Ευάγγελος Χριστοφόρου
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Ιωάννης Γκόνος
Αν. Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Παναγιώτης Τσαραμπάρης
Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα 2021

Περίληψη

Η σύσταση της ατμόσφαιρας μεταβάλλεται, εξαιτίας των αέριων ρύπων που εκλύονται από ανθρωπογενείς και φυσικές δραστηριότητες. Οι κυριότερες επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης αφορούν την υγεία των ανθρώπων και αποτελούν τον πέμπτο κύριο παράγοντα κινδύνου θνησιμότητας. Η ρύπανση αυτή δεν περιορίζεται στον εξωτερικό αέρα, αντίθετα καθορίζει απόλυτα την ποιότητα αέρα στους εσωτερικούς χώρους, όπου οι άνθρωποι ζουν πάνω από το 70% του καθημερινού τους χρόνου. Αυτό θέτει επιτακτική την ανάγκη, να καταστεί ο εσωτερικός αέρας τόσο καθαρός από οποιοδήποτε παθογόνο και να βελτιωθεί η διαμόρφωση του ενεργειακού ισοζυγίου και των συνθηκών θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του.

Για την αντιμετώπιση της ρύπανσης των εσωτερικών χώρων έχουν αναπτυχθεί αρκετές μέθοδοι και τεχνολογίες μέχρι σήμερα, οι οποίες όμως ακολουθούνται από επιβλαβείς επιπτώσεις για το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία παρουσιάζεται μία καινοτόμος τεχνολογία απαλλαγής από τα ανεπιθύμητα ρυπογόνα οργανικά φορτία που βρίσκονται και συσσωρεύονται σε εσωτερικούς χώρους. Η μέθοδος αυτή αναφέρεται σε ένα φίλτρο υψηλής τάσης για την εξόντωση οργανικών φορτίων. Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στην επίδραση που έχει το ηλεκτρικό πεδίο στα σωματίδια που εισέρχονται σε αυτό. Η ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα και η απόδοση του φίλτρου αποδεικνύονται με βάση τα πειραματικά αποτελέσματα, τα οποία παρουσιάζονται.

Αρχικά, καταδεικνύεται η απαραίτητη θεωρία σχετικά με το ομογενές πεδίο και τις τιμές των παραμέτρων του, οι οποίες είναι απαραίτητες για την θεωρητική απόδειξη της μηχανικής καταστροφής του οργανικού φορτίου μέσω των μηχανισμών που περιγράφονται στη συνέχεια της εργασίας. Επίσης, αναλύεται η θεωρία της διπολικής ροπής, η οποία συμβαίνει στα στοιχεία όταν βρίσκονται υπό την επίδραση του πεδίου και εξηγεί τις διαμοριακές αλληλεπιδράσεις στο εσωτερικό τους. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στην ενθαλπία δεσμού η οποία προσεγγίζει την τιμή ενέργειας που πρέπει να προσφερθεί για να σπάσει ο δεσμός που συνδέει δύο μόρια. Τέλος, παρουσιάζεται η έννοια της ηλεκτροπόρωσης, διαδικασία κατά την οποία δημιουργείται παροδική αποσταθεροποίηση της μεμβράνης του κυττάρου αλλά μπορεί να οδηγήσει ακόμα και στη λύση του.

Μετά τη θεωρητική διαδικασία, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις και δοκιμές για την εξέταση της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας της συσκευής. Επιπλέον, έλαβε χώρα σε νοσοκομειακές εγκαταστάσεις, πείραμα για να διαπιστωθεί η αποτελεσματικότητα του φίλτρου στην εξόντωση του ιού SARS-CoV-2. Τέλος, τα αποτελέσματα των μετρήσεων που ελήφθησαν από το φίλτρο παρουσιάζονται όπως προέκυψαν από τις πειραματικές διαδικασίες και εκτίθενται συμπεράσματα σχετικά με τη λειτουργικότητα και αποδοτικότητά του.

Λέξεις Κλειδιά: φίλτρο υψηλής τάσης οργανικών φορτίων, απολύμανση αέρα εσωτερικών χώρων, ενθαλπία δεσμού, ηλεκτροπόρωση – ηλεκτροδιάτρηση.

Abstract

The composition of the atmosphere is changing. Artificial and natural activities are emitting gaseous pollutants and the resulting pollution is considered the fifth leading risk factor for mortality.

Outdoors pollution is not only limited to the air quality of outdoors, but on the contrary, it entirely determines the indoor air quality, where people spent more than 70% of their everyday time. This raises the urgent need to make indoor air as clean as possible, clear of any pathogen, and to improve energy balance and thermal comfort conditions inside.

To date, several methods and technologies have been developed to deal with indoor pollution, but their use and implementation are accompanied by harmful effects on the environment and humans.

This Diploma Thesis presents an innovative technology of removing unwanted pollutants that are located and accumulated indoors. This method refers to a high voltage filter for the destruction of organic charges, its principle of operation is based on the effect that the electric field has on the particles that enter proposed device. The electromagnetic compatibility and the efficiency of the filter are proven based on the initial results of the experiment, which are presented in this Thesis.

The relevant theory about the homogeneous field and the values of its parameters. These values are essential to theoretically prove the mechanical destruction of the organic charge through the mechanisms described in the following work. Additionally, the research includes an analysis of the theory of bipolar momentum, which occurs in elements when they are under the influence of the field, and explains the intermolecular interactions among them. Next, reference is made to the bond enthalpy which approximates the energy value which must be offered to break the bond that binds two molecules. Finally, the research introduces the concept of electroporation, a process leading to the transient destabilization of the cell membrane, while it could even result to its dissolution.

Following the theoretical procedure, measurements and tests were performed to test the electromagnetic compatibility of the device. In addition, an experiment was conducted in a hospital facility to determine the effectiveness of the filter in exterminate the SARS-CoV-2 virus.

Finally, the results of the measurements collected by the filter are presented as they emerged from the experimental procedures and conclusions about its functionality and efficiency are set out.

Keywords: high voltage organic load filter, indoor air disinfection, bond enthalpy, electroporation

Ευχαριστίες

Ξεκινώ με τα μορφώματα εκείνα που συνάντησα όταν άρχισε αυτό το ταξίδι, τα οποία είχαν ζωή εντός της πολυτεχνικής κοινότητας και με διαμόρφωσαν στην ενήλικη ζωή μου, με προμήθευσαν με εφόδια ανεκτίμητα και αναντικατάστατα και με δίδαξαν (μου γνώρισαν) τα ανέφικτα. Τους συντρόφους ζωής που περπάτησαν δίπλα μου ή/και παράλληλα αυτά τα χρόνια και βρίσκονται όλοι τους με τον τρόπο τους ο καθένας στο τελευταίο βήμα πριν την έξοδο.

Σε ευχαριστώ Κώστα, Αλέκο, Γιωργάκη, Αλέξανδρε, Κωστάκη, Εύα, Διονυσάκη, Γιόχα, Πολύκαρπε, Ανατολή, Στέλιο, Ορέστη, Yanki, 98fm, ΑΣΠ, Παπασωτηρίου, (((!))).

Ευχαριστώ την κ.Νατάσσα που μελοποίησε τον δρόμο από τα χαμηλά στο τώρα.

Την θεία μου τη Δήμητρα και τη νονά μου που με δέχονται όπως είμαι και τον παππού μου που μου ζήτησε να προλάβει να δει το πτυχίο μου και έκανα τα αδύνατα δυνατά, μόνο 12 χρόνια μου πήρε...

Το Πολυμήχανο, που μου έδειξε ότι υπάρχουν ακόμα άνθρωποι για τους οποίους αξίζει να συνεχίσεις να ελπίζεις και να αγωνίζεσαι.

Ευχαριστώ τον Δημήτρη, την Κάτια, τον Κωστή, την Αναστασία, την Ευαγγελίνα, την Ηλέκτρα, την Στεφάνια, τον Νικολάκη, τον Ηλία, τον Κωστάκη, τον Ντούντη, τον Θανασάκη, οι οποίοι επιβιβάστηκαν στο τέλος της διαδρομής, στο πιο δύσκολο κομμάτι της και με συντρόφευσαν με διαφορετικό τρόπο από τα μέχρι τότε γνωστά.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον καθηγητή μου, Ευάγγελο Χριστοφόρου, για την ανοχή και εμπιστοσύνη που μου έδειξε, αλλά κυρίως για την υπέρμετρη βοήθειά του.

Τέλος, το μεγαλύτερο ευχαριστώ το φύλαξα και θα το φυλάω πάντα στους γονείς και στα αδέρφια μου, στην καλύτερη οικογένεια με τους ομορφότερους ανθρώπους που γνωρίζω. Για αυτό που είναι και για αυτό που είμαι. Για τις σπάνιες και δυσεύρετες, στους ανθρώπους, αξίες και αρετές που μου έδειξαν, μου έμαθαν και μου εμφύσησαν.

Η εργασία αυτή είναι προϊόν και δικό τους, γιατί για να μπει καλάθι χρειάζονται και οι υπόλοιποι τέσσερις στην άμυνα.

Υγ. Ειδικά για τις έντονες τελευταίες μέρες ολοκλήρωσης της συγκεκριμένης εργασίας θέλω και πρέπει να ευχαριστήσω τον αδερφό μου, Σταύρο, την Αναστασία και τον Κωστή για την υπέροχη συνεισφορά τους με κάθε δυνατό τρόπο.

Περιεχόμενα

Περίληψη	4
Abstract	5
Ευχαριστίες	6
Περιεχόμενα	7
Πίνακας Εικόνων & Πινάκων	10
Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή	13
1.1. Περιβαλλοντική ρύπανση - Εισαγωγή	13
1.2. Μορφές και τρόποι περιβαλλοντικής καταπόνησης	15
1.3. Ατμοσφαιρική ρύπανση	22
1.3.1. Βασικοί παράγοντες ατμοσφαιρικής ρύπανσης.....	24
1.3.2. Βασικές πηγές ανθρωπογενούς ατμοσφαιρικής ρύπανσης.....	24
1.3.3. Επιπτώσεις στο περιβάλλον	25
1.3.4. Ατμοσφαιρικοί ρύποι και επιπτώσεις στον άνθρωπο	25
1.3.4.1. Οξείδια του άνθρακα (CO, CO ₂).....	26
1.3.4.2. Οξείδια του αζώτου (NO _x).....	27
1.3.4.3. Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	28
1.3.4.4. Όζον (O ₃)	29
1.3.4.5. Αιωρούμενα σωματίδια (PM).....	30
1.3.4.6. Αέριοι υδρογονάνθρακες (HC)	32
1.3.4.7. Αεροαλλεργιογόνα	32
1.4. Αέρια ρύπανσης εσωτερικών χώρων.....	34
1.4.1. Ρύποι εσωτερικών χώρων	36
1.4.2. Το σύνδρομο του αρρωστημένου κτηρίου.....	38
1.5. Αναγκαιότητα επίλυσης	39
1.6. Τεχνικές εξυγίανσης αέρα εσωτερικών χώρων	41
1.6.1. Μέθοδοι.....	41
1.6.1.1. Αραίωση του αέρα με καθαρό απολυμαντικό αέρα.....	41
1.6.1.2. Βιολογικές Μέθοδοι	42
1.6.1.3. Φίλτρα HEPA.....	43
1.6.1.4. Διήθηση αέρα σε συστήματα HVAC.....	46
1.6.1.5. Φωτοκαταλυτική οξειδωση.....	47
1.6.1.6. Ιονιστής.....	50

1.6.1.7.	Λαμπτήρες UV	53
1.6.1.8.	Επεξεργασία αέρα με όζον	56
1.6.1.9.	ULV Fogger	57
1.6.1.10.	Plasmacluster	58
1.6.1.11.	Αιθέρια έλαια	59
1.6.1.12.	Αφυγραντικός ρότορας	59
Κεφάλαιο 2 – Φίλτρο υψηλής τάσης		61
2.1.	Παράγοντες οι οποίοι οδήγησαν στην ανάγκη αναζήτησης καινοτόμων τεχνολογιών απολύμανσης αέρα εσωτερικών χώρων	61
2.1.1.	Αρνητικές επιπτώσεις όζοντος – απόρροια λειτουργίας αρκετών συσκευών καθαρισμού αέρα	61
2.1.1.1.	Μειονεκτήματα ιονιστών και γεννητριών όζοντος	62
2.1.2.	Μειονεκτήματα φίλτρων αέρα υψηλής απόδοσης (HEPA)	66
2.1.3.	Μειονεκτήματα χρήσης λαμπτήρων UV	66
2.2.	Φίλτρο αέρα υψηλής τάσης	71
2.2.1.	Περιγραφή διάταξης	71
2.2.2.	Λειτουργία	74
2.2.3.	Υπολογισμός έντασης ηλεκτρικού πεδίου	75
2.2.4.	Η δύναμη που ασκεί το ηλεκτρικό πεδίο	78
2.2.5.	Ενέργεια ηλεκτρικού πεδίου	79
2.2.5.1.	Θεωρητική προσέγγιση	79
2.2.5.2.	Πρακτική προσέγγιση	80
2.2.6.	Διπολική ροπή, διαμοριακές και ενδομοριακές δυνάμεις	81
2.2.7.	Ενέργεια ή ενθαλπία δεσμού (BE ή D)	87
2.2.8.	Ηλεκτροπόρωση – Ηλεκτροδιάτρηση	89
2.3.	Πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα, δυνατότητες και κίνδυνοι της καινοτομίας	94
2.3.1.	Πλεονεκτήματα – Δυνατότητες	94
2.3.2.	Μειονεκτήματα	95
2.3.3.	Δυνατότητες χρήσης	96
2.3.4.	Κίνδυνοι	97
Κεφάλαιο 3 – Μετρήσεις και δοκιμές ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας και ατρωσίας της συσκευής		99
3.1.	Δοκιμές Ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας στο εργαστήριο υψηλών τάσεων του ΕΜΠ ..	99
3.1.1.	Περιγραφή εξοπλισμού δοκιμών	99
3.1.1.1.	Ταυτοποίηση θυρών	99

3.1.2.	Αναφορές και βασικά πρότυπα	100
3.1.3.	Σύνοψη αποτελεσμάτων δοκιμών.....	102
3.1.4.	Κριτήρια απόδοσης και κατηγοριοποίηση	104
3.1.4.1.	Κριτήρια απόδοσης για δοκιμή ατρωσίας.....	104
3.1.4.2.	Κατηγοριοποίηση εξοπλισμού υπό δοκιμή.....	105
3.1.5.	Αβεβαιότητα μέτρησης.....	108
3.1.5.1.	Αποτελέσματα αβεβαιότητας μετρήσεων δοκιμών.....	108
	Πίνακας 3.1.5: Αποτελέσματα αβεβαιότητας μετρήσεων δοκιμών.....	108
3.1.5.2.	Αξιολόγηση συμμόρφωσης	109
3.1.6.	Περιγραφή των χώρων δοκιμών.....	109
3.1.7.	Αγόμενων εκπομπές	110
3.1.8.	Ακτινοβολούμενες εκπομπές (κάτω από 1GHz)	113
3.1.9.	Δοκιμή εκπομπών αρμονικών ρεύματος.....	121
3.1.10.	Διακυμάνσεις Τάσεως και Τρεμόσβημα.....	125
3.1.11.	Δοκιμή ατρωσίας ηλεκτροστατικής εκφόρτισης	128
3.1.12.	Δοκιμή ατρωσίας σε ακτινοβολούμενο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο ραδιοσυχνότητας (κάτω του 1GHz).....	131
3.1.13.	Λίστα εξοπλισμού δοκιμών απότομων εκφορτίσεων	135
3.1.14.	Λίστα εξοπλισμού δοκιμών υπέρτασης.....	137
3.1.15.	Λίστα εξοπλισμού δοκιμών αγόμενου ηλεκτρομαγνητικού πεδίου	140
3.1.16.	Λίστα εξοπλισμού δοκιμών αγόμενου ηλεκτρομαγνητικού πεδίου	143
3.1.17.	Λίστα εξοπλισμού δοκιμών βυθίσεων, βραχέων διακοπών και μεταβολών τάσης .	144
3.2.	Πειραματική δοκιμή στο νοσοκομείο Αγία Όλγα	147
3.2.1.	Πειραματική διάταξη	150
3.2.2.	Περιγραφή πειράματος	158
3.2.3.	Αποτελέσματα και εκτίμηση.....	159
	Βιβλιογραφία.....	160

Πίνακας Εικόνων & Πινάκων

Εικόνα 1 : Επιπτώσεις της ρύπανσης στην υγεία του ανθρώπου - https://el.m.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%BF:Health_effects_of_pollution.png	21
Εικόνα 2 : Καθ' ύψος διαίρεση της ατμόσφαιρας σε στρώματα με βάση τη θερμοκρασία.....	22
Εικόνα 4: Παγκόσμια κατανομή θνησιμότητας εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης - https://www.stateofglobalair.org/	33
Εικόνα 3: Παγκόσμια κατανομή ποσότητας όζοντος (ppb) - https://www.stateofglobalair.org/	33
Εικόνα 5: Κατάταξη κινδύνων θνησιμότητας ανά ποσοστά θανάτων παγκοσμίως - https://www.healtheffects.org/	34
Εικόνα 6: Μόλυνση του αέρα: Ο σιωπηλός δολοφόνος - https://www.euro.who.int/en/home	35
Εικόνα 7: Πίνακας προέλευσης ρύπων αέρα εσωτερικών χώρων - https://repository.kallipos.gr/	36
Πίνακας 8: Ενδεικτικές απαιτήσεις αερισμού ως συνάρτηση της πυκνότητας των ατόμων σε ένα χώρο.....	40
Εικόνα 9: Διαδικασία εξολόθρευσης ρύπων με ακτινοβολία UV - https://electronicaircleaners.com	48
Εικόνα 10: Εμπλουτισμός του αέρα με ιόντα.....	52
Εικόνα 11: Λαμπτήρας αποστείρωσης με υπεριώδη ακτινοβολία UV OPTONICA.....	54
Εικόνα 12: Το φάσμα της ακτινοβολίας UV - https://www.zeiss.com/vision-care/int/better-vision/health-prevention/the-benefits-and-disadvantages-of-uv-light.html	67
Εικόνα 13: Δείσδυση UV ακτινοβολίας στο ατμοσφαιρικό όζον και στο ανθρώπινο δέρμα - https://slideplayer.com/slide/10561909/	68
Εικόνα 14: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χρήσης UV λαμπτήρα σε συνδυασμό με όζον - https://shopee.com.my/	70
Εικόνα 15: Συσκευή φίλτρου υψηλής τάσης – www.enellas.com	71
Εικόνα 16: Φωτογραφία εξωτερικού φίλτρου της συσκευής	71
Εικόνα 17: Φωτογραφία ανεμιστήρα συσκευής	72
Εικόνα 18: Φωτογραφία πλακέτας υψηλής τάσης.....	72
Εικόνα 19: Φωτογραφία διάτρητου πλέγματος αλουμινίου	73
Εικόνα 20: Απεικόνιση συστοιχίας τριών πλεγμάτων	73
Εικόνα 21: Δημιουργία πεδίου ανάμεσα από οπλισμούς.....	74
Εικόνα 22: Κατανομή, ένταση, πυκνότητα δυναμικών γραμμών δύο αντίθετα φορτισμένων επιφανειών - http://www.drjamesnagel.com/notes/Nagel%20-%20Numerical%20Poisson.pdf	75
Εικόνα 23: Υπολογισμός της έντασης ηλεκτρικού πεδίου με δοκιμαστική επιφάνεια Gauss - ΦΥΣΙΚΗ II, Δ. ΚΟΥΖΟΥΔΗΣ - Π. ΠΕΤΡΙΔΗΣ	75
Εικόνα 24: Δυναμικές γραμμές εσωτερικά και εξωτερικά δύο οπλισμών αντίθετα φορτισμένων - ΦΥΣΙΚΗ II, Δ. ΚΟΥΖΟΥΔΗΣ - Π. ΠΕΤΡΙΔΗΣ	77
Εικόνα 25: Πεδίο εσωτερικά και εξωτερικά δύο οπλισμών αντίθετα φορτισμένων - https://quizlet.com/be/512712139/fysica-ii-flash-cards	77
Εικόνα 26: Δυνάμεις σε φορτισμένα σωματίδια μέσα σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο	79
Εικόνα 27: Προσανατολισμός φορτίων σωματιδίου εντός ηλεκτρικού πεδίου.....	83
Εικόνα 28: Ηλεκτρική ροπή εντός πεδίου - Δημήτριος Βλάχος, Βασικά Στοιχεία Ηλεκτρομαγνητισμού	84
Εικόνα 29: Το κατιόν του Νατρίου στο νερό - http://www.whatischemistry.unina.it/it/hphil.html ...	84

Εικόνα 30: οι ηλεκτραρνητικότητες των στοιχείων κατά Pauling βάσει ενεργειών δεσμών (μέσες τιμές) - https://klouras.chem.upatras.gr/attachments/article/34/9B%2832%29%20Covalent%20Bonds.pdf	86
Εικόνα 31: Μέσες ενέργειες δεσμών.....	88
Εικόνα 32: Σύγκριση δεσμικών και διαμοριακών δυνάμεων.....	88
Εικόνα 33 : Επίδραση ηλεκτρικού πεδίου στα κύτταρα - HTTPS://WWW.PHARM.AUTH.GR/SITES/DEFAULT/FILES/AGROBACTERIUM3.PDF	90
Εικόνα 34: Επίδραση ωσμωτικής πίεσης στη διατήρηση των πρωτοπλαστών - HTTPS://WWW.PHARM.AUTH.GR/SITES/DEFAULT/FILES/AGROBACTERIUM3.PD	93
Εικόνα 35: Σύστημα εξαερισμού πλοίου.....	96
Εικόνα 36: Σύστημα εξαερισμού συρμών αμαξοστοιχείας.....	97
Εικόνα 37: Σύστημα εξαερισμού αεροσκάφους.....	97
Εικόνα 38: Πίνακας SWOT.....	98
Εικόνα 39: Εγκατάσταση του ελέγχου ορίων αγόμενων εκπομπών.....	111
Εικόνα 40: Εγκατάσταση για τον έλεγχο αγόμενων εκπομπών.....	111
Εικόνα 41: Αποτελέσματα για φάση (L1) και ουδέτερο (L2).....	112
Εικόνα 42: Εγκατάσταση για έλεγχο ακτινοβολούμενων εκπομπών (30MHz-1GHz).....	114
Εικόνα 43: Εγκατάσταση για έλεγχο ακτινοβολούμενων εκπομπών (30MHz-1GHz).....	114
Εικόνα 44: Αποτελέσματα της εμπρόσθιας πλευράς (0ο), με εύρος συχνότητας 30MHz-1GHz.....	115
Εικόνα 45: Αποτελέσματα της αριστερής πλευράς (90ο), με εύρος συχνότητας 30MHz-1GHz.....	116
Εικόνα 46: Αποτελέσματα της οπίσθιας πλευράς (180ο), με εύρος συχνότητας 30MHz-1GHz.....	117
Εικόνα 47: Αποτελέσματα για τη δεξιά πλευρά (270ο), με εύρος συχνότητας 30 Mhz-1GHz.....	118
Εικόνα 48: Εγκατάσταση για δοκιμή ασυνεχών διαταραχών.....	119
Εικόνα 49: Εγκατάσταση για δοκιμή ασυνεχών διαταραχών.....	120
Εικόνα 50: Τυπική εγκατάσταση δοκιμής εκπομπών αρμονικών ρεύματος.....	122
Εικόνα 51: Εγκατάσταση για δοκιμή εκπομπών αρμονικών ρεύματος.....	122
Εικόνα 52: Εγκατάσταση για δοκιμή διακυμάσεων της τάσης.....	126
Εικόνα 53: Εγκατάσταση για δοκιμή διακυμάνσεων της τάσης.....	127
Εικόνα 54: Εγκατάσταση για δοκιμή ηλεκτροστατικής εκκένωσης.....	129
Εικόνα 55: Εγκατάσταση για δοκιμή ηλεκτροστατικής εκκένωσης.....	129
Εικόνα 56: Εγκατάσταση για δοκιμή RF ηλεκτρομαγνητικού πεδίου (80MHz-1GHz).....	132
Εικόνα 57: Εγκατάσταση για RF ηλεκτρομαγνητικού πεδίου (80MHz-1GHz).....	132
Εικόνα 58: Ομοιομορφία για οριζόντια (αριστερά) και κάθετη (δεξιά) πόλωση της κεραία (80MHz-1GHz).....	133
Εικόνα 59: Εγκατάσταση για δοκιμή απότομων εκφορτίσεων.....	136
Εικόνα 60: Εγκατάσταση για δοκιμή απότομων εκφορτίσεων.....	136
Εικόνα 61: Εγκατάσταση για δοκιμή υπερέντασης.....	138
Εικόνα 62: Εγκατάσταση για δοκιμή υπέρτασης.....	138
Εικόνα 63: Εγκατάσταση για δοκιμή αγόμενου ηλεκτρομαγνητικού πεδίου.....	141
Εικόνα 64: Εγκατάσταση για δοκιμή αγόμενου ηλεκτρομαγνητικού πεδίου.....	141
Εικόνα 65: Αναφορά Μέτρησης.....	142
Εικόνα 66: Εγκατάσταση για δοκιμή μαγνητικών πεδίων συχνότητας ισχύος.....	144
Εικόνα 67: Εγκατάσταση για δοκιμή πτώσεων τάσης και βραχυπρόθεσμων διακοπών.....	145
Εικόνα 68: Εγκατάσταση για δοκιμή πτώσεων τάσης και βραχυπρόθεσμων διακοπών.....	146
Εικόνα 69: Φωτογραφία της πρόσοψης του Γ.Ν.Ν. Ιωνίας «Αγία Όλγα».....	147
Εικόνα 70: Ο κ. Λάμπας πετάει απόβλητα από τις μετρήσεις.....	148

Εικόνα 71: Ο κ. Λάμπας μετά την ολοκλήρωση του πειράματος	149
Εικόνα 72: Φωτογραφία πειραματικής διάταξης.....	150
Εικόνα 73: Φωτογραφία οπής για την είσοδο των επιχρισμάτων στην πειραματική διάταξη.....	151
Εικόνα 74: Φωτογραφία διάταξης πλεγμάτων από την είσοδο της διάταξης	152
Εικόνα 75: Φωτογραφία από τη διάταξη των πλεγμάτων σε απόσταση 4mm.....	153
Εικόνα 76: Φωτογραφία από τη διάταξη των πλεγμάτων σε απόσταση 4mm.....	153
Εικόνα 77: Φωτογραφία πλακέτας υψηλής τάσης που χρησιμοποιήθηκε στην πειραματική διάταξη.	154
Εικόνα 78: Η κυκλωματική ανάλυση της πλακέτας.....	154
Εικόνα 79: Φωτογραφία από τη μεταβλητή αντίσταση (trimmer) που χρησιμοποιήθηκε στο κύκλωμα.....	155
Εικόνα 80: Φωτογραφία καλωδίων εξόδου από την πλακέτα υψηλής τάσης.....	156
Εικόνα 81: Φωτογραφία ανεμιστήρα ώθησης των σωματιδίων στο τελικό στάδιο της διάταξης	157
Εικόνα 82: Στόμιο που καταλήγει σε δοχείο συλλογής των σωματιδίων	157

Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή

1.1. Περιβαλλοντική ρύπανση - Εισαγωγή

Ο πληθυσμός του ανθρώπινου είδους αποτελεί ειδική περίπτωση στην ιστορία της Βιόσφαιρας. Οι πολιτισμοί που άκμασαν σε διάφορους τόπους και εποχές βρέθηκαν σε μεγαλύτερη ή μικρότερη αντιπαράθεση με το φυσικό περιβάλλον. Αυτός όμως που διατάραξε σε μεγάλο βαθμό τη λειτουργία της Βιομάζας και οδήγησε σε καταστάσεις αποσταθεροποίησης, είναι ο βιομηχανικός πολιτισμός. Η κατανάλωση ενέργειας, σύμβολο της βιομηχανικής εποχής, αποτελεί την κυριότερη πηγή διαταραχών και, σε συνδυασμό με τις νέες μαζικές παραγωγικές διαδικασίες, προκαλεί συσσώρευση των παντοειδών αποβλήτων και το φαινόμενο της ρύπανσης σε παγκόσμιο επίπεδο [1].

Ο άνθρωπος τροποποιεί σημαντικά το φυσικό περιβάλλον, υπήρξε δεινός θηρευτής πολλών βιολογικών ειδών και εξακολουθεί να είναι φοβερός ανταγωνιστής πολύ περισσότερων. Ο ανταγωνισμός και η αλληλεπίδρασή του στη σχέση δύο πληθυσμών που αμφότεροι έχουν ανάγκη κάποιον από τους περιορισμένους πόρους του περιβάλλοντος (χώρο, φως, τροφή κ.λπ.), αντιστοιχεί στην προσπάθεια του ενός πληθυσμού να εμποδίσει την αύξηση του άλλου και να επωφεληθεί μόνο αυτός από τον διαθέσιμο πόρο. Οι ανθρώπινοι πληθυσμοί έχουν επιφέρει με τις δραστηριότητές τους σημαντικές αλλαγές στο φυσικό τοπίο, έχουν εξαφανίσει πολλά είδη ζώων και φυτών και έχουν προκαλέσει μείζονες διαταραχές στις λειτουργίες της Βιόσφαιρας. Σε αντίθεση με τους υπόλοιπους βιολογικούς πληθυσμούς του πλανήτη, έχουν στηρίξει την επιβίωσή τους περισσότερο στην τροποποίηση των περιβαλλοντικών συνθηκών, παρά στη προσαρμογή τους σε αυτές.

Στο αστικό περιβάλλον, τα προβλήματα συνδέονται προπάντων με την ταχεία αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Ο υπερπληθυσμός του ανθρώπου αποτελεί τον κύριο παράγοντα υποβάθμισης της Βιόσφαιρας και γενικά

του περιβάλλοντος. Ήδη από το 1798, ο οικονομολόγος Thomas Malthus υποστήριξε ότι ο αυξανόμενος πληθυσμός θα προκαλέσει εξάντληση των πόρων.

Οι μεγάλες συγκεντρώσεις πληθυσμών σε αστικά κέντρα αλλά και άλλοι λόγοι, όπως η ανάπτυξη του αστικού καταναλωτικού τρόπου ζωής, αποτελούν σοβαρούς παράγοντες υποβάθμισης του περιβάλλοντος. Αυτή συνδέεται με:

- Τη μείωση της φυσικότητας του αστικού περιβάλλοντος, λόγω περιορισμού της βλάστησης, της πανίδας και του φυσικού τοπίου.
- Τη μείωση της φυσικότητας του περιαστικού περιβάλλοντος, λόγω ανάπτυξης μεταφορών και άλλων δραστηριοτήτων για την εξυπηρέτηση της πόλης.
- Την απόρριψη στο ευρύτερο περιβάλλον των πόλεων στερεών, υγρών και αέριων αποβλήτων και απόβλητης ενέργειας.
- Την αυξημένη κατανάλωση φυσικών πόρων προερχόμενων από ένα πολύ ευρύτερο περιβάλλον, για την εξυπηρέτηση της πόλης.
- Την διαμόρφωση ειδικών δυσμενών περιβαλλοντικών συνθηκών στους κλειστούς χώρους.

Στην πόλη που ξεπερνά κάποιο ελάχιστο αποδεκτό μέγεθος δημιουργούνται μια σειρά από περιβαλλοντικά προβλήματα. Αγνοώντας τους υπόλοιπους παράγοντες, από μόνη της η μεγάλη συκέντρωση πληθυσμού, που χαρακτηρίζει τα αστικά κέντρα, είναι σοβαρός παράγοντας ρύπανσης και άλλων οικολογικών διαταραχών. Η ποιότητα του αστικού περιβάλλοντος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη ρύπανση της ατμόσφαιρας, τη ρύπανση των επιφανειακών και υπόγειων νερών και του εδάφους, τη ρύπανση από στερεά απόβλητα, την υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος στον αστικό και περιαστικό χώρο, αλλά και από την ένταση άλλων οχλήσεων που εμφανίζονται κυρίως στην πόλη, όπως ο θόρυβος, η κακή ποιότητα αέρα των εσωτερικών χώρων κλπ. Η αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων απαιτεί περιβαλλοντική διαχείριση και οργάνωση, καθώς και τη χρήση κατάλληλης τεχνολογίας, προσαρμοσμένης στις ειδικές απαιτήσεις των περισσότερο ή λιγότερο ανεπτυγμένων χωρών [2].

1.2. Μορφές και τρόποι περιβαλλοντικής καταπόνησης

Οι διαταραχές στη γήινη βιόσφαιρα και στο φυσικό περιβάλλον, οι οποίες συνηθίζεται να αποδίδονται στην ανθρώπινη δραστηριότητα και απειλούν την επιβίωση ενός πληθυσμού, οδηγούν σε οικολογική κρίση. Στα περιβαλλοντικά προβλήματα συγκαταλέγονται η περιβαλλοντική ρύπανση, η κλιματική αλλαγή, η τρύπα του όζοντος, η αποδάσωση, η ερημοποίηση, η εξαφάνιση βιολογικών ειδών, η όξινη βροχή κλπ. Τα οικολογικά προβλήματα άρχισαν να εμφανίζονται κυρίως μετά τη βιομηχανική επανάσταση, ενώ υπάρχουν διαφορετικές αντιλήψεις σχετικά με τα αίτια και τους τρόπους αντιμετώπισής τους. Επιστημονικά διερευνώνται από την οικολογία και την περιβαλλοντολογία, αλλά κατά τη δεκαετία του 1960 αναδύθηκε το πολύπλευρο οικολογικό κοινωνικό κίνημα με στόχο την προσπάθεια επίλυσης των οικολογικών προβλημάτων. Διάφοροι επιστημονικοί κλάδοι προσπαθούν να αναπτύξουν τεχνολογικές λύσεις για τα περιβαλλοντικά προβλήματα (π.χ. ηλεκτρικά αυτοκίνητα, καταλύτες αυτοκινήτου, συσκευές καθαρισμού αερίων κ.α.) [3].

Πιο συγκεκριμένα, οι ρύποι είναι διάφορες χημικές ουσίες και μορφές ενέργειας, σε ποσότητες και εμφάνιση μεγαλύτερες από τη φυσιολογική συγκέντρωση, οι οποίες έχουν βλαπτικές ή/και καταστροφικές επιδράσεις στο περιβάλλον ως σύνολο ή σε κάποια σημαντική συνιστώσα του. Οι μορφές ρύπανσης εξαρτώνται από το τμήμα του περιβάλλοντος που επηρεάζεται αλλά και από τη μορφή των ρύπων.

Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες ρύπων που εμφανίζονται συχνά στο περιβάλλον και σχετίζονται με σοβαρά φαινόμενα τοξικότητας. Πρόκειται, ως επί το πλείστον, για γενικούς ρύπους, ανόργανους ή οργανικούς. Πολλοί τοξικοί ρύποι μπορούν να χαρακτηριστούν «γενικοί» επειδή είναι ενεργοί σε διαφορετικά μέρη του περιβάλλοντος (αέρας, νερό, έδαφος, βιομάζα των τροφικών αλυσίδων). Αρκετοί γενικοί ρύποι που κινούνται με τις τροφές μέσα από τις τροφικές αλυσίδες εμφανίζονται με συνεχώς αυξανόμενες συγκεντρώσεις από τις χαμηλότερες προς τις υψηλότερες τροφικές στάθμες. Το φαινόμενο ονομάζεται βιολογική μεγέθυνση και μπορεί να συμβεί όταν οι ρύποι είναι έμμονοι, δηλαδή δεν διασπώνται ή μπορούν να διασπαστούν πολύ δύσκολα

και δεν αποβάλλονται γρήγορα από τους οργανισμούς [4]. Το τοξικό αποτέλεσμα της βιολογικής μεγέθυνσης εξαρτάται από τη συγκέντρωση του ρύπου στα σώματα των οργανισμών. Κατά συνέπεια, η εμμονή ενός ρύπου επηρεάζει πολύ την περιβαλλοντική του επικινδυνότητα. Σημαντικό φαινόμενο που αυξάνει την τοξική επίδραση των ρύπων στους οργανισμούς είναι και η βιολογική συσσώρευση, η οποία δεν συμβαίνει κατά μήκος μιας τροφικής αλυσίδας, αλλά στους οργανισμούς ενός τροφικού επιπέδου [4].

Κατά κανόνα η τοξική ρύπανση είναι ανθρωπογενής, διότι προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από παραγωγικές δραστηριότητες. Υπάρχουν ωστόσο και περιπτώσεις, όπου τοξικά αποτελέσματα οφείλονται σε φυσική «ρύπανση». Διακρίνονται λοιπόν, οι εξής περιπτώσεις:

-Οι συνθετικές τοξικές οργανικές ενώσεις, κατά κύριο λόγο τοξικές ουσίες για την προστασία της αγροτικής παραγωγής, περιλαμβάνουν την «Βρώμικη Δωδεκάδα», ένα κατάλογο που έχει συντάξει το Πρόγραμμα Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Εθνών (UNEP) με τις 12 πιο επικίνδυνες κατηγορίες οργανικών χημικών ενώσεων. Σε αυτή περιλαμβάνονται: το DDT (εντομοκτόνο που χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα στο παρελθόν και συνεχίζει να χρησιμοποιείται σε μερικές αναπτυσσόμενες χώρες. Παραμένει επί μεγάλο διάστημα χωρίς να διασπαστεί στο έδαφος και στα συντηρημένα τρόφιμα), το Dieldrin, το Aldrin, το Endrin, το Heptachlor, το Chlordane, το Mirex, το Toxaphene (εντομοκτόνα), το Εξαχλωροβενζόλιο (HCB μυκητοκτόνο, χρησιμοποιείται επίσης σε στρατιωτικά προϊόντα, σε παρασκευή χρωστικών και άλλων οργανικών υλών και ως συντηρητικό ξυλείας), τα χλωριωμένα διφαινύλια (PCBs βιομηχανικά προϊόντα για πολλές χρήσεις), οι Διοξίνες και τέλος τα φουράνια.

-Οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC), που περιλαμβάνουν μια μεγάλη ποικιλία χημικών ουσιών, πολλές από τις οποίες είναι οργανικοί διαλύτες και μερικές έχουν βραχυπρόθεσμες ή μακροπρόθεσμες βλαβερές επιπτώσεις στην υγεία. Εκπέμπονται από πολλά διαφορετικά προϊόντα, στερεά ή υγρά, που χρησιμοποιούνται μέσα ή έξω από τις κατοικίες, όπως χρώματα, στιλβωτικά, κεριά, υγρά καθαρισμού, εντομοκτόνα, απολυμαντικά, αποσμητικά, δομικά υλικά, συντηρητικά ξύλου, αντικείμενα εξοπλισμού γραφείου, γραφική ύλη, φωτογραφικό υλικό κ.λπ. Είναι περισσότερο επικίνδυνες στους

εσωτερικούς χώρους όπου η συγκέντρωση τους μπορεί να είναι μέχρι και 10 φορές υψηλότερη σε σχέση με τους εξωτερικούς.

Οι επιπτώσεις στην υγεία εκτείνονται από ερεθισμούς των οφθαλμών ή του αναπνευστικού συστήματος, κούραση, αλλεργίες, πονοκεφάλους, δύσπνοια, ναυτία, έως βλάβες στο ήπαρ, στα νεφρά και στο κεντρικό νευρικό σύστημα ή ακόμα και πρόκληση καρκίνου. Τα αποτελέσματα της έκθεσης σε μια βλαβερή ουσία εξαρτώνται από την προσλαμβανόμενη δόση, την διάρκεια, τον τρόπο έκθεσης, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και συνήθειες του προσώπου και την ενδεχόμενη παρουσία άλλων που μπορεί να έχουν συνεργιστική δράση με αυτή. Η ικανότητα των οργανικών χημικών ουσιών να προκαλέσουν βλαβερές συνέπειες στην υγεία κυμαίνεται σε ένα ευρύ φάσμα, ανάμεσα σε αυτές που έχουν υψηλή τοξικότητα και σε αυτές για τα οποίες δεν υπάρχει γνωστή επίδραση στην υγεία.

-Την τοξική ρύπανση από μέταλλα και ανόργανες ουσίες:

- Τον μόλυβδο (Pb) ο οποίος εισέρχεται στο ανθρώπινο σώμα κατά τα 2/3 από την πεπτική οδό και κατά το 1/3 από την αναπνευστική, ενώ κάπνισμα αυξάνει την απορρόφηση του. Συσσωρεύεται στον οργανισμό, κυρίως στα οστά. Επιδρά στην παραγωγή και λειτουργία ποικιλίας ενζύμων, επηρεάζοντας πολλές λειτουργίες του μεταβολισμού. Τα αποτελέσματα της χρόνιας τοξικότητας του μόλυβδου είναι ευρύτατα και εκδηλώνονται κυρίως με αυξημένη αρτηριακή πίεση, ανωμαλίες στη σύνθεση του αίματος, υπερκινητικότητα και βλάβες στον εγκέφαλο. Ιδιαίτερα δε, στα παιδιά παρατηρείται μείωση της διανοητικής ικανότητας. *«Ενδιαφέρουσα θεωρείται η άποψη ότι η υπερβολική έκθεση στο μόλυβδο υπήρξε ένας από τους παράγοντες παρακμής του Ρωμαϊκού πολιτισμού. Οι Ρωμαίοι χρησιμοποιούσαν μολύβδινους σωλήνες ύδρευσης και επιμετάλλωναν τα μπρούτζινα μαγειρικά και επιτραπέζια σκεύη, με μόλυβδο για να αποφεύγουν την δυσάρεστη γεύση και τη δηλητηρίαση από το χαλκό.»*

- Τον υδράργυρο (Hg) ο οποίος χρησιμοποιείται στην παραγωγή χλωρίου και καυστικής σόδας, στην βιομηχανία ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, στην παρασκευή χρωμάτων και οδοντιατρικών αμαλαγμάτων, στην βιομηχανία χάρτου, στην κατασκευή θερμομέτρων, στην παραγωγή γεωργικών μυκητοκτόνων κ.α. Είναι πιθανό ότι το μισό της ετήσιας παραγωγής ελευθερώνεται στην Βιόσφαιρα.
- Το κάδμιο (Cd) και τον ψευδάργυρο (Zn), μέταλλα με παρόμοιες χημικές ιδιότητες και εμφανίζονται μαζί στη φύση. Η διαφορά τους βρίσκεται στο ότι ο ψευδάργυρος είναι ιχνοστοιχείο απαραίτητο για την ζωή (το σώμα ενηλίκου ανθρώπου περιέχει 1,4-2,3 γραμμάρια ψευδαργύρου), ενώ το κάδμιο δεν χρησιμεύει στις βιολογικές διεργασίες, αλλά είναι ισχυρά τοξικό. Έχει την τάση να εκτοπίζει τον ψευδάργυρο από πολλά ένζυμα. Ο ψευδάργυρος γίνεται τοξικός μόνο για πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις, δηλαδή 10-15 φορές υψηλότερες από τις φυσιολογικές στον οργανισμό. Σημαντικές ποσότητες καδμίου εκλύονται στην ατμόσφαιρα κατά την τήξη μετάλλων και την καύση πλαστικών, όπως επίσης κατά την καύση στερεών και υγρών καυσίμων που περιέχουν κάδμιο. Οι ποσότητες καδμίου και ψευδαργύρου που απελευθερώνονται στο περιβάλλον κατά την εξόρυξη είναι πολλαπλάσιες αυτών που προκύπτουν από την φυσική διάβρωση. Σημαντική ρύπανση από κάδμιο οφείλεται στη βιομηχανική παραγωγή ψευδαργύρου και φωσφορικών λιπασμάτων.
- Το χρώμιο (Cr), το οποίο μπορεί να βρεθεί στο περιβάλλον με διάφορες μορφές, ως μέταλλο, ως τρισθενές και ως εξασθενές ιόν. Στη φύση εμφανίζεται κυρίως ως τρισθενές, ενώ η μεταλλική και η εξασθενής μορφή παράγονται από βιομηχανικές διεργασίες. Από το χρώμιο που υπάρχει στο περιβάλλον, μόνο ένα μικρό ποσοστό μπορεί να διαλυθεί στο νερό. Ο άνθρωπος μπορεί να εκτεθεί στο χρώμιο μέσω της τροφής, της αναπνοής, της επαφής με το δέρμα σε χώρους εργασίας, της πόσης ρυπασμένου νερού ή της κατοικίας κοντά σε ρυπασμένους χώρους. Η αναπνοή ή η βρώση υψηλών συγκεντρώσεων εξασθενούς χρωμίου προκαλεί βλάβες στο αναπνευστικό ή στο πεπτικό σύστημα, στο ήπαρ και στα νεφρά, ακόμα και θάνατο, ενώ μπορεί να προκαλέσει και καρκίνο του πνεύμονα.

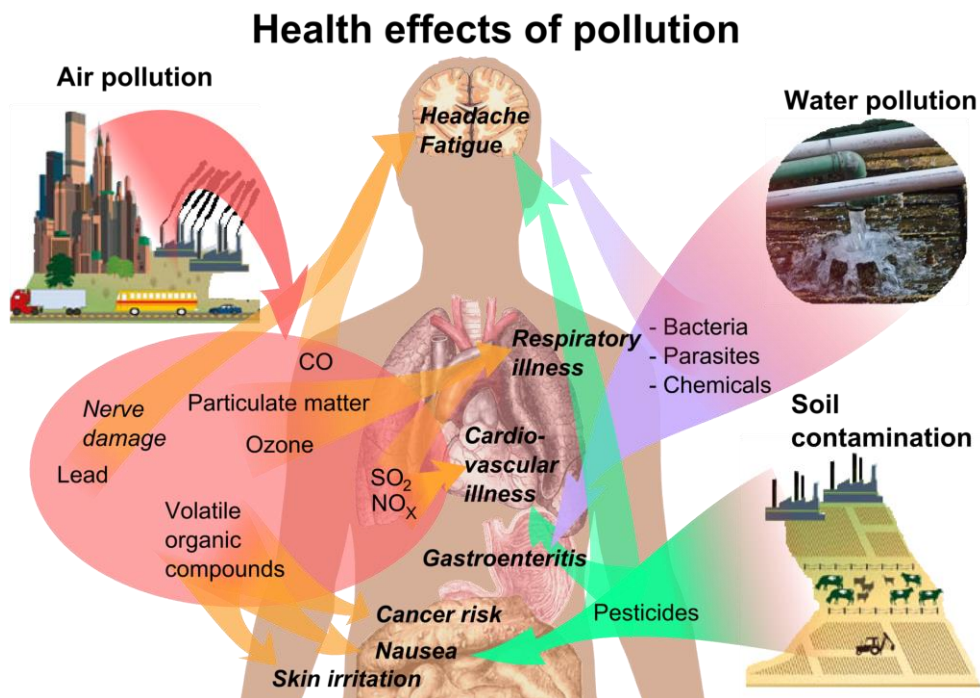
- Το νικέλιο (Ni), το οποίο είναι ένα μέταλλο άφθονο στη φύση. Σχηματίζει χημικές ενώσεις που μπορούν να διαλυθούν στο νερό. Ο άνθρωπος εκτίθεται στο νικέλιο κυρίως μέσω τροφής, μέσω δερματικής επαφής με αντικείμενα, όπως τα νομίσματα, και λιγότερο μέσω πόσης νερού, αναπνοής ή καπνίσματος. Η πιο κοινή βλαβερή επίδραση είναι η αλλεργική αντίδραση στην επαφή με το μέταλλο, δεδομένου ότι ποσοστό 10-20% του πληθυσμού είναι ευαίσθητο στο νικέλιο. Σημαντικότερη έκθεση παρατηρείται σε εργασιακό περιβάλλον, όπου μπορεί να εμφανιστούν σοβαρότερα συμπτώματα, ακόμα και καρκίνος. Η αμερικανική EPA συνιστά για το πόσιμο νερό το όριο 0.1 mg/L. Έχει επίσης τεθεί όριο 1 mg/m³ για τον αέρα του εργασιακού περιβάλλοντος.
- Τον χαλκό (Cu), ο οποίος είναι μέταλλο που βρίσκεται στη φύση με διάφορες μορφές και ως ιχνοστοιχείο είναι απαραίτητος για την διατήρηση καλής υγείας. Εκλύεται στο περιβάλλον από μεταλλεία, βιομηχανική και αγροτική δραστηριότητα, διάθεση επεξεργασμένων λυμάτων, καθώς και από φυσικές πηγές όπως ηφαίστεια, αιολική διάβρωση, αποσύνθεση οργανικής ύλης και δασικές πυρκαγιές. Ο άνθρωπος εκτίθεται στο χαλκό μέσω της αναπνοής, της τροφής, της πόσης, της δερματικής επαφής ή της μακρόχρονης παραμονής κοντά σε περιοχές με υψηλές συγκεντρώσεις. Το πόσιμο νερό κατοικιών που χρησιμοποιούν χάλκινους σωλήνες μπορεί να περιέχει σημαντικές συγκεντρώσεις χαλκού, αν το νερό είναι όξινο. Υψηλά επίπεδα χαλκού μπορεί να προκαλέσουν βλάβες, είτε έχουν απορροφηθεί μέσω αναπνοής είτε μέσω πεπτικής οδού. Πολύ υψηλές δόσεις χαλκού μπορεί να βλάψουν το ήπαρ ή τα νεφρά ή να προκαλέσουν ακόμα και θάνατο. Η αμερικανική EPA δεν έχει κατατάξει το χαλκό στις καρκινογόνες ουσίες.
- Το αλουμίνιο (Al), το οποίο είναι το αφθονότερο μέταλλο στον γήινο φλοιό. Στη φύση εμφανίζεται με διάφορες χημικές ενώσεις, ενώ αποτελεί πρώτη ύλη για πολλά βιομηχανικά προϊόντα. Στο περιβάλλον εμφανίζεται σε μορφή σκόνης στον αέρα όπου μπορεί να αιωρείται επί πολλές ημέρες. Επίσης βρίσκεται διαλυμένο σε γλυκά νερά. Δεν παρουσιάζει σημαντική συσσώρευση σε φυτά ή ζώα. Ο άνθρωπος εκτίθεται συνεχώς σε χαμηλά επίπεδα αλουμινίου μέσω τροφής, αέρα, νερού και

εδάφους. Πολύ μικρή ποσότητα εισέρχεται στο σώμα από τα οικιακά σκεύη αλουμινίου. Οι χαμηλές συγκεντρώσεις δεν είναι βλαβερές, ενώ τα υψηλά επίπεδα, κυρίως σε εργασιακό περιβάλλον, μπορεί να προκαλέσουν βλάβες στους πνεύμονες ή στο νευρικό σύστημα. Υπάρχουν μελέτες που δείχνουν σύνδεση των υψηλών συγκεντρώσεων αλουμινίου με την νόσο Αλτςχάιμερ, αλλά δεν έχουν επιβεβαιωθεί. Το όριο που έχει τεθεί για τη σκόνη αλουμινίου στον αέρα του εργασιακού περιβάλλοντος είναι 15 mg/m^3 . Οι οικιακές χρήσεις αλουμινίου έχουν κριθεί ασφαλείς.

- Το αρσενικό (As), το οποίο είναι αμέταλλο στοιχείο, ευρέως διαδεδομένο στο γήινο φλοιό. Διαδίδεται στον αέρα, τα νερά και το έδαφος προερχόμενο από τη διάβρωση πετρωμάτων. Στο περιβάλλον εμφανίζεται συνήθως σε ανόργανες ενώσεις με οξυγόνο, χλώριο και θείο, αλλά σχηματίζει και οργανικές ενώσεις. Ανόργανες ενώσεις του αρσενικού χρησιμοποιούνται σε διάφορες βιομηχανικές εφαρμογές, ενώ οργανικές ενώσεις του αποτελούν συστατικά φυτοφαρμάκων, ιδίως για την βαμβακοκαλλιέργεια. Για τον άνθρωπο, επικίνδυνες είναι κυρίως οι ανόργανες ενώσεις του. Σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι θανατηφόρο. Η μακρόχρονη έκθεση σε χαμηλές συγκεντρώσεις αρσενικού μπορεί να προκαλέσει αλλοιώσεις του δέρματος. Έχει καταταγεί στις καρκινογόνες ουσίες. Η αμερικανική EPA έχει θέσει για το πόσιμο νερό το όριο 0.01 ppm , έχει περιορίσει τις εκπομπές αρσενικού από βιομηχανικές πηγές και έχει απαγορεύσει πολλές από τις χρήσεις του σε βιοκτόνα. Έχει επίσης τεθεί όριο 10 mg/m^3 για τον αέρα του εργασιακού περιβάλλοντος.
- Το φθόριο (F). Η τοξικότητα των φθοριούχων ενώσεων έχει αποτελέσει αντικείμενο δημόσιων συζητήσεων εξαιτίας της διχογνωμίας σχετικά με την σκοπιμότητα τεχνητής φθορίωσης του πόσιμου νερού για την καταπολέμηση της τερηδόνας των δοντιών. Τα φθοριούχα συγκεντρώνονται στους ιστούς και προκαλούν βλάβες σε φυτά, άγλη και ζώα. Μερικά φυτά και μικροοργανισμοί συνθέτουν τοξικά οργανικά φθοριούχα. Μία αρκετά μεγάλη ποικιλία βιομηχανικών δραστηριοτήτων έχει ως συνέπεια την απόρριψη φθοριούχων στην ατμόσφαιρα και στους υδάτινους αποδέκτες. Κατά την ηλεκτρολυτική παραγωγή αλουμινίου, αν δεν έχουν ληφθεί τα

κατάλληλα μέτρα, διαφεύγουν στην ατμόσφαιρα σοβαρές ποσότητες φθοριούχων τα οποία μπορούν να πέσουν με τη βροχή σε γειτονικά εδάφη και να προκαλέσουν σημαντικές ζημιές στην κτηνοτροφία. Η μαζική φθορίωση του πόσιμου νερού γίνεται σε συγκέντρωση, περίπου 1 mg/L (ως F). Δεν υπάρχουν πειστικά στοιχεία ότι η φθορίωση αυτή είναι επιζήμια. Το όριο στο πόσιμο νερό έχει τεθεί στα 4 mg/L. Πάντως, η επιστημονική τεκμηρίωση της ασφάλειας της φθορίωσης δεν είναι πλήρης.

-**Την ραδιενέργεια** και κυρίως τα διάφορα είδη ραδιενεργού ακτινοβολίας. Κοινό χαρακτηριστικό των ραδιενεργών ακτινοβολιών είναι ότι προκαλούν ιονισμό της ύλης που συναντούν στη διαδρομή τους και για αυτό ονομάζονται ιονίζουσες ακτινοβολίες. Υπογραμμίζεται, ότι το αποτέλεσμα που επιφέρει η ραδιενεργός ακτινοβολία α, β ή γ στην ύλη οφείλεται αποκλειστικά στο ενεργειακό της περιεχόμενο. Όταν η κινητική της ενέργεια εξαντληθεί, τότε παύει και η επίδραση.

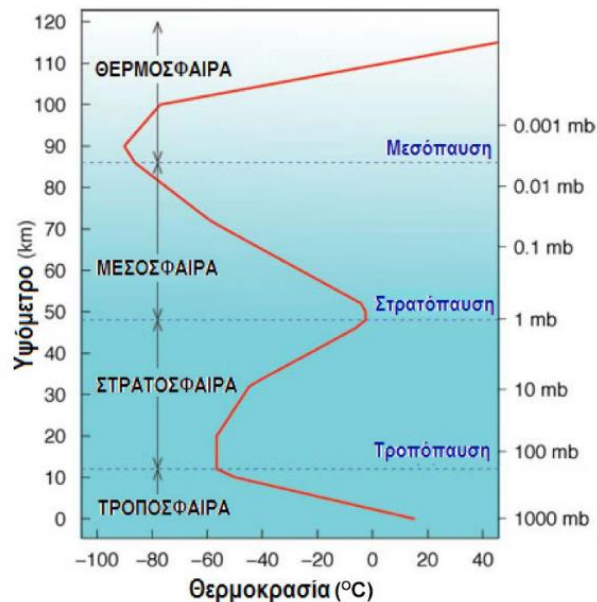


Εικόνα 1 : Επιπτώσεις της ρύπανσης στην υγεία του ανθρώπου -

https://el.m.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%BF:Health_effects_of_pollution.png

1.3. Ατμοσφαιρική ρύπανση

Η ατμόσφαιρα αποτελεί την τρίτη αβιοτική συνιστώσα του περιβάλλοντος. Αντιστοιχεί στο αεριώδες περίβλημα του πλανήτη, το οποίο ξεκινά από την επιφάνειά του και εκτείνεται σε ύψος που ξεπερνά τα 10.000 km. Η ατμόσφαιρα φιλοξενεί ζωή, αλλά και μεγάλη ποικιλία φυσικών φαινομένων. Με κριτήριο κυρίως την καθ' ύψος κατανομή της θερμοκρασίας, διαιρείται σε πέντε βασικά στρώματα: την τροπόσφαιρα, τη στρατόσφαιρα, τη μεσόσφαιρα, τη θερμόσφαιρα και την εξώσφαιρα.



Εικόνα 2 : Καθ' ύψος διαίρεση της ατμόσφαιρας σε στρώματα με βάση τη θερμοκρασία.

Ο ατμοσφαιρικός αέρας, στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, αποτελείται:

- από ένα μείγμα αερίων σε σταθερές αναλογίες, που ονομάζεται επιστημονικά «ξηρός αέρας» (άζωτο 78,08%, οξυγόνο 20,95%, αργό 0,93%, λοιπά αέρια 0,04%)
- από υδρατμούς, διοξείδιο του άνθρακα, όζον και άλλα αέρια με μεταβαλλόμενη αναλογία, και
- από στερεά ή υγρά μικρά σωματίδια κονιορτού (σκόνη), χημικών ενώσεων (π.χ. αιθάλη) ή οργανικής προέλευσης (π.χ. γύρη).

Η σύσταση της ατμόσφαιρας μεταβάλλεται, εξαιτίας των αέριων ρύπων που εκλύονται από ανθρωπογενείς και φυσικές δραστηριότητες. Η ρύπανσή της, όπως και άλλες περιβαλλοντικές διαταραχές, μπορεί να είναι τοπική, περιφερειακή ή πλανητική, ανάλογα με τον τόπο εκδήλωσης των συνεπειών της. Η σημασία της ατμοσφαιρικής ρύπανσης για τη Βιόσφαιρα οφείλεται στο ζωτικό ρόλο της ατμόσφαιρας για τους οργανισμούς και για την περιβαλλοντική ισορροπία του πλανήτη, αλλά και στην περιορισμένη δυνατότητα αντιστροφής των αλλοιώσεων στη χημική σύνθεση του αέρα. Το φαινόμενο αυτό συνδέεται με τη μερική αδυναμία της ατμόσφαιρας να αφομοιώσει τη ρύπανση επειδή οι διεργασίες αυτοκαθαρισμού της ατμόσφαιρας γίνονται μόνο με φυσικοχημικούς τρόπους. Η ατμόσφαιρα δεν περικλείει λειτουργίες οικοσυστήματος, όπως η θάλασσα ή το έδαφος, επομένως δεν υπάρχουν πολύπλοκες συστημικές διεργασίες που θα μπορούσαν να αυξήσουν και να επιταχύνουν την αφομοιωτική ικανότητα [8].

Πιο ειδικά, οι συνολικοί ρύποι που εκπέμπονται από φυσικές διεργασίες είναι περισσότεροι από αυτούς που οφείλονται στην ανθρώπινη δραστηριότητα με εξαίρεση το διοξείδιο του θείου. Το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται από την αναπνοή των ζωντανών οργανισμών ή από φωτιές είναι ένας ρύπος που έχει φυσική προέλευση. Αυτός όμως δεν είναι βλαβερός για την ανθρώπινη ζωή, γιατί η ατμόσφαιρα είναι ένα δυναμικό σύστημα σε ισορροπία. Η συνολική ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα που απορροφάται από τα φυτά και την φωτοσύνθεση είναι ίση με την ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται από την αναπνοή των ζωντανών οργανισμών τις φωτιές και άλλες φυσικές αιτίες στη διάρκεια ενός έτους. Ακόμα και η ηλιακή ενέργεια που φτάνει στη γη είναι ίση με την ενέργεια που εκπέμπεται από την γη στο ίδιο χρονικό διάστημα. Η ατμοσφαιρική ρύπανση σε μεγάλο βαθμό διαταράσσει αυτήν την ισορροπία.

1.3.1. Βασικοί παράγοντες ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Η ατμοσφαιρική ρύπανση μιας περιοχής καθορίζεται από τρεις βασικούς παράγοντες:

- α. τις πηγές ρύπανσης, ιδιαίτερα τη θέση τους στο χώρο, τα είδη και τους συνολικούς όγκους εκπομπών, τη συχνότητα εκπομπών κτλ.,
- β. τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες στην περιοχή, ιδιαίτερα τη διεύθυνση και ταχύτητα του ανέμου και τη βροχόπτωση,
- γ. τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής, όπως το φυσικό ανάγλυφο, την ύπαρξη τεχνητών εμποδίων (π.χ. κτίρια) κτλ.

Οι συνδυασμοί των παραπάνω παραγόντων σε μια περιοχή μπορεί να συμβάλουν είτε στη συσσώρευση είτε στη διασπορά ρύπων είτε, τέλος, στο μετασχηματισμό τους σε άλλους ρύπους.

1.3.2. Βασικές πηγές ανθρωπογενούς ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Πολλές μορφές ατμοσφαιρικής ρύπανσης παρατηρούνται στα χαμηλότερα στρώματα της τροπόσφαιρας και επηρεάζουν κατά κύριο λόγο τους χώρους της εκπομπής των ρύπων, δηλαδή τις πόλεις και τις βιομηχανικές περιοχές.

Η κύρια πηγή ρύπανσης της ατμόσφαιρας είναι η παραγωγή ενέργειας με καύση στερεών και υγρών καυσίμων. Η ατμόσφαιρα των πόλεων και άλλων επιβαρυμένων περιοχών δέχεται ρύπους κυρίως από τα αυτοκίνητα, τις βιομηχανίες και βιοτεχνίες, τα κτήρια όπου χρησιμοποιούνται καύσιμα για θέρμανση ή μαγείρεμα, τις οικοδομικές και άλλες εργασίες που δημιουργούν σκόνη και άλλους ρύπους, τις εγκαταστάσεις καύσης απορριμμάτων, τις δραστηριότητες διακίνησης υγρών καυσίμων, την εξάτμιση πτητικών χημικών ουσιών κατά τη χρήση, τη μεταφορά ή την αποθήκευση, τις διαρροές στις συσκευές ή εγκαταστάσεις όπου χρησιμοποιούνται ή παράγονται κ.λπ.

1.3.3. Επιπτώσεις στο περιβάλλον

Οι κυριότερες επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης αφορούν την υγεία των ανθρώπων, καθώς βλάπτουν όλα σχεδόν τα συστήματα του οργανισμού, κυρίως το αναπνευστικό και το κυκλοφορικό, και, ακόμα, προκαλούν καρκίνους, γενετικές παθήσεις και μεταλλάξεις, τα οικοσυστήματα, προκαλούν ασθένειες στα ζώα και τα φυτά, τις κατασκευές (π.χ. κτίρια), διαβρώνουν τα δομικά υλικά, κυρίως των επενδύσεων, τις μετεωρολογικές συνθήκες, περιορίζουν την ηλιακή ακτινοβολία, προκαλούν συμπυκνώσεις σταγονιδίων κτλ. Εξαιρετικά σημαντικές είναι και οι λεγόμενες δευτερογενείς επιπτώσεις των αέριων ρύπων στις οποίες περιλαμβάνονται:

- το φαινόμενο του αστικού νέφους, με κύρια συστατικά του τα αιωρούμενα σωματίδια, τα οξείδια του αζώτου και το δευτερογενώς παραγόμενο όζον.
- η όξινη βροχή (acid rain), η οποία προκαλείται κυρίως από το διοξείδιο του θείου και τα οξείδια του αζώτου.
- η τρύπα του όζοντος, η οποία προκαλείται από αέριους ρύπους που καταστρέφουν το όζον, κυρίως χλωροφθοράνθρακες και μεθάνιο.
- το ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου, το οποίο προκαλείται κυρίως από το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, τους χλωροφθοράνθρακες και το όζον.

1.3.4. Ατμοσφαιρικοί ρύποι και επιπτώσεις στον άνθρωπο

Οι αέριοι ρύποι μπορεί να είναι αέριας φάσης (π.χ. μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του θείου, πτητικοί υδρογονάνθρακες), στερεής φάσης (π.χ. σκόνη, τέφρα) ή υγρής φάσης (αεροζόλ). Διακρίνονται σε πρωτογενείς, αν εκπέμπονται απευθείας από τις πηγές και σε δευτερογενείς, αν παράγονται από χημικές αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα.

Οι κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι είναι:

- Τα οξείδια του άνθρακα CO και CO₂.
- Τα οξείδια του αζώτου NO_x (N₂O, NO, NO₂, και N₂O₅).
- Τα οξείδια του θείου SO₂ και SO₃.
- Το όζον O₃.
- Τα αιωρούμενα σωματίδια (PM).
- Οι ενώσεις του μόλυβδου.
- Οι υδρογονάνθρακες και άλλες πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC).

1.3.4.1. Οξείδια του άνθρακα (CO, CO₂)

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) είναι άχρωμο, άοσμο, άγευστο και εξαιρετικά δηλητηριώδες αέριο. Στον αέρα οξειδώνεται σε διοξείδιο του άνθρακα. Παράγεται από ατελή καύση του άνθρακα σε υψηλή θερμοκρασία με ανεπαρκή παρουσία οξυγόνου. Βρίσκεται ιδιαίτερα σε αστικές περιοχές και η εμφάνισή του στον αέρα μιας πόλης οφείλεται σχεδόν αποκλειστικά σε καυσαέρια προερχόμενα από ατελή καύση στους κινητήρες εσωτερικής καύσης των αυτοκινήτων. Αποτελεί επίσης συστατικό του καπνού του τσιγάρου. Το μονοξείδιο του άνθρακα συμβάλλει στην φωτοχημική ρύπανση και, επίσης, ενισχύει έμμεσα το φαινόμενο του θερμοκηπίου, αφού όταν βρεθεί στην ατμόσφαιρα οξειδώνεται σε διοξείδιο του άνθρακα [5].

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) παράγεται από τις καύσεις και η παρουσία του στον αέρα δεν βλάπτει την ανθρώπινη υγεία, τουλάχιστον με τις συνηθισμένες χαμηλές συγκεντρώσεις του. Ωστόσο, η συσσώρευσή του στην ατμόσφαιρα αποτελεί τον κύριο παράγοντα για την ενδυνάμωση του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Η υπερβολική έκθεση στο μονοξείδιο του άνθρακα (CO) μπορεί να έχει επιπτώσεις στο αίμα, τον εγκέφαλο, την καρδιά. Το μονοξείδιο του άνθρακα αντιδρά με άλλους ρύπους με αποτέλεσμα τη δημιουργία όζοντος στο επίπεδο του εδάφους, το οποίο μπορεί να βλάψει την ανθρώπινη υγεία [6].

Το μονοξειδίο του άνθρακα μειώνει την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο σε βασικούς ιστούς του οργανισμού, επιδρώντας κυρίως στο καρδιαγγειακό και νευρικό σύστημα. Υψηλές συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα προκαλούν ζαλάδες, πονοκεφάλους και κόπωση. Υγιή άτομα εκτεθειμένα σε ψηλά επίπεδα, μπορεί να υποστούν προσωρινή μείωση της πνευματικής τους διαύγειας καθώς και της όρασής τους.

Επειδή το μονοξειδίο του άνθρακα παράγεται και ως αποτέλεσμα ατελούς καύσης, η έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις εντός χώρου του οποίου ο αέρας δεν ανανεώνεται, δύναται να οδηγήσει στην απώλεια αισθήσεων και στο θάνατο.

1.3.4.2. Οξείδια του αζώτου (NO_x)

Το μονοξειδίο του αζώτου (NO) παράγεται κυρίως από την οξείδωση του αζώτου (N) του ατμοσφαιρικού αέρα, η οποία προκύπτει από διαδικασίες καύσης (κυρίως σε βιομηχανικές διεργασίες και μεταφορές), υπό τις επικρατούσες εκεί συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης. Σε συνδυασμό με τα διάφορα οξείδια του αζώτου, όπως το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) ή το πεντοξείδιο του αζώτου (N₂O₅), που προκύπτουν από τη σταδιακή οξείδωση του μονοξειδίου, προκαλούν διάφορες βλαβερές επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία. Τα NO_x συνεισφέρουν στη δημιουργία όζοντος και αιωρούμενων σωματιδίων, ενώ το υποξείδιο του αζώτου (N₂O) συντελεί στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Η υπερβολική έκθεση στα οξείδια του αζώτου μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στο αίμα, το ήπαρ, τους πνεύμονες και την σπλήνα. Σε συνδυασμό δε με το διοξείδιο του θείου μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της βλαπτικότητας για τον άνθρωπο, σε σχέση με τις επιπτώσεις των δύο ρύπων ξεχωριστά.

Τα οξείδια του αζώτου αντιδρούν με την αμμωνία, την υγρασία, και άλλες ενώσεις για να δημιουργήσουν το νιτρικό οξύ που πολλές φορές λαμβάνει τη μορφή σωματιδίων στην ατμόσφαιρα. Στις επιπτώσεις για την ανθρώπινη υγεία

περιλαμβάνονται οι δυσκολίες στην αναπνοή και οι παθήσεις του αναπνευστικού συστήματος, οι βλάβες στον ιστό των πνευμόνων και η μείωση του προσδόκιμου ζωής. Τα μικρά σωματίδια διαπερνούν τα ευαίσθητα μέρη των πνευμόνων και μπορούν να προκαλέσουν ή να επιδεινώσουν καρδιοαναπνευστικές ασθένειες, όπως το εμφύσημα και η βρογχίτιδα.

Τα οξειδία του αζώτου αντιδρούν εύκολα με τις κοινές οργανικές χημικές ουσίες και το όζον, για να διαμορφώσουν ένα ευρύ σύνολο ουσιών που είναι τοξικές και μπορούν να προκαλέσουν βιολογικές μεταλλαγές.

Το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) σε υψηλές συγκεντρώσεις προκαλεί αναπνευστικά προβλήματα, ιδιαίτερα σε άτομα που υποφέρουν από άσθμα και σε παιδιά.

1.3.4.3. Διοξείδιο του θείου (SO_2)

Το διοξείδιο του θείου (SO_2) προέρχεται κυρίως από καύσεις ορυκτών καυσίμων με περιεκτικότητα σε θείο, αλλά και από κάποιες βιομηχανικές διεργασίες, ενώ οι εκρήξεις ηφαιστειών αποτελούν μία από τις σημαντικότερες φυσικές πηγές. Έχει χαρακτηριστική οσμή και συντελεί στην εμφάνιση ή στην επιδείνωση παθήσεων του αναπνευστικού συστήματος. Το SO_2 δύναται να συνεισφέρει στην σωματιδιακή ρύπανση, δημιουργώντας δευτερογενή θειούχα σωματίδια στην ατμόσφαιρα όπως το SO_3 .

Μακροχρόνια έκθεση στο διοξείδιο του θείου μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικά προβλήματα, να τροποποιήσει τον αμυντικό μηχανισμό των πνευμόνων και να επιδεινώσει τυχόν υπάρχουσες καρδιαγγειακές παθήσεις. Άτομα ιδιαίτερα ευπαθή σε τέτοιες συνθήκες είναι αυτά που πάσχουν από καρδιαγγειακές και χρόνιες πνευμονολογικές παθήσεις (όπως η βρογχίτιδα ή το εμφύσημα), τα άτομα που πάσχουν από άσθμα, καθώς και τα μικρά παιδιά και οι ηλικιωμένοι. Το SO_2 συνεισφέρει στην όξινη απόθεση (acid deposition), φαινόμενο που μπορεί να έχει σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις σε οικοσυστήματα (δάση, ποταμοί, λίμνες κλπ).

1.3.4.4. Όζον (O₃)

Το όζον είναι ένα αέριο που αποτελείται από τρία άτομα οξυγόνου. Δημιουργείται ως αποτέλεσμα πολύπλοκων χημικών αντιδράσεων μεταξύ πρόδρομων αερίων, όπως τα οξειδία του αζώτου και μη μεθανικών πτητικών οργανικών ενώσεων. Το μεθάνιο και το μονοξείδιο του άνθρακα επίσης παίζουν ρόλο στη δημιουργία του. Συνεπώς, δεν εκπέμπεται άμεσα, και γι' αυτό αποτελεί δευτερογενή ρύπο. Το όζον εμφανίζεται κυρίως στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας (στρατόσφαιρα), όπου σχηματίζει χαρακτηριστική στοιβάδα και απορροφά ένα μέρος από την προσπίπτουσα υπεριώδη ακτινοβολία και έτσι προστατεύει από την επικίνδυνη ακτινοβολία του ηλίου. Υπάρχει όμως και στο στρώμα της ατμόσφαιρας όπου ζούμε και δραστηριοποιούμαστε (τροπόσφαιρα), σε πολύ μικρότερη συγκέντρωση, και αποτελεί έναν σημαντικό ρύπο που επηρεάζει τη δημόσια υγεία, συντελεί στην ενδυνάμωση του φαινομένου του θερμοκηπίου, ενώ έχει και τοξική δράση επί των οργανισμών.

Το όζον σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να ερεθίσει το αναπνευστικό σύστημα, προκαλώντας βήχα, αίσθημα ξηρότητας στο λαιμό, πόνο στο στήθος, φλεγμονή στους πνεύμονες και πιθανή επιδεκτικότητα σε μολύνσεις του αναπνευστικού. Τα μέτρια επίπεδα όζοντος μπορεί να ενοχλήσουν τα μάτια, τη μύτη, το λαιμό, και τους πνεύμονες. Τα παιδιά, ιδιαίτερα αυτά που υποφέρουν από άσθμα, τίθενται περισσότερο σε κίνδυνο από την έκθεση στο όζον. Η έκθεση σε χαμηλές συγκεντρώσεις όζοντος έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί σημαντική προσωρινή μείωση στην ικανότητα των πνευμόνων να λειτουργήσουν κανονικά, ακόμη και σε υγιείς ενήλικες. Υψηλά επίπεδα όζοντος μπορούν να προκαλέσουν δυσφορία, ιδιαίτερα σε συνδυασμό με υψηλές θερμοκρασίες. Οι πληθυσμιακές μελέτες που αφορούν την μακροπρόθεσμη έκθεση σε χαμηλού επιπέδου συγκεντρώσεις όζοντος δείχνουν ότι ο ρύπος αυτός μπορεί να οδηγήσει στη μόνιμη μείωση της ικανοποιητικής λειτουργίας των πνευμόνων [7]. Μελέτες σε ζώα έχουν δείξει ότι η χρόνια υψηλού επιπέδου έκθεση μπορεί να προκαλέσει μόνιμη δομική βλάβη στους πνεύμονες. Η βραχυπρόθεσμη έκθεση στο όζον μπορεί να προκαλέσει

αυξανόμενη ευαισθησία στα αερομεταφερόμενα αλλεργιογόνα και άλλους ερεθιστικούς παράγοντες, επιτείνουντας την επίδρασή τους στον οργανισμό, και μπορεί επίσης να εξασθενίσει το ανοσοποιητικό σύστημα. Η έκθεση σε υψηλά επίπεδα όζοντος συνεπάγεται μείωση της ποσότητας του οξυγόνου που αναπνέουμε, γεγονός που επιβαρύνει όσους πάσχουν από καρδιαγγειακά ή αναπνευστικά νοσήματα και μπορεί να οδηγήσει σε εξασθένηση και κίνδυνο θανάτου.

1.3.4.5. Αιωρούμενα σωματίδια (PM)

Τα αιωρούμενα σωματίδια (PM) επίσης γνωστά ως σωματιδιακή ρύπανση, είναι ουσιαστικά ένα σύνθετο μίγμα στερεών αλλά και υγρών ουσιών και χημικών ενώσεων, που γενικά περιλαμβάνουν όξινα συστατικά (νιτρίδια και σουλφίδια), οργανικά συστατικά, μέταλλα, σκόνη και άμμο, αιθάλη (άνθρακα), ανόργανα άλατα όπως το αλάτι της θάλασσας και αεροαλλεργιογόνα (κόκκους γύρης και σπόρια μυκήτων), που βρίσκονται στον αέρα. Παρά το γεγονός ότι δεν πρόκειται για σφαιρικά σωματίδια αλλά για συσσωματώματα ακανόνιστου σχήματος, η μέση διάμετρος τους (που επιστημονικά ονομάζεται αεροδυναμική διάμετρος) αυτά που έχουν μέση διάμετρο μικρότερη ή ίση των 10 μm (μία ανθρώπινη τρίχα έχει μέση διάμετρο 50-60 μm) κατατάσσονται ως ακολούθως. Περιλαμβάνουν όλα τα σωματίδια μικρότερης διαμέτρου, και περιληπτικά αναφέρονται ως PM_{10} . Πρόκειται για σωματίδια που κατακάθονται στη γη σχετικά γρήγορα λόγω του βάρους τους.

Τα σωματίδια αυτά χωρίζονται σε υποκατηγορίες:

- Αυτά που έχουν διάμετρο μεταξύ 2.5 μm και 10 μm (ονομάζονται συνήθως αδρά ή χονδρόκοκκα εισπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια).
- Αυτά που έχουν διάμετρο κάτω των 2.5 μm (ονομάζονται συνήθως λεπτά ή λεπτόκοκκα αναπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια). Περιλαμβάνουν όλα τα σωματίδια μικρότερης διαμέτρου, και περιληπτικά αναφέρονται ως $\text{PM}_{2.5}$ και παραμένουν στην ατμόσφαιρα περισσότερο από τα PM_{10} .
- Αυτά που έχουν διάμετρο μικρότερη από 1 μm (ονομάζονται υπέρλεπτα).

Αυτά τα σωματίδια παράγονται από ανθρωπογενείς και φυσικές δραστηριότητες, και δύνανται να περιέχουν διάφορες οργανικές και ανόργανες ενώσεις, ενώ μπορεί να περιλαμβάνουν και βιολογικούς παράγοντες όπως αερομεταφερόμενη γύρη. Τα PM ανθρωπογενούς προέλευσης εκλύονται από διάφορες καύσεις, από βιομηχανικές εκπομπές, από εκσκαφές ή άλλες δραστηριότητες που δημιουργούν σκόνη. Στην ατμόσφαιρα των πόλεων παράγονται σε μεγάλο ποσοστό από τα καυσαέρια των αυτοκινήτων. Στην περίπτωση φυσικής προέλευσης, βασικός παράγοντας επίδρασης για την Ελλάδα είναι η σκόνη της Σαχάρας, ενώ τα σταγονίδια θαλασσινού νερού δύνανται επίσης να συμβάλλουν στα επίπεδα σωματιδίων στον αέρα. Μπορεί να περιέχουν μία μεγάλη ποικιλία ουσιών, όπως διάφορες οργανικές ύλες, μόλυβδο, κάδμιο, υδράργυρο, αμίαντο, πολλές από τις οποίες είναι τοξικές, όπως προαναφέρθηκε, ή και καρκινογόνες.

Τα PM είναι τόσο μικρά που μπορούν να συναρμολογηθούν στον ιστό των πνευμόνων, προκαλώντας ή επιδεινώνοντας τις αναπνευστικές ασθένειες και τα καρδιαγγειακά προβλήματα και με την πάροδο του χρόνου επιφέρουν σοβαρές βλάβες στην υγεία. Η υπερβολική και μακροχρόνια έκθεση στα PM συμβάλλει στη δημιουργία χρόνιων αναπνευστικών προβλημάτων σε ενήλικες και παιδιά, δύνανται να επιδεινώσει καταστάσεις άσθματος, και μπορεί επίσης να αυξήσει τον κίνδυνο για αρρυθμίες, καρδιακή ανακοπή και πρόωρο θάνατο. Διάφορες μελέτες συνδέουν τα επίπεδα των PM με τις αυξημένες εισαγωγές στα νοσοκομεία και ειδικά στο τμήμα πρώτων βοηθειών. Τα παιδιά, τα άτομα που πάσχουν από άσθμα ή έχουν καρδιολογικά προβλήματα και οι ηλικιωμένοι είναι οι ομάδες του πληθυσμού που είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες στην έκθεση σε ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις PM στην ατμόσφαιρα. Όσο πιο μικρά είναι τα σωματίδια τόσο μεγαλύτερη η επικινδυνότητά τους (λόγω του βάθους διείσδυσης στο αναπνευστικό μας σύστημα), η οποία πάντως εξαρτάται και από τη σύστασή τους. Σημειώνεται χαρακτηριστικά ότι τα PM που προέρχονται από την αυξημένη κυκλοφορία οχημάτων έχουν ενοχοποιηθεί για την αύξηση προβλημάτων αναπνοής σε παιδιά, ενώ σχετίζονται με τη συχνότητα εμφάνισης άσθματος.

Οι άνθρωποι που ζουν για μακρύ χρονικό διάστημα (έτη) σε περιοχές που παρουσιάζουν υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης PM, χαρακτηρίζονται από αυξημένη

συχνότητα εμφάνισης προβλημάτων υγείας, όπως η μειωμένη λειτουργία των πνευμόνων και η ανάπτυξη χρόνιας βρογχίτιδας. Συγκεντρώσεις PM (ιδιαίτερα των λεγόμενων λεπτών, δηλαδή των PM_{2.5}), όπως αυτές που συναντούμε σε πολλές ανεπτυγμένες χώρες έχουν συνδεθεί με αυξημένες πιθανότητες εμφάνισης καρκίνου των πνευμόνων ή ακόμη και πρόωρο θάνατο.

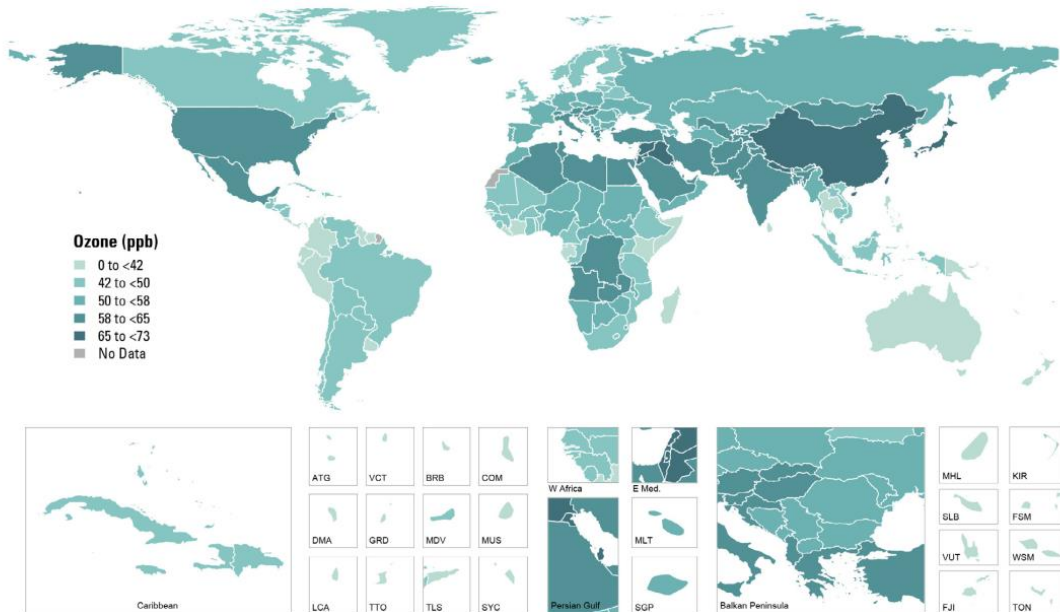
1.3.4.6. Αέριοι υδρογονάνθρακες (HC)

Οι αέριοι υδρογονάνθρακες (HC) είναι πτητικά συστατικά των υγρών καυσίμων, καθώς και προϊόντα ατελούς καύσης. Μερικοί απ' αυτούς θεωρούνται καρκινογόνοι. Παίζουν σημαντικό ρόλο στον σχηματισμό φωτοχημικού νέφους, ενώ συμβάλλουν και στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Προέρχονται από τα καυσαέρια των αυτοκινήτων, αλλά και από την οποιαδήποτε χρήση ή μεταφορά βενζίνης, πετρελαίου και φυσικού αερίου, λόγω των διαφυγών που συμβαίνουν.

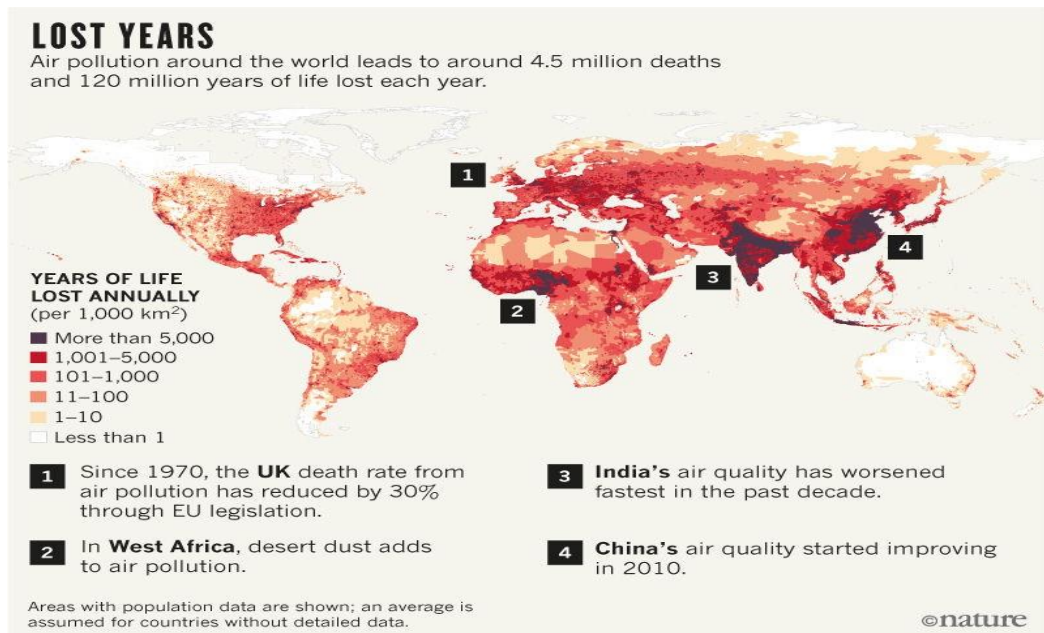
1.3.4.7. Αεροαλλεργιογόνα

Η ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα επηρεάζεται όχι μόνο από την ύπαρξη ουσιών ή σωματιδίων που αλλοιώνουν τον χημικό και φυσικό του χαρακτήρα, αλλά και σωματιδίων που αλλοιώνουν τον "βιολογικό" χαρακτήρα του και δύνανται να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στον άνθρωπο. Τέτοια σωματίδια είναι οι γυρεόκοκκοι αλλά και τα σπόρια μυκήτων. Οι γυρεόκοκκοι προέρχονται από φυτά ή δέντρα και εμφανίζονται στην ατμόσφαιρα τις περιόδους αναπαραγωγής τους (κυρίως άνοιξη – καλοκαίρι). Μερικοί από τους γυρεόκοκκους χαρακτηρίζονται ως αεροαλλεργιογόνα διότι αφενός είναι αερομεταφερόμενα σωματίδια και αφετέρου δύνανται, κάποια είδη τους, να επηρεάσουν την κατάσταση της υγείας των μελών του γενικού πληθυσμού που έχουν αλλεργική ευαισθησία.

Υπογραμμίζεται ότι τα αεροαλλεργιογόνα δεν αποτελούν επίσημα μέλος των αέριων ρύπων και έτσι δεν υφίστανται οδηγίες και νόμοι που να τα αφορούν και να επιτάσσουν την παρακολούθηση των επιπέδων τους στην ατμόσφαιρα. Παρόλα αυτά, σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες έχουν αναπτυχθεί μικρά έως και μεγάλα σε έκταση δίκτυα παρακολούθησης συγκεντρώσεων αεροαλλεργιογόνων στην ατμόσφαιρα.

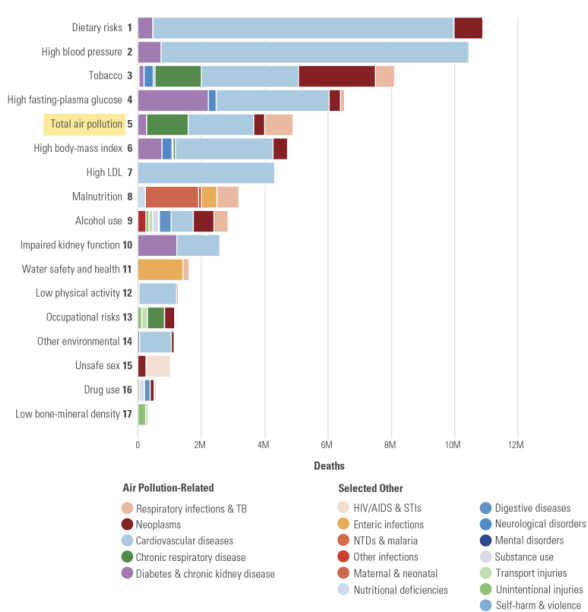


Εικόνα 4: Παγκόσμια κατανομή ποσότητας όζοντος (ppb) - <https://www.stateofglobalair.org/>



Εικόνα 3: Παγκόσμια κατανομή θνησιμότητας εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης - <https://www.stateofglobalair.org/>

1.4. Αέρια ρύπανσης εσωτερικών χώρων



Εικόνα 5: Κατάταξη κινδύνων θνησιμότητας ανά ποσοστά θανάτων παγκοσμίως - <https://www.healtheffects.org/>

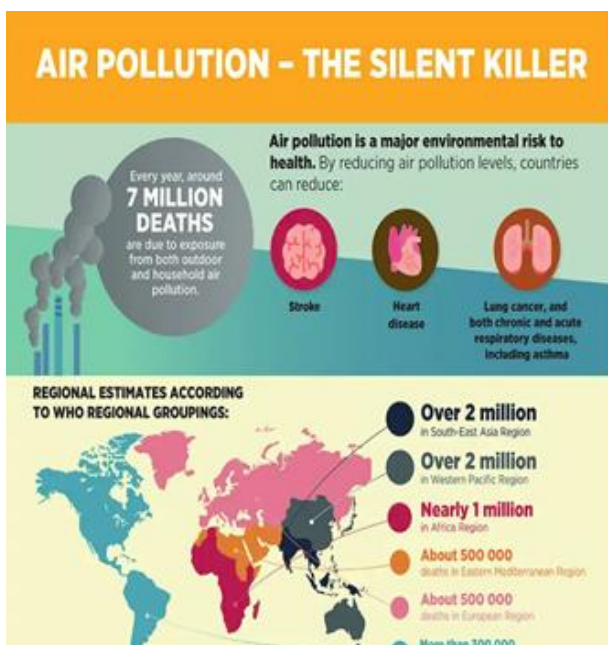
“Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ο πέμπτος κύριος παράγοντας κινδύνου θνησιμότητας παγκοσμίως. Είναι υπεύθυνη για περισσότερους θανάτους από πολλούς από τους πιο γνωστούς παράγοντες κινδύνου, όπως υποσιτισμός, χρήση αλκοόλ και σωματική αδράνεια. Κάθε χρόνο, περισσότεροι άνθρωποι πεθαίνουν από ασθένειες που σχετίζονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση παρά από τραυματισμούς στην οδική κυκλοφορία ή την ελονοσία.”

Οι περισσότεροι άνθρωποι ζουν, εργάζονται και απολαμβάνουν τις δραστηριότητες αναψυχής τους σε πυκνοκατοικημένα περιβάλλοντα, τα οποία αυξάνουν την έκθεσή τους σε πολλά παθογόνα. Η ατμοσφαιρική ρύπανση θεωρείται υπεύθυνη για μεγάλο αριθμό θανάτων, αλλά και ασθενειών του αναπνευστικού/καρδιαγγειακού συστήματος, σε παγκόσμιο επίπεδο. Σήμερα, η ατμοσφαιρική ρύπανση επηρεάζει σημαντικά την υγεία και την ποιότητα ζωής των ανθρώπων, ειδικά των κατοίκων αστικών κέντρων. Ένας ενήλικας χρειάζεται περισσότερα από 10000 λίτρα αέρα κάθε μέρα, αναπνέοντας περίπου 20000 φορές. Άρα, η ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην υγεία και επηρεάζει την ποιότητα ζωής του ανθρώπου.

Ο κίνδυνος αλληλομόλυνσης επίσης, είναι ένας παράγοντας ψυχολογικού στρες καθώς και ένα ζήτημα υγείας. Μειώνει την ευημερία του πληθυσμού και έχει ισχυρό οικονομικό αντίκτυπο λόγω της απουσίας και της μειωμένης παραγωγικότητας. Η ανθρώπινη ιστορία καταγράφει πολλές πανδημίες, π.χ. η ισπανική επιδημία γρίπης το

1918-1919 (ιός H1N1), η οποία ήταν μακράν η πιο θανατηφόρα πανδημία γρίπης του 20ού αιώνα, μολύνοντας περίπου το ένα τέταρτο του παγκόσμιου πληθυσμού και σκότωσε περισσότερα από 40 εκατομμύρια άτομα, καθώς επίσης, την περίοδο που συντάσσεται η συγκεκριμένη εργασία, η ανθρωπότητα βρίσκεται εν μέσω της πανδημίας Covid-19. Η αυξημένη κινητικότητα επιτρέπει την ταχεία διάδοση νέων ασθενειών και αυξάνει τον κίνδυνο περαιτέρω πανδημιών, π.χ. του σοβαρού οξέος αναπνευστικού συνδρόμου (SARS), καθώς και η εμφάνιση παλαιών και γνωστών ασθενειών που έχουν αναπτύξει αντίσταση στην υπάρχουσα θεραπεία με φάρμακα, π.χ. φυματίωση. Μια άλλη απειλή επιβάλλει την ταχεία μετάλλαξη ορισμένων μικροοργανισμών και την προσαρμογή τους ως αιτία ανθρώπινων ασθενειών, π.χ. ebola, το στέλεχος H5N1 της γρίπης των πτηνών κ.λπ.

Σοβαρά προβλήματα τέτοιου είδους υπήρχαν από τον 19ο αιώνα στο βιομηχανικό εργασιακό περιβάλλον. Σήμερα, η εσωτερική ρύπανση του αέρα αποτελεί σοβαρό πρόβλημα σε κατοικίες και κλειστούς χώρους των βιομηχανικών αλλά και των μη ανεπτυγμένων χωρών. Η παρουσία της στις βιομηχανικές χώρες συνδέεται κατά κανόνα με τον ανεπαρκή εξαερισμό και επιδεινώθηκε από την δεκαετία του '70 λόγω της βελτίωσης των μονώσεων στα κτίρια. Η συσσώρευση τοξικών ουσιών στους κλειστούς



Εικόνα 6: Μόλυνση του αέρα: Ο σιωπηλός δολοφόνος - <https://www.euro.who.int/en/home>

χώρους είναι ορισμένες φορές τόσο σημαντική, ώστε η ποιότητα του αέρα να είναι πολύ χειρότερη από αυτήν του εξωτερικού περιβάλλοντος.

Με δεδομένο ότι, σύμφωνα με έρευνες, οι άνθρωποι περνούν μεταξύ 70 και 90% του χρόνου τους σε εσωτερικούς χώρους, τα τελευταία χρόνια γίνεται διάκριση ανάμεσα στην ρύπανση του εξωτερικού αέρα και του αέρα που υπάρχει στο εσωτερικό των κτηρίων. Σύμφωνα με τον παγκόσμιο

οργανισμό υγείας η ρύπανση του αέρα στο εσωτερικό των κτηρίων προκαλεί 2 εκατομμύρια πρόωρους θανάτους τον χρόνο, κυρίως σε αναπτυσσόμενες χώρες. Ενώ η μόλυνση του εξωτερικού αέρα περίπου 1,3 εκατομμύρια θανάτους.

Κατά συνέπεια, κρίνεται αναγκαίο να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην ποιότητα του αέρα των κάθε είδους εσωτερικών χώρων, όπως σπίτια, γραφεία, σχολεία, νοσοκομεία, αίθουσες αναμονής, αυτοκίνητα.

1.4.1. Ρύποι εσωτερικών χώρων

Οι κυριότεροι ρύποι των εσωτερικών χώρων είναι:

- Ο καπνός των τσιγάρων.
- Το ραδόνιο.
- Τα υποπροϊόντα καύσης (μονοξείδιο του άνθρακα, αρωματικοί υδρογονάνθρακες, οξείδια του αζώτου, διοξείδιο του θείου).
- Οι ίνες αμιάντου.
- Η φορμαλδεΐδη και άλλα VOC.
- Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί κ.α.

Πηγές	Τύπος ρύπων
<u>Δομικά υλικά</u> Τσιμέντο, τούβλα, πέτρες, μοριοσανίδες, γυψοσανίδες, μονωτικά υλικά, κόλλες, χρώματα	Ραδόνιο {Π.47}, φορμαλδεΐδη {Π.48}, θειικά άλατα, VOCs {Π.49}, βαρέα μέταλλα {Π.50}, αμιάντος {Π.51}
<u>Εξοπλισμός</u> Καύσεις σε συσκευές μαγειρικής και θέρμανσης, επίπλωση, εξοπλισμός γραφείου νερό ύδρευσης, φυσικό αέριο	CO, SO ₂ , NOx, καπνός, VOCs, O ₃ {Π.2}, οσμές ραδόνιο, (υδρατμοί)*
<u>Βιολογικές</u> Αναπνοή, μεταβολισμός, χρήση τουαλέτας	CO ₂ , αμμωνία {Π.52}, VOCs, οσμές, (υδρατμοί)*
<u>Δραστηριότητες ενοίκων</u> Κάπνισμα, αεροζόλ, οικιακές εργασίες	CO, NOx, HCN, VOCs, οσμές, φθοράνθρακες, βινυλοχλωρίδιο, CxHy, αμμωνία, (υδρατμοί) *

Εικόνα 7: Πίνακας προέλευσης ρύπων αέρα εσωτερικών χώρων - <https://repository.kallipos.gr/>

Το παθητικό κάπνισμα αποτελεί πολύ σημαντικό πρόβλημα, δεδομένου ότι ο καπνός του τσιγάρου που καίγεται είναι εξίσου ή και πιο επιβλαβής από τον καπνό που εισπνέει ο ίδιος ο καπνιστής.

Το ραδόνιο (Rn) είναι ευγενές ραδιενεργό αέριο που προέρχεται από τα ηφαιστειογενή πετρώματα, κυρίως τους γρανίτες. Είναι επομένως φυσικός ρύπος που μπορεί να εκπέμπεται από το πάτωμα, τα δομικά υλικά των κατοικιών, το νερό, το υγραέριο κ.λπ. και συσσωρεύεται στους εσωτερικούς χώρους σε συγκεντρώσεις πολύ υψηλότερες απ' ό,τι στο εξωτερικό περιβάλλον. Το ίδιο το αέριο δεν είναι τόσο επικίνδυνο διότι αποβάλλεται ως χημικά αδρανές, αλλά τα στερεά ραδιενεργά προϊόντα διάσπασής του προσκολλώνται στην αιωρούμενη σκόνη και εισπνέονται, με αποτέλεσμα να ακτινοβολούν τους πνεύμονες και να δημιουργούν απειλή καρκίνου. Στις ΗΠΑ το ραδόνιο αποτελεί την δεύτερη μετά το κάπνισμα αιτία θανάτου από καρκίνο του πνεύμονα. Σε χώρες όπου τα πετρώματα είναι κυρίως ιζηματογενή, η απειλή από το ραδόνιο είναι πολύ μικρότερη.

Ο αμιάντος είναι φυσικό υλικό με εξαιρετικές ιδιότητες, όπως άκαυστο, ανθεκτικό κ.λπ. και έχει χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα ως μονωτικό και σε άλλες εφαρμογές. Μετά όμως από μακρόχρονες ειδικές έρευνες αποδείχτηκε ότι αποτελεί σοβαρή απειλή για την υγεία. Οι μεγαλύτεροι κίνδυνοι υπάρχουν για τους εργαζόμενους σε ορυχεία και βιομηχανίες αμιάντου, όπως και στις περιπτώσεις που κατεδαφίζονται ή επισκευάζονται κτίρια που περιέχουν υλικά με αμιάντο. Η παραγωγή και η χρήση του έχουν απαγορευτεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Η φορμαλδεΐδη εκκρίνεται από διάφορες μονώσεις, κόλλες, έπιπλα, ξύλινες επενδύσεις κ.λπ. Είναι αέριο ερεθιστικό, μπορεί να προκαλέσει ναυτία ή πονοκέφαλο, ενώ υπάρχουν υπόνοιες ότι είναι καρκινογόνο.

Τα παθογόνα μικρόβια αφθονούν στους εσωτερικούς χώρους και διαδίδονται κυρίως με τα συστήματα κεντρικού κλιματισμού, τις συσκευές ψύξης και ύγρανσης του αέρα, τις μοκέτες, τα χαλιά, τα κατοικίδια ζώα κ.λπ.

1.4.2. Το σύνδρομο του αρρωστημένου κτηρίου.

Σε πολλές σύγχρονες πόλεις αφθονούν πολυόροφα κτίρια γραφείων με γυαλιστερές προσόψεις, κλειστούς γυάλινους τοίχους, κεντρικό κλιματισμό και εξαερισμό, ενώ εσωτερικά διαχωρίζονται με πυκνούς ηχομονωτικούς τοίχους σε μικρά γραφεία, όπου συνωστίζονται εργαζόμενοι και πελάτες και τα οποία περιέχουν πλαστικά έπιπλα, μοκέτες, φωτοτυπικά μηχανήματα, διακοσμητικά φυτά, πολλά φωτιστικά, φακέλους και ηλεκτρονικούς υπολογιστές.

Εδώ και αρκετές δεκαετίες, επιστημονικές έρευνες για το «σύνδρομο του αρρωστημένου κτιρίου» (Sick Building Syndrome, SBS) έδειξαν ότι οι εργαζόμενοι σε πολυόροφα κτίρια, με κεντρική θέρμανση και εξαερισμό και με κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά εσωτερικής διαρρύθμισης, παρουσιάζουν ένα αδιευκρίνιστο σύνδρομο νοσηρότητας. Τα συμπτώματα είναι κυρίως πονοκέφαλοι, αδιαθεσία, ερεθισμός στα μάτια, απόφραξη της μύτης, ερεθισμός του δέρματος, αναπνευστικά προβλήματα κ.λπ. Υπολογισμοί στη Σουηδία, τη Δανία και τη Μ. Βρετανία έδειξαν ότι, εκτός από σημαντικές βλάβες στην υγεία των εργαζομένων, το σύνδρομο του αρρωστημένου κτιρίου προκαλεί μειωμένη απόδοση, απώλεια ημερών εργασίας και σημαντικά έξοδα νοσηλείας.

Οι χώροι των μοντέρνων γραφείων εξοικονομούν δομημένη επιφάνεια και δίνουν την αίσθηση πολυτέλειας και άνεσης, αλλά έχουν σημαντικά μειονεκτήματα. Ο κεντρικός κλιματισμός και εξαερισμός γίνονται συνήθως με προδιαγραφές για περιορισμένο αριθμό εργαζομένων και χωρίς να ληφθεί υπ' όψη η πολύπλοκη εσωτερική διαρρύθμιση. Όταν όμως ξεπερνιούνται ορισμένα όρια, οι ίδιοι οι άνθρωποι, τα έπιπλα, οι μοκέτες, τα μηχανήματα, οι στοίβες χαρτιών κ.λπ. γίνονται πηγές ρύπανσης. Ο αέρας που δεν ανανεώνεται γεμίζει με σωματίδια, μικροοργανισμούς και αλλεργιογόνες ουσίες. Επίσης εκπέμπονται οξείδια του αζώτου και μονοξείδιο του άνθρακα από μικρές ηλεκτρικές συσκευές, όζον από τα φωτοτυπικά μηχανήματα, ιονισμένα σωματίδια από την ακτινοβολία οθονών ηλεκτρονικών υπολογιστών ή τηλεοράσεων ή από φωτιστικά σώματα, καθώς επίσης διάφορα VOC από αποσμητικά, υγρά καθαρισμού, κόλλες,

μελάνια, υλικά ηχομόνωσης κ.λπ. Τέλος, οι κλειστοί χώροι με πολλά άτομα είναι γεμάτοι από μύκητες, βακτηρίδια, ιούς και ακάρεα, τα οποία μπορεί να καταστούν νοσογόνα [9].

Οι σωστές προδιαγραφές κατασκευής και λειτουργίας, η διαχείριση, η συντήρηση και ο επιμελής καθαρισμός των χώρων παίζουν σημαντικό ρόλο.

Όλα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, αυξάνουν τη σημασία να καταστεί ο εσωτερικός αέρας τόσο καθαρός από οποιοδήποτε παθογόνο, και με υψηλή αντιληπτή ποιότητα αέρα, ως ο καθαρότερος εξωτερικός αέρας, ή ακόμα καλύτερα.

1.5. Αναγκαιότητα επίλυσης

Ο αερισμός (ventilation), δηλαδή η εναλλαγή του αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων, αποτελεί κρίσιμη παράμετρο ποιότητας του εσωτερικού τους περιβάλλοντος. Απομακρύνει τους αέριους ρύπους και τροφοδοτεί τους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων με καθαρό αέρα και οξυγόνο. Χωρίς αερισμό τα κτίρια θα ήταν αβίωτα. Ο αερισμός μεταβάλλει τη θερμοκρασία και την περιεκτικότητα σε υδρατμούς στο εσωτερικό του κτιρίου. Ως αποτέλεσμα, επιδρά στη διαμόρφωση του ενεργειακού ισοζυγίου και των συνθηκών θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του. Ακόμα, επηρεάζει την εξέλιξη πυρκαγιάς και την κυκλοφορία του καπνού, και επιδρά στον έλεγχο του θορύβου. Ο αερισμός των κτιρίων μετράται σε εναλλαγές του αέρα ανά ώρα (air changes per hour ac/h). Δηλαδή, αερισμός 10 ac/h σημαίνει ότι σε μία ώρα ο όγκος του αέρα στο χώρο αντικαταστάθηκε 10 φορές με αέρα από το περιβάλλον. Οι ανάγκες των χώρων σε αερισμό προκύπτουν ως συνάρτηση του αριθμού των ατόμων που βρίσκονται στο εσωτερικό τους και των δραστηριοτήτων που αυτά εκτελούν.

Πίνακας 8: Ενδεικτικές απαιτήσεις αερισμού ως συνάρτηση της πυκνότητας των ατόμων σε ένα χώρο.

Χώρος ανά άτομο (m ³)	Παροχή αέρα ανά άτομο (L/s)	Αερισμός (ac/h)
3	17	20
6	11	6,5
9	8	3,2
12	6	1,8

όπου ac/h: εναλλαγές του αέρα ανά ώρα

Σχετικά, έχει υπολογιστεί ότι, για να καλυφθούν οι ανάγκες αναπνοής ενός ατόμου σε ανάπαυση, χρειάζονται περίπου 12 m³ καθαρού αέρα την ώρα. οι ανάγκες είναι μεγαλύτερες αν το άτομο εκτελεί κάποια εργασία. Σε κτίρια κατοικίας έχει επικρατήσει ως ασφαλές όριο αερισμού η τιμή 1 ac/h (δηλαδή, ο όγκος καθαρού αέρα που εισέρχεται από το περιβάλλον σε μία ώρα θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσος με τον συνολικό όγκο του χώρου). Σημαντικά υψηλότερες είναι οι απαιτήσεις σε καθαρό αέρα σε χώρους στους οποίους συναθροίζονται πολλά άτομα (π.χ. αίθουσες κινηματογράφου) ή λαμβάνουν χώρα ρυπογόνες δραστηριότητες (π.χ. κουζίνες εστιατορίων, τουαλέτες κτλ.). Πάντως, είναι σκόπιμο να διευκρινίσουμε ότι εξίσου σημαντική με την ποσότητα αερισμού είναι και η ποιότητά της, όπως αυτή καθορίζεται από το μοντέλο ανάμιξης των εναλλασσόμενων αέριων μαζών. Το μοντέλο ανάμιξης, που αντανακλά και το βαθμό ανάμιξης των εναλλασσόμενων αέριων μαζών, διαμορφώνεται βασικά από τη γεωμετρία του αεριζόμενου χώρου και από το πλήθος, τη θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων στο κέλυφός του.

Για την αντιμετώπιση της ρύπανσης των εσωτερικών χώρων το ευκολότερο και αποτελεσματικό μέσο είναι ο συχνός εξαερισμός. Χρειάζεται όμως κατάλληλη φροντίδα και οργάνωση, διότι ο εξαερισμός μειώνει την εξοικονόμηση ενέργειας όταν στους εσωτερικούς χώρους υπάρχει θέρμανση ή κλιματισμός. Όπου είναι δυνατόν, πρέπει να αποφεύγονται οι πηγές εκπομπής (κάπνισμα, καύσεις, φορμαλδεΐδη κ.λπ.).

Ωστόσο, οι περισσότεροι από τους εσωτερικούς χώρους εργασίας δεν έχουν σχεδιαστεί για να αποτρέπουν την εξάπλωση των αερομεταφερόμενων παθογόνων. Επιπλέον, τα συστήματα διανομής αέρα μπορούν ακόμη και να βελτιώσουν τη

μετάδοση. Προκειμένου να επιλυθεί επιτυχώς αυτό το διεπιστημονικό πρόβλημα, πρέπει να συνδυαστεί η γνώση σε διάφορους τομείς: ο τύπος του παθογόνου, ο μηχανισμός δημιουργίας και επιβίωσής του πριν επηρεαστεί ο ξενιστής, πιθανές μέθοδοι απολύμανσης για την εξάλειψή του και μηχανισμοί μετάδοσης μεταξύ ανθρώπων. Μπορούν να προταθούν μηχανικές λύσεις προκειμένου να μειωθούν αποτελεσματικά τα φορτία παθογόνων που απελευθερώνονται στον αέρα, να απενεργοποιηθεί η μολυσματικότητα τους και να τα καταστήσουν ακίνδυνα για τους υγιείς κατοίκους. Οι μέθοδοι που εφαρμόζονται δεν πρέπει να είναι ούτε απειλητικές για τη ζωή ούτε για την υγεία, ούτε να μειώνουν με οποιονδήποτε τρόπο την αντιληπτή ποιότητα του αέρα ή τη θερμική άνεση. Πρέπει επίσης να είναι φιλικές προς το χρήστη (εάν πρόκειται να τα χειριστούν οι άνθρωποι), με χαμηλή εκπομπή θορύβου, ενεργειακά αποδοτική, εξαιρετικά εργονομική και αισθητική.

1.6.Τεχνικές εξυγίανσης αέρα εσωτερικών χώρων

Ορισμένοι παράγοντες ρύπανσης του αέρα στους εσωτερικούς χώρους θα μπορούσαν να εξαλειφθούν με τον τρόπο ζωής και την εφαρμογή ειδικών μέτρων για την πρόληψη της ρύπανσης. Ωστόσο, αυτό δεν είναι αρκετό για το σύνολο των ρύπων, που συναντώνται στα κτίρια και σε εγκαταστάσεις. Έτσι, γεννήθηκε η ανάγκη για ανάπτυξη πρόσθετων μέτρων και τεχνικών εξυγίανσης του αέρα εσωτερικών χώρων.

1.6.1. Μέθοδοι

1.6.1.1. Αραίωση του αέρα με καθαρό απολυμαντικό αέρα

Η αραίωση του αέρα δωματίου με καθαρό απολυμαντικό αέρα είναι μια από τις ευκολότερες και πιο γνωστές μεθόδους για την απομάκρυνση των παθογόνων και τη μείωση του κινδύνου μόλυνσεων στα δωμάτια. Ο φυσικός, μηχανικός και υβριδικός εξαερισμός χρησιμοποιείται συχνά για την παροχή καθαρού αέρα στα δωμάτια. Ωστόσο,

αυτή η μέθοδος έχει τους περιορισμούς της, που σχετίζονται με το μοτίβο διανομής αέρα, τη θερμική άνεση των επιβατών κ.λπ. Επιπλέον, εάν υποτεθεί τέλεια ανάμιξη, η μείωση της συγκέντρωσης των ρύπων από έναν παράγοντα απαιτεί αύξηση του ρυθμού αλλαγής του αέρα κατά τον ίδιο παράγοντα.

Ο εξαερισμός αραίωσης τροφοδοτεί και εξαντλεί μεγάλες ποσότητες αέρα από και προς μια περιοχή ή κτήριο. Συνήθως περιλαμβάνει μεγάλους ανεμιστήρες εξάτμισης τοποθετημένους στους τοίχους ή στην οροφή ενός κτηρίου. Ο αερισμός αραίωσης ελέγχει τους ρύπους που δημιουργούνται σε ένα χώρο εργασίας αερίζοντας ολόκληρο το χώρο. Η συγκεκριμένη διαδικασία, δεν είναι τίποτα περισσότερο από ένα ανοιχτό παράθυρο ή ένα αεριζόμενο στούντιο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μείωση της έκθεσης σε μη επικίνδυνες οσμές όχλησης. Ο αερισμός αραίωσης (γενικός αερισμός) είναι η αραίωση του μολυσμένου αέρα με μη μολυσμένο αέρα με σκοπό τον έλεγχο των πιθανών κινδύνων για την υγεία που προκαλούνται από τον αέρα, των πυρκαγιών ή συνθηκών έκρηξης, των οσμών και των μολυσματικών ρύπων.

1.6.1.2. Βιολογικές Μέθοδοι

Μια νέα τάση στην εσωτερική επεξεργασία αέρα είναι η χρήση βιολογικών μεθόδων (μικροοργανισμών και φυτών) για την απομάκρυνση ενός ευρέος φάσματος χημικών ρύπων. Το συμβατικό (μικροβιακό) βιολογικό φιλτράρισμα χρησιμοποιείται επιτυχώς για την απομάκρυνση των εξωτερικών ατμοσφαιρικών ρύπων και αναμένεται να απομακρύνει επίσης και εσωτερικούς. Το φιλτράρισμα των φυτών χρησιμοποιείται ήδη για καθαρισμό αέρα εσωτερικού χώρου. Συνολικά, όταν εξετάζουμε οικοσυστήματα για εφαρμογή σε εσωτερικούς χώρους, υπάρχει μια γενική αντίληψη που σχετίζεται με την πιθανή μόλυνση από ακτινομύκητες και μυκητιακά σωματίδια (σπόρια) και τη σχετική υγρασία (RH), η οποία μπορεί να αποφευχθεί χρησιμοποιώντας κατάλληλες συνθήκες λειτουργίας και σχέδια αντιδραστήρων. Όπως φαίνεται, οι βιοτεχνολογίες προσφέρουν μια καλή ευκαιρία για την ανάπτυξη οικονομικά αποδοτικών και φιλικών προς το περιβάλλον

συστημάτων επεξεργασίας αέρα. Ένας συνδυασμός μεταξύ διαφορετικών τεχνολογιών θα μπορούσε να ξεπεράσει τα μειονεκτήματα των συστημάτων αυτών [10].

1.6.1.3. Φίλτρα HEPA

Τα φίλτρα HEPA (High Efficiency Particulate Airfilter) φημίζονται για την απόδοση τους στο φιλτράρισμα του αέρα. Χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές, όπου πέρα από τη σκόνη και τα χονδρά σωματίδια, πρέπει να αφαιρούνται από τον αέρα η γύρη και τα λεπτά σωματίδια. Τα φίλτρα, ανάλογα βέβαια κάθε φορά με την αποδοτικότητά τους, μπορούν ακόμη και να συγκρατήσουν βακτήρια και μικροσωματίδια (0,4 μm), επιτρέποντάς τους να χρησιμοποιηθούν με ασφάλεια σε αποστειρωμένα συστήματα αερισμού – κλιματισμού, όπως αποστειρωμένα δωμάτια, νοσοκομεία, παραγωγή φαρμακευτικών προϊόντων και τροφίμων, εγκαταστάσεις μικροηλεκτρονικών κ.λπ [11].

Πιο συγκεκριμένα, ανάλογα με την κατηγορία τους, τα φίλτρα HEPA είναι ικανά να φιλτράρουν το 85 έως 99,999995% των σωματιδίων, τα οποία είναι μεγαλύτερα από 0,3 μm, από τον αέρα που διέρχεται από αυτά και 100% όλων των σωματιδίων με διάμετρο από 1 μm και πάνω. Για να έχουμε ένα μέτρο σύγκρισης, ας εξετάσουμε τα μεγέθη ορισμένων από τους μολυσματικούς παράγοντες, που υπάρχουν συνήθως στον αέρα. Τα ακόλουθα δεδομένα είναι σε μικρόμετρα. Ανάλογα με την κατηγορία του φίλτρου υπάρχουν διαφορετικά πρότυπα που καθορίζουν τις ιδιότητές τους. Έτσι τα φίλτρα χονδρής και λεπτής σκόνης ταξινομούνται και κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με το πρότυπο EN 779, με το EN 1822 να ρυθμίζει ό,τι έχει να κάνει με τα φίλτρα αιωρούμενων υλών. Τα φίλτρα HEPA κυκλοφόρησαν τη δεκαετία του 1950 και ο αρχικός όρος έγινε σήμα κατατεθέν. Μετέπειτα εξελίχθηκε σε ένα γενικό όρο που περιγράφει τα υψηλής απόδοσης φίλτρα. Το πρότυπο που χρησιμοποιείται στην Ευρωπαϊκή Ένωση, το EN 1822-1:2009, καθορίζει διάφορες κατηγορίες φίλτρων HEPA στο πιο διεπισδυτικό

μέγεθος σωματιδίων (MPPS). Η μέση απόδοση του φίλτρου είναι η «συνολική» και η απόδοση σε ένα συγκεκριμένο σημείο ονομάζεται «σημειακή».

Τα περισσότερα φίλτρα HEPA αποτελούνται από το μέσο του φίλτρου, τοποθετημένο σε ένα πλαίσιο κατασκευασμένο είτε από συνθετικό υλικό είτε από μέταλλο. Το φίλτρο είναι γενικά ένα στρώμα, που αποτελείται από μικρο-ίνες γυαλιού ή ένα άλλο σύνθετο υλικό που περιέχει ένα τύπο υαλοβάμβακα.

Αποτελούνται από ένα στρώμα ινών σε τυχαία διάταξη. Οι ίνες συνήθως αποτελούνται από υαλοβάμβακα και έχουν διάμετρο μεταξύ 0,5 και 2,0 μm . Βασικοί παράγοντες, που επηρεάζουν τις λειτουργίες τους είναι η διάμετρος των ινών, το πάχος του φίλτρου και η μετωπική ταχύτητα. Να σημειώσουμε εδώ ότι ο κενός χώρος μεταξύ των ινών ενός φίλτρου HEPA είναι συνήθως πολύ μεγαλύτερος από 0,3 μm . Σε αντίθεση με τα φίλτρα μεμβράνης, όπου μπορούν να διέλθουν σωματίδια μικρότερα από ανοίγματα ή πόρους, τα φίλτρα HEPA έχουν σχεδιαστεί για να στοχεύουν μια σειρά μεγεθών σωματιδίων. Αυτά τα σωματίδια παγιδεύονται (κολλούν σε μια ίνα) μέσω ενός συνδυασμού των παρακάτω τριών μηχανισμών:

- **Διάχυση** - είναι ένας μηχανισμός, που βασίζεται στη σύγκρουση των μικρότερων σωματιδίων, ειδικά εκείνων που έχουν διάμετρο κάτω από 0,1 μm , τα οποία αφού συγκρουστούν, καθυστερείται η πορεία τους μέσα στο φίλτρο. Ο συγκεκριμένος μηχανισμός λειτουργεί σε χαμηλές ταχύτητες ροής αέρα και αυξάνει την πιθανότητα ένα σωματίδιο να σταματήσει λόγω κρούσης.
- **Αναχαίτιση** - τα σωματίδια που ακολουθούν μια γραμμή ροής στο ρεύμα αέρα έρχονται στην ακτίνα μιας ίνας και προσκολλώνται σε αυτήν.
- **Πρόσκρουση** - τα μεγαλύτερα σωματίδια δεν μπορούν να αποφύγουν τις ίνες, ακολουθώντας τα καμπύλα περιγράμματα του ρεύματος αέρα και αναγκάζονται να ενσωματωθούν σε μια από αυτές. Αυτός ο μηχανισμός έχει καλύτερα αποτελέσματα όσο υψηλότερη είναι η ταχύτητα ροής αέρα.

Η διάχυση κυριαρχεί στα μεγέθη σωματιδίων διαμέτρου μικρότερης των 0,1 μm , ενώ η πρόσκρουση και η αναχαίτιση κυριαρχούν στα μεγέθη πάνω από 0,4 μm . Στο

μεταξύ, κοντά στο πιο διεισδυτικό μέγεθος σωματιδίων (MPPS – most penetrating particle size) αυτό με διάμετρο 0,21 μm, τόσο η διάχυση όσο και η πρόσκρουση είναι αναποτελεσματικές. Επειδή, αυτό είναι το πιο αδύναμο σημείο στην απόδοση του φίλτρου, οι προδιαγραφές HEPA χρησιμοποιούν την κατακράτηση σωματιδίων κοντά σε αυτό το μέγεθος (0,3 μm) ως μέτρο για την κατάταξη του φίλτρου. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα φίλτρα HEPA έχουν σχεδιαστεί για να συγκρατούν αποτελεσματικά πολύ λεπτά σωματίδια, αλλά δεν φιλτράρουν αέρια και μόρια οσμής. Οι περιστάσεις που απαιτούν φιλτράρισμα πτητικών οργανικών ενώσεων, χημικών ατμών, οσμών τσιγάρων, κατοικίδιων ζώων, απαιτούν τη χρήση ενεργού άνθρακα ή κάποιου άλλου τύπου φίλτρο ή επικουρικά ενός φίλτρου HEPA. Τα υφασμάτινα φίλτρα άνθρακα, που θεωρούνται ότι είναι πολύ πιο αποτελεσματικά από την κοκκώδη μορφή ενεργού άνθρακα κατά την προσρόφηση των αερίων ρύπων, είναι γνωστά ως φίλτρα προσρόφησης αερίου υψηλής απόδοσης (HEGA – High Efficiency Gas Adsorption) και αναπτύχθηκαν αρχικά από τον βρετανικό στρατό ως άμυνα κατά του χημικού πολέμου.

Ένα φίλτρο HEPA μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με ένα προ-φίλτρο (συνήθως ενεργοποιημένο με άνθρακα) για να παρατείνει τη διάρκεια ζωής του πιο ακριβού φίλτρου HEPA. Σε μια τέτοια εγκατάσταση, το πρώτο στάδιο της διαδικασίας φιλτραρίσματος αποτελείται από ένα προ-φίλτρο, που αφαιρεί τα περισσότερα από τα μεγαλύτερα σωματίδια σκόνης, μαλλιών και γύρης από τον αέρα. Το υψηλής ποιότητας φίλτρο HEPA δεύτερου σταδίου αφαιρεί τα λεπτά σωματίδια, που διαφεύγουν από το προ-φίλτρο. Επίσης, σε πολλές μονάδες αερισμού – κλιματισμού συνδυάζονται με πάνελ υπεριώδους ακτινοβολίας, τα οποία σκοτώνουν τα ζωντανά βακτήρια και τους ιούς.

Συνιστάται τα φίλτρα HEPA να ελέγχονται ως προς την ακεραιότητά τους, τόσο κατά την εγκατάσταση όσο και περιοδικά. Συνιστάται, επίσης, η δοκιμή ακεραιότητας μετά από δραστηριότητες, που ενδέχεται να προκαλέσουν βλάβη στο φίλτρο. Οι αστοχίες κατά τις δοκιμές ακεραιότητας πρέπει να διερευνώνται και τα φίλτρα να αντικαθίστανται σε κατάλληλα, καθορισμένα διαστήματα. Η ακεραιότητα των φίλτρων HEPA πρέπει να διατηρείται, ώστε να διασφαλίζονται οι επιθυμητές συνθήκες

παραγωγής κ.λπ. Ο έλεγχος διαρροών καλό είναι να πραγματοποιείται αρχικά κατά την εγκατάσταση, για τον εντοπισμό πιθανών διαρροών γύρω από τις φλάντζες στεγανοποίησης, μέσω των πλαισίων ή διαφόρων σημείων στο μέσο φίλτρου. Στη συνέχεια, πρέπει να πραγματοποιούνται δοκιμές διαρροής σε κατάλληλα χρονικά διαστήματα για όλα τα φίλτρα HEPA της εγκατάστασης. Για παράδειγμα, τέτοιες δοκιμές πρέπει να πραγματοποιούνται δύο φορές το χρόνο για τους χώρους ασηπτικής επεξεργασίας. Πρόσθετες δοκιμές επιβάλλονται όταν η ποιότητα του αέρα κρίνεται ως μη αποδεκτή. Μια αιτία στην περίπτωση που η ποιότητα του αέρα δεν είναι καλή, μπορεί να είναι το γεγονός ότι σε διπλανούς χώρους μπορεί να πραγματοποιούνται ανακαινίσεις, οι οποίες να δημιουργούν διαταραχές στις δομές της οροφής ή των τοίχων.

Το αεροζόλ που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο ενός φίλτρου HEPA πρέπει να πληροί κάποιες προδιαγραφές ως προς τα κρίσιμα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά (π.χ. το ιξώδες). Το διοκτυλοφθαλικό (DOP) και η πολυ-άλφα-ολεφίνη (PAO) είναι παραδείγματα κατάλληλων αερολυμάτων για την πραγματοποίηση δοκιμών διαρροής. Ορισμένα αερολύματα είναι προβληματικά, επειδή ενέχουν τον κίνδυνο μικροβιακής μόλυνσης του περιβάλλοντος, στο οποίο γίνονται οι δοκιμές. Κατά συνέπεια, η αξιολόγηση οποιουδήποτε εναλλακτικού αερολύματος συνεπάγεται τη διασφάλιση ότι δεν προάγει την ανάπτυξη μικροβίων.

1.6.1.4. Διήθηση αέρα σε συστήματα HVAC

Μια άλλη μέθοδος που χρησιμοποιείται ευρέως σήμερα είναι η διήθηση αέρα σε συστήματα HVAC. Υπάρχουν ταξινομήσεις και οδηγίες για την εφαρμογή της διήθησης ως μέρος του συστήματος εξαερισμού. Χρησιμοποιούνται ευρέως από τους σχεδιαστές. Μελέτες δείχνουν ότι η διήθηση είναι μια καλή μέθοδος για την αποτροπή διείσδυσης εξωτερικών παθογόνων στο περίβλημα του κτιρίου μέσω του μηχανικού αερισμού. Οι Kowalski και Bahnfleth έδειξαν ότι τα φίλτρα 80 και 90% μπορούν να παράγουν βελτιώσεις στην ποιότητα του αέρα που πλησιάζουν αυτές που επιτυγχάνονται με

φίλτρα HEPA, αλλά με πολύ χαμηλότερο κόστος. Ένα άλλο εύρημα είναι ότι οι μικροοργανισμοί που είναι ικανοί να διεισδύσουν στα φίλτρα HEPA είναι κυρίως νοσοκομειακές λοιμώξεις (τα φίλτρα HEPA αφαιρούν το 99,97% όλων των σωματιδίων με διάμετρο 0,3 μm ή μεγαλύτερο). Τα φίλτρα διήθησης εξαλείφουν τα μικρόβια προσβάλλοντας τη μεμβράνη των μικροβιακών κυττάρων, αλλά αυτό προϋποθέτει ότι έρχονται σε στενή επαφή με τα μικρόβια. Οι Yamada et al. μελέτησαν την απόδοση ενός τέτοιου ενζυμικού φίλτρου. Χρησιμοποίησαν δύο φίλτρα: με και χωρίς ένζυμα, και διαπίστωσαν ότι η απόδοση του φίλτρου ενζύμου δεν διέφερε πολύ από εκείνη ενός φίλτρου ελέγχου, λόγω της προσκόλλησης των σωματιδίων με την πάροδο του χρόνου στην επιφάνεια του φίλτρου, αποτρέποντας τη στενή επαφή μεταξύ των ενζύμων και τυχόν μικρόβια που συγκρατούνται από το φίλτρο [12].

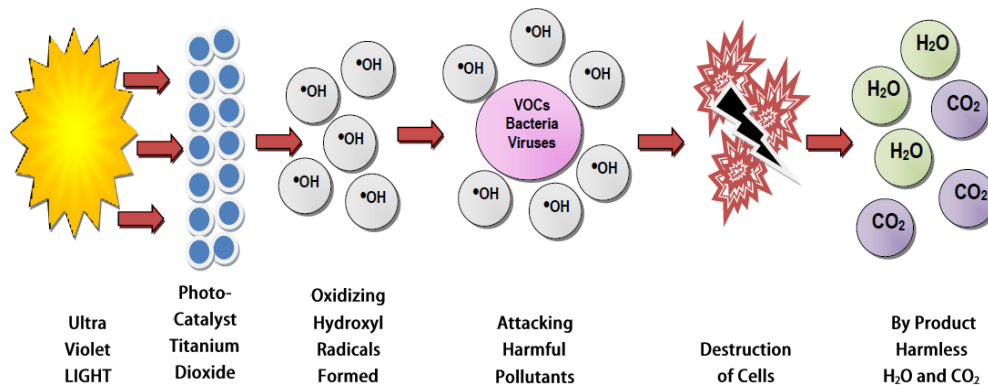
1.6.1.5. Φωτοκαταλυτική οξείδωση

Μία από τις πιο πρόσφατες τεχνολογίες καθαρισμού αέρα που προέκυψαν είναι η φωτοκαταλυτική οξείδωση (Photo Catalytic Oxidation). Η φωτοκατάλυση είναι η επιτάχυνση μιας φωτοαντίδρασης με την παρουσία ενός καταλύτη (TiO_2 , WO_3 , ZnS , κ.λπ.) [13]. Στη φωτογενετική κατάλυση η φωτοκαταλυτική δραστηριότητα εξαρτάται από την ικανότητα του καταλύτη να δημιουργεί ζεύγη ηλεκτρονίων-οπών, τα οποία δημιουργούν ελεύθερες βραχύβιες ρίζες ικανές να υποστούν δευτερεύουσες αντιδράσεις. Η φωτοκαταλυτική οξείδωση (PCO) θα μπορούσε να επιτευχθεί με τη χρήση φθορισμού ή υπεριώδους φωτός. Το PCO είναι μια αναδυόμενη τεχνολογία στη βιομηχανία των HVAC, ειδικά στον καθαρισμό των αερομεταφερόμενων βακτηρίων, η οποία εκτελείται χρησιμοποιώντας υπεριώδες φως μικρού κύματος (UVC). Η φωτοκαταλυτική οξείδωση (PCO) είναι μια πολύ ισχυρή τεχνολογία καθαρισμού αέρα και έχει την ικανότητα να καταστρέφει σωματίδια τόσο μικρά όσο 1nm, ενώ τα φίλτρα HEPA μπορούν να φιλτράρουν σωματίδια τόσο μικρά όσο 0,3 μm. Ορισμένα παθογόνα καταστρέφονται εύκολα μετά από θεραπεία με μονάδα PCO επικαλυμμένη με TiO_2 . Ωστόσο, μόνο μικρό τμήμα των παθογόνων θα απορροφηθεί στον καταλύτη και θα προσβληθεί χημικά από

ένα σύστημα απλής διέλευσης. Η φωτοκαταλυτική οξείδωση καταστρέφει τα μικρόβια, τις πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC) και τις χημικά δραστικές ενώσεις (CACs). Βελτιώνει την ποιότητα του αέρα εσωτερικού χώρου και να εξουδετερώνει ή να απενεργοποιεί πολλούς βιολογικούς ρύπους όπως βακτήρια, ιούς, μούχλα και μύκητες. Επιπλέον, δεν παράγει όζον και συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας

- Χαμηλό πρώτο κόστος και χαμηλό λειτουργικό κόστος. Επίσης με την πάροδο του χρόνου θα υπάρχει συσσώρευση «νεκρών» παθογόνων στην επιφάνεια επαφής, η οποία θα μειώσει την αποτελεσματικότητα της μεθόδου καθώς το υπεριώδες φως θα σταματήσει να ενεργοποιεί το στρώμα καταλύτη. Η ενίσχυση του μικροβιοκτόνου αποτελέσματος μπορεί να επιτευχθεί με την προσθήκη φωτοκαταλύτη TiO_2 με ιόντα Ag^+ .

Είναι ένας αποτελεσματικός, φιλικός προς το περιβάλλον και χαμηλό κόστος τρόπος για την απομάκρυνση αυτών των επιβλαβών και απαράδεκτων ρύπων και τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα εσωτερικού χώρου. Από την άλλη πλευρά, ένα πιθανό πρόβλημα ολόκληρης της προσέγγισης PCO είναι ότι μερικές από τις προκύπτουσες βραχύβιες ρίζες αντιδρούν στο σχηματισμό δευτερογενών χημικών ειδών (αλδεΐδες, κετόνες κ.λπ.) που μειώνουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα και μπορεί να φτάσουν σε μη αποδεκτά υψηλά επίπεδα από άποψη υγείας.



©Zander Scientific, Inc. 2013

Εικόνα 9: Διαδικασία εξολόθρευσης ρύπων με ακτινοβολία UV - <https://electronicaircleaners.com>

Η διαδικασία φωτοκαταλυτικής οξειδωσης συνδυάζει την ακτινοβολήση UVC με μια ουσία (καταλύτης) διοξείδιο του τιτανίου (TiO_2) που οδηγεί σε μια αντίδραση που μετατρέπει κακοήθεις μολυσματικές ουσίες σε νερό, διοξείδιο του άνθρακα και αποκόμματα. Η διαδικασία καθαρισμού του αέρα με τη χρήση φωτοκαταλυτικής οξειδωσης λειτουργεί συχνά χρησιμοποιώντας ένα υπάρχον σύστημα αέρα που τραβά αέρα μέσω μιας μονάδας κλιματισμού (HVAC) που περνά μέσω των επαγγελματικά εγκατεστημένων θαλάμων υπεριώδους φωτός / διοξειδίου του τιτανίου. Καθώς ο κακοήθης ατμοσφαιρικός αέρας γεμάτος με μολυσματικό παράγοντα κυκλοφορεί μέσω αυτών των θαλάμων, τα μικρόβια «προσβάλλονται» από ελεύθερες ρίζες υδροξυλίου και ιόντα υπεροξειδίου (που δημιουργούνται από υπεριώδες φως και διοξείδιο του τιτανίου) που σπάζουν την κυτταρική δομή τους και καταστρέφουν τόσο την ενδοκυτταρική μάζα όσο και το DNA, χρωμοσώματα HNA. Το αποτέλεσμα είναι ακίνδυνα μόρια νερού, διοξείδιο του άνθρακα και νεκρά σωματιδιακά οργανικά υλικά.

Με την εφαρμογή πάνελ επεξεργασίας αέρα PCO σε νοσοκομεία και σε όλους τους τύπους εμπορικών κτιρίων, ο αριθμός των αερομεταφερόμενων ιών, μούχλας, βακτηρίων και VOC μπορεί να μειωθεί σημαντικά. Τα πάνελ επεξεργασίας αέρα PCO λειτουργούν ως πρώτη γραμμή άμυνας έναντι των μολυσματικών ουσιών που εισέρχονται σε έναν εσωτερικό χώρο. Επιπλέον, ο καθαρότερος εσωτερικός αέρας έχει αποδειχθεί ότι επιβραδύνει δραστικά και ελαχιστοποιεί την επιφανειακή μόλυνση. Στη συνέχεια, επειδή πολλές μολύνσεις συμβαίνουν από το άγγιγμα μολυσμένων επιφανειών, ο καθαρισμός του εσωτερικού αέρα βοηθάει στην ανακούφιση αυτού του ζητήματος.

Με την καταστροφή επιβλαβών ρύπων, όπως ιών, βακτηρίων, βιοαεροσολών και VOC, η ποιότητα του αέρα εσωτερικού χώρου (IAQ) βελτιώνεται σημαντικά. Αυτό υποστηρίζει υψηλού επιπέδου πιστοποιήσεις βιωσιμότητας, όπως το WELL Building Standard, μεταξύ άλλων.

Οι καθαριστές αέρα PCO μπορούν να μειώσουν τις δυσάρεστες οσμές. Μέσα στα πλαίσια, οι ρίζες υδροξυλίου επιταχύνουν τη διάσπαση των περισσότερων VOC καταστρέφοντας τους μοριακούς δεσμούς. Αυτό βοηθά στο συνδυασμό των οργανικών

αερίων για να σχηματίσουν ένα μόνο μόριο που δεν είναι επιβλαβές για τον άνθρωπο, βελτιώνοντας έτσι τον καθαρισμό του αέρα και την απόδοση που μειώνει τις οσμές. Για παράδειγμα, τα μόρια οσμής που ελαχιστοποιούνται προέρχονται από ουσίες όπως καπνό, φορμαλδεΐδη, διοξείδιο του αζώτου, οσμή ούρων και κοπράνων, βενζίνη και πολλά άλλα μόρια υδρογονανθράκων στην ατμόσφαιρα.

1.6.1.6. Ιονιστής

Η αεροανοποίηση ή ο ιονισμός του αέρα είναι η πλήρωσή του με ιόντα οξυγόνου, καθώς και άζωτο. Στη φύση, αυτή είναι μια φυσική διαδικασία που προκαλείται από αστραπές ή συμβαίνει υπό την επίδραση κοσμικών ακτίνων.

Στους εσωτερικούς χώρους, το ποσοστό των ιόντων στον αέρα είναι αμελητέο - 18 φορές χαμηλότερο από το απαραίτητο για μια άνετη διαμονή σε αυτούς.

Ο ιονισμός, ευνοεί την παρουσία των ήδη φορτισμένων μορίων - με θετικό ή αρνητικό πρόσημο στον αέρα (aeroions), ενώ προκαλεί και αεροδιασπορά - φορτισμένων σωματιδίων ελαφρώς μεγαλύτερου μεγέθους.

Εκτός από τη διάκριση σε θετικά και αρνητικά, τα ιόντα αέρα χωρίζονται σε ελαφριά και βαριά. Τα πρώτα περιλαμβάνουν μόρια, άτομα ή ομάδες τους που αποτελούνται από το πολύ 15 στοιχεία. Το δεύτερο - η σύντηξη του πρώτου με σωματίδια σκόνης, ατμό.

Ο ιονισμός αέρα χαρακτηρίζεται από τους ακόλουθους δείκτες υγιεινής:

- τον αριθμό και τη μάζα των ιόντων αντίθετων φορτίων
- συντελεστής μονοπολικότητας
- συντελεστής φραγής.

Σε 1 εκατοστό καθαρού αέρα, κατά κανόνα, υπάρχουν 1-3 χιλιάδες ζεύγη ελαφριών ιόντων. Η αναλογία του αριθμού των συν και πλην ιόντων είναι ο συντελεστής της μονοπολικότητας. Η βέλτιστη τιμή είναι 1.2-1.3.

Ο λόγος του αθροίσματος των εξίσου φορτισμένων βαρέων σωματιδίων προς το φως είναι ο συντελεστής ρύπανσης. Η κανονική τιμή είναι το πολύ 50.

Οι κύριες πηγές ιονισμού είναι:

1. **Κοσμική ακτινοβολία**, καθώς και ακτινοβολία μεμονωμένων πετρωμάτων της γης.
2. **UV ακτινοβολία** με μήκος κύματος έως 200 nm.
3. **Καυτές επιφάνειες, τζάκι**. Σε αυτήν την περίπτωση, το φαινόμενο ονομάζεται θερμικός ιονισμός.
4. **“Εκτίναξη” νερού**. Πρόκειται για βρύσες, καταρράκτες, ποτάμια στο βουνό.

Όλα αυτά είναι φυσικά φαινόμενα ιονισμού. Η τεχνητή διαδικασία πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας ειδικές συσκευές - ιονιστές. Είναι σχεδιασμένες για να βελτιώνουν την ποιότητα του αέρα εσωτερικού χώρου γεμίζοντας με ιόντα [14].

Υπάρχουν δύο τύποι συσκευών για ιονισμό αέρα: μονοπολική και διπολική.

Η λειτουργία του μονοπολικού τύπου ιονιστή έχει ως εξής:

1. Τα αρνητικά μόρια οξυγόνου συνδέονται με ελεύθερα ηλεκτρόνια με αρνητικό φορτίο.
2. Ως αποτέλεσμα της προσθήκης ενός επιπλέον ηλεκτρονίου, σχηματίζεται ένα νέο σωματίδιο - ένα αέριο ή ένα ιόν οξυγόνου με αρνητικό φορτίο.

Λόγω αυτής της διαδικασίας, ο αέρας εμπλουτίζεται και η βιολογική του δραστηριότητα αυξάνεται. Ο σκοπός του ιονιστή είναι να δημιουργήσει ένα ρεύμα σωματιδίων με αρνητικό φορτίο μεταξύ ηλεκτρονίων διαφορετικής πολικότητας υπό την επίδραση εξωτερικών ερεθισμάτων.

Προκειμένου τα ηλεκτρόνια να χτυπήσουν επιπλέον ηλεκτρόνια από ουδέτερα φορτισμένα μόρια αέρα, η ταχύτητά τους πρέπει να είναι αρκετά υψηλή. Λόγω αυτού, αυξάνεται η συνολική τιμή του ρεύματος προς θετικά φορτισμένα ιόντα. Η ροή σωματιδίων αντίθετων φορτίων προκαλεί ηλεκτρική εκκένωση στον αέρα. Ως αποτέλεσμα, σχηματίζονται συνεχώς ιόντα οξυγόνου, θετικά και αρνητικά, όπου μεταφέρονται στον περιβάλλοντα χώρο.



Εικόνα 10: Εμπλουτισμός του αέρα με ιόντα

Όταν ένα άτομο δεν εκτίθεται σε επαρκή ποσότητα ιόντων από τον αέρα, ορμόνες όπως η ισταμίνη και η σεροτονίνη αρχίζουν να παράγονται υπερβολικά στο σώμα.

Η συμβολή του ιονισμένου αέρα οφείλεται στο γεγονός ότι όταν γεμίζει με αερίους, προωθεί τη διέγερση των ερυθρών αιμοσφαιρίων τα οποία αρχίζουν να λειτουργούν πιο ενεργά. Σε αυτήν την περίπτωση, η ανταλλαγή αερίων στους πνεύμονες αυξάνεται κατά 10%.

Λόγω αυτού, παρατηρούνται τέτοιες θετικές διαδικασίες:

1. Η ποιότητα του ύπνου βελτιώνεται, πράγμα που σημαίνει ότι η χαλάρωση γίνεται πλήρης.
2. Οι δείκτες απόδοσης αυξάνονται.
3. Η ανοσία αυξάνεται, η υγεία βελτιώνεται.
4. Η ψυχολογική κατάσταση επιστρέφει στο φυσιολογικό. Αυτό είναι πολύτιμο στη θεραπεία της νευρώσης και της κατάθλιψης.
5. Ο μεταβολικός ρυθμός αυξάνεται και αυτό ανακουφίζει τα συμπτώματα των ασθενειών, μειώνει τη διάρκεια της πορείας τους.
6. Η εμφάνιση αλλάζει προς το καλύτερο.
7. Μειώνεται η αρνητική επίδραση της ακτινοβολίας από οικιακές ηλεκτρικές συσκευές.

Εκτός από τα παραπάνω, μπορεί επίσης να σημειωθεί ότι είναι πιθανό τα ιόντα έχουν ευεργετική επίδραση στους υποδοχείς του δέρματος, ενώ μειώνουν την ευαισθησία στον πόνο καθώς ασθενείς με ακμή, ψωρίαση και παρόμοιες ασθένειες, παρατήρησαν βελτίωση.

1.6.1.7. Λαμπτήρες UV

Το φως UVGI εκπέμπεται σε μήκος κύματος 253,7 nm από λαμπτήρες τόξου υδραργύρου χαμηλής πίεσης. Το UVGI καταστρέφει το DNA / RNA των παθογόνων και τα καθιστά αβλαβή: δεν μπορούν να αναπαραχθούν μόλις μπουν στον ξενιστή τους. Η εργαστηριακή έρευνα έδειξε ότι η μικροβιοκτόνο επίδραση του UVGI είναι κατά κύριο λόγο συνάρτηση δύο παραγόντων: η ένταση της ενέργειας UVGI και η διάρκεια της έκθεσης. Αυτές οι μελέτες διαπίστωσαν επίσης κάποια επίδραση της ευαισθησίας στα παθογόνα, της παρουσίας ή της απουσίας κυτταρικού τοιχώματος και του πάχους του [15]. Δεδομένου ότι η ευλογιά, η γρίπη και ο αδενοϊός στερούνται κυτταρικού τοιχώματος απενεργοποιούνται ευκολότερα, ενώ τα σπόρια, όπως ο *Bacillus anthracis*, είναι τα πιο δύσκολα να απενεργοποιηθούν λόγω του προστατευτικού τους καλύμματος. Στην πράξη υπάρχουν δύο τρόποι χρήσης της εφαρμογής UVGI: τοποθέτηση στην οροφή (ή επιτοίχια) ή εφαρμογή σε αγωγό. Η απολύμανση του αέρα με UVGI οροφής/τοιχίου ξεκίνησε στα 30s στις ΗΠΑ. Η διαδικασία απενεργοποίησης συμβαίνει όταν τα παθογόνα εισέρχονται στη ζώνη UVGI: 1,8 μέτρα πάνω από το δάπεδο (το ύψος πάνω από το οποίο πρέπει να εγκατασταθούν τα συστήματα UVGI για την αποφυγή τυχόν κινδύνων). Ο ρυθμός απενεργοποίησης του UVGI σε δωμάτια θα μπορούσε να ενισχυθεί αυξάνοντας την ένταση του φωτός, προωθώντας την καλύτερη ανάμιξη στα δωμάτια ή



Εικόνα 11: Λαμπτήρας αποστείρωσης με υπεριώδη ακτινοβολία UV OPTONICA

δημιουργώντας μια ανοδική ροή για να διευκολύνει την ανοδική μεταφορά παθογόνων. Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας για την αποδοτικότητα UVGI είναι το επίπεδο της σχετικής υγρασίας. Μελέτες δείχνουν ότι με αυξημένη υγρασία στο περιβάλλον, τα παθογόνα είναι πιο πιθανό να επιβιώσουν από τη μικροβιοκτόνο επίδραση της λάμπας UVGI. Οι Xu et al. αξιολόγησαν την επίδραση των ποσοστών αερισμού του δωματίου, των ποσοστών και της

κατανομής της υπεριώδους ακτινοβολίας, της ροής του αέρα, της σχετικής υγρασίας και της φωτοανενεργοποίησης στην αποτελεσματικότητα των συστημάτων UVGI. Πρότειναν ότι για να επιτευχθεί το μέγιστο όφελος από ένα σύστημα UVGI οροφής/τοίχου, πρέπει να παρέχεται επαρκές επίπεδο ακτινοβολίας UV τουλάχιστον 6 W UV-C ανά m^3 στην άνω ζώνη. Επιπλέον, η υπεριώδης ακτινοβολία θα πρέπει να κατανέμεται ομοιόμορφα και πρέπει να παρέχεται καλή ανάμιξη αέρα. Η σχετική υγρασία του δωματίου πρέπει να διατηρείται περίπου στο 50%. Οι τιμές άνω του 75% μειώνουν σημαντικά την απόδοση UVGI: η αποτελεσματικότητα μειώνεται περισσότερο από 40%. Η φωτοανενεργοποίηση, μια διαδικασία με την οποία το DNA που έχει υποστεί βλάβη από το υπεριώδες φως επιδιορθώνεται από ένα ένζυμο που απαιτεί φως. Η ποσότητα της φωτοανενεργοποίησης έχει αναφερθεί ότι αυξάνεται σε υψηλό επίπεδο σχετικής υγρασίας ($RH > 75\%$). Ωστόσο, υπάρχει μια κατώτατη δόση υπεριώδους ακτινοβολίας πάνω από την οποία η φωτοανενεργοποίηση δεν θα συμβεί σε αερομεταφερόμενα βακτήρια. Οι δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία του UVGI στον άνθρωπο περιλαμβάνουν

μια ήπια μορφή κοκκίνισμα του δέρματος (ερύθημα) και επώδυνη φωτοκερατίτιδα των ματιών (ευαισθητοποίηση στο φως, όπως στην τύφλωση του χιονιού). Επομένως, τα φώτα UVGI είναι τοποθετημένα σε περίβλημα με βαθιά περσίδα για την αποφυγή της υπερβολικής έκθεσης στο επίπεδο των ματιών ή της υπερβολικής ανάκλασης από τις οροφές, αλλά τέτοια περιβλήματα απορροφούν μεγάλη ποσότητα της χρήσιμης ενέργειας UV, καθιστώντας τη μονάδα λιγότερο αποτελεσματική. Σε κτίρια με οροφές κάτω των 2,4 m, πρέπει να εφαρμόζεται ακτινοβολία UVGI με αγωγό. Τα προβλήματα της άμεσης επαφής με τα μάτια ή της επαφής με το δέρμα είναι μηδαμινά, επομένως τα συστήματα θα μπορούσαν να λειτουργήσουν σε ακόμη υψηλότερες εντάσεις. Η καλή ανάμιξη και η χρήση ανακλαστικών επιφανειών είναι ένας οικονομικός τρόπος για την αύξηση της αποτελεσματικότητας των συστημάτων UVGI με αγωγό. Η διάρκεια έκθεσης είναι επίσης σημαντικός παράγοντας. Οι Kujundzic et al. ανέφεραν ότι υπό τις ίδιες συνθήκες η καλλιέργεια των βακτηρίων μειώθηκε έως και 87% και η καλλιέργεια μυκήτων κατά 75% με ταχύτητα ροής αέρα 2,2 m / s. Η υψηλότερη ταχύτητα (5,1 m / s) κατέστησε το σύστημα UVGI αναποτελεσματικό.

Είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται περισσότερο από 40 χρόνια, είναι επιστημονικά αποδεδειγμένη η αποτελεσματικότητά της, έχει μικρό κόστος και είναι απόλυτα ασφαλής για τον ανθρώπινο οργανισμό.

Η UVC ακτινοβολία αποτελεί μέρος του φάσματος της υπεριώδους ακτινοβολίας και έχει την ικανότητα να εξουδετερώνει παθογόνους μικροοργανισμούς (ιούς, βακτήρια, μύκητες και πρωτόζωα) στον αέρα, το νερό και τα τρόφιμα. Λαμπτήρες εκπομπής UVC ακτινοβολίας χρησιμοποιούνται από τις αρχές του περασμένου αιώνα για την απολύμανση (disinfection) χώρων (π.χ. νοσοκομεία) και επιφανειών (π.χ. εργαστηριακοί πάγκοι). Η UVC ακτινοβολία απορροφάται από το RNA των παθογόνων μικροοργανισμών και προκαλεί μεταλλάξεις, οι οποίες έχουν σαν αποτέλεσμα την διακοπή του πολλαπλασιασμού τους και κατά συνέπεια την αδρανοποίησή τους.

Η απολύμανση με λαμπτήρες UVC εξαρτάται από διάφορους παράγοντες οι κυριότεροι εκ των οποίων είναι τα χαρακτηριστικά του χώρου (διαστάσεις) και των

επιφανειών (ύπαρξη πόρων, σκόνης), οι περιβαλλοντικές συνθήκες (υγρασία) και το είδος του παθογόνου μικροοργανισμού. Κάθε μικροοργανισμός εξουδετερώνεται με συγκεκριμένη δόση ενέργειας UVC ακτινοβολίας, οπότε η απολύμανση είναι αποτελεσματική μόνο εφόσον η UVC ακτινοβολία απορροφάται απευθείας από τους μικροοργανισμούς.

Όταν επιλέγουμε μια συσκευή τεχνολογίας UV-C Light για απολύμανση χώρων και επιφανειών, οφείλουμε να τοποθετούμε τον κατάλληλο αριθμό συσκευών ανάλογα το χώρο, τις συνθήκες και τον αριθμό των ατόμων που συνήθως φιλοξενούνται σε αυτόν, και να τις τοποθετούμε στις σωστές θέσεις ώστε να έχουμε ολική κάλυψη. Σε αυτό πρέπει να ληφθεί υπόψη και το ότι η UVC ακτινοβολία έχει πολύ μικρό βάθος διείσδυσης, της τάξης των μερικών δεκάδων μικρομέτρων και δεν μπορεί να διαπεράσει τοίχους ή άλλα υλικά.

1.6.1.8. Επεξεργασία αέρα με όζον

Η επεξεργασία του αέρα με όζον, που έχει ισχυρές απολυμαντικές και αποστειρωτικές ιδιότητες χάρη στην οξειδωτική του δράση, ονομάζεται οζόνωση. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται τη χρήση χημικών, εύφλεκτων και εκρηκτικών ουσιών που μπορεί να προκαλέσουν μη αναστρέψιμες βλάβες στην υγεία μας.

Η εφαρμογή του όζοντος σε αέρια μορφή ενδείκνυται για υγειονομικές εφαρμογές, καθώς με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η καλύτερη δυνατή εξάπλωση σε όλες τις επιφάνειες ανεξάρτητα από τη δυσκολία πρόσβασης σε αυτές, παρέχοντας αποτελεσματική απολύμανση που διαρκεί.

Το όζον καταστρέφει την μοριακή σύνθεση η οποία είναι η βάση της δομής των οργανισμών, γι' αυτό και χρησιμοποιείται και σαν αντισηπτικό – αποστειρωτικό εξολοθρεύοντας το 99,98% των βακτηρίων της μούχλας των ακάρεων αλλά και των ιών με τρόπο φυσικό και οικολογικό [16].

Επιστημονικές μελέτες υποστηρίζουν ότι η απολύμανση με όζον είναι έως και 2000 φορές πιο αποτελεσματική από τις συμβατικές μεθόδους, στην εξουδετέρωση αλλεργιογόνων οργανισμών, μικροβίων και μούχλας, μειώνοντας σημαντικά τον κίνδυνο έκθεσης στους ιούς.

1.6.1.9. ULV Fogger

Το ULV fogger είναι ένα μηχάνημα παραγωγής ψυχρής ομίχλης (fogging). Χρησιμοποιεί μεγάλες ποσότητες αέρα σε χαμηλή πίεση για να μετατρέψει ένα υγρό σε σταγονίδια που μπορούν στη συνέχεια να διασκορπιστούν στην ατμόσφαιρα. Τα αρχικά ULV (ultra-low volume) αναφέρονται στην εξαιρετικά χαμηλή ένταση λόγω του χαμηλού όγκου υγρού που απαιτείται για τη δημιουργία αρκετής ομίχλης για κάλυψη πολύ μεγάλων περιοχών [17].

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο σε εσωτερικούς όσο και σε εξωτερικούς χώρους, ανάλογα με τις ανάγκες. Χρησιμοποιούνται συνήθως για την εφαρμογή φυτοφαρμάκων σε ένα πεδίο καλλιεργειών ή για τον ψεκασμό απολυμαντικών σε ένα ευρύχωρο δωμάτιο. Δεδομένης της τρέχουσας παγκόσμιας κατάστασης, χρησιμοποιούνται πιο συχνά στη δεύτερη περίπτωση.

Υπάρχουν πολλά ULV Foggers στην αγορά, με το καθένα να έχει σχεδιαστεί για διαφορετικές εφαρμογές. Ορισμένα είναι στατικά, σχεδιασμένα για τοποθέτηση σε επίπεδη επιφάνεια και μόνο. Άλλα είναι φορητά. Κυκλοφορούν επίσης στην αγορά βιομηχανικά ULV, πολύ μεγάλου μεγέθους, για τοποθέτηση σε φορτηγά, αν και συνήθως προορίζονται για εξειδικευμένες βιομηχανικές εργασίες.

Κατά κανόνα, λειτουργούν όλα με παρόμοιο τρόπο. Χρησιμοποιούν έναν ανεμιστήρα, μια δεξαμενή και μια πηγή ισχύος που κινεί τον ανεμιστήρα. Αυτή η πηγή συνήθως είναι ηλεκτρική, αλλά απαντώνται στη θέση της και βενζινοκινητήρες. Ο ανεμιστήρας δημιουργεί μια μικρή πίεση, η οποία ωθεί τον αέρα μέσω του ακροφυσίου. Η πίεση του αέρα μπορεί να ρυθμιστεί από τα χειριστήρια του μηχανήματος. Το

εκάστοτε υγρό που χρησιμοποιείται παραδίδεται στο ακροφύσιο, το οποίο περιέχει ειδικά πτερύγια που προκαλούν τη ροή του αέρα. Αυτή η κίνηση διαχωρίζει το υγρό σε μικροσκοπικά σταγονίδια και στη συνέχεια το διασκορπίζει στον αέρα.

Τα σταγονίδια που παράγονται είναι τόσο μικρά που πρέπει να μετρηθούν σε μικρόμετρα (10-6 μm). Διαφορετικά μεγέθη σταγονιδίων είναι κατάλληλα για διαφορετικές εφαρμογές και συνήθως κυμαίνονται από 5 έως 50 μικρόμετρα. Τα περισσότερα foggers επιτρέπουν να προσαρμόσουμε το μέγεθος των σταγονιδίων. Τα μικρότερα μεγέθη σταγονιδίων, κάτω των 20 μικρόμετρων, αποκαλούνται «ξηρή» ομίχλη, και είναι τόσο αραιή που συνήθως δεν διακρίνεται με γυμνό μάτι. Η «ξηρή» ομίχλη προτιμάται για την κάλυψη μεγάλων περιοχών. Τα μεγέθη των 20 μικρόμετρων και άνω είναι καλύτερα για απολύμανση, αφαίρεση μούχλας, έντονες θεραπείες φυτοφαρμάκων κ.λπ.

1.6.1.10. Plasmacluster

Μια νέα τεχνολογία, η τεχνολογία ιόντων plasmacluster (PCI) που πρόσφατα έφτασε στην αγορά ισχυρίζεται ότι εξουδετερώνει 26 είδη επιβλαβών αερομεταφερόμενων ουσιών. Η γεννήτρια ιόντων χρησιμοποιεί μια εναλλασσόμενη εκκένωση πλάσματος (μεταξύ δύο ηλεκτρικά φορτισμένων πλακών: ανόδου και καθόδου) για να χωρίσει τα αερομεταφερόμενα μόρια του νερού σε θετικά φορτισμένο υδρογόνο (H^+) και αρνητικά φορτισμένο οξυγόνο (O_2^-). Εμφανίζεται μια χημική αντίδραση και η σύγκρουση του υδρογόνου με τα ιόντα οξυγόνου δημιουργεί ομάδες πολύ αντιδραστικών ριζών OH που αντιδρούν με πρωτεΐνες / πολυσακχαρίτες στο κυτταρικό τοίχωμα ή την επιφανειακή δομή του παθογόνου, καταστρέφοντας έτσι και καθιστώντας το ανίκανο να προκαλέσει μόλυνση. Τα μόρια του νερού που σχηματίζονται ως αποτέλεσμα αυτής της αντίδρασης επιστρέφονται στον αέρα. Είναι πιθανό ότι τα αυξημένα επίπεδα του όζοντος (O_3) μπορεί να παρέχουν μερικά από αυτά τα οφέλη. Το PCI είναι μια πολλά υποσχόμενη μέθοδος αντιμετώπισης επιβλαβών

αερομεταφερόμενων ουσιών, αλλά πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω όσον αφορά την επίδρασή της στην ανθρώπινη υγεία και στην ποιότητα του αέρα [18].

1.6.1.11. Αιθέρια έλαια

Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι τα αιθέρια έλαια που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία φαρμακευτικών προϊόντων, καλλυντικών και τροφίμων και ποτών έχουν ισχυρό μικροβιοκτόνο αποτέλεσμα και θα μπορούσαν να εφαρμοστούν στη βιομηχανία εξαερισμού. Επιπλέον, η αντιμικροβιακή επίδραση των αιθέριων ελαίων είναι μεγαλύτερη στον αέρα από ό, τι στο διάλυμα. Η αίτησή τους βρίσκεται ακόμη υπό διεξοδική έρευνα. Η αντίδραση υπερευαισθησίας ορισμένων ανθρώπων σε ορισμένα αιθέρια έλαια (μέντα, θυμάρι, ρίγανη κ.λπ.) και το γεγονός ότι ορισμένα από αυτά τα έλαια εμφανίζουν επίσης κυτταροτοξική δράση, δηλαδή είναι τοξικό για τα ανθρώπινα κύτταρα καθώς και για τα μικροβιακά κύτταρα, μπορεί να περιορίσει την εφαρμογή αιθέριων ελαίων για τον καθαρισμό του αέρα σε κατεχόμενους χώρους.

1.6.1.12. Αφυγραντικός ρότορας

Μια νέα προσέγγιση για τον καθαρισμό πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs) από τον εσωτερικό αέρα είναι ο αφυγραντικός ρότορας, εφαρμογή αφυγραντήρα με ξηραντήρα πυριτικής πηκτής. Τα μετρούμενα επίπεδα VOC κατάντη του ρότορα δείχνουν απόδοση περίπου 94% υψηλότερη. Αυτή η μέθοδος θα μπορούσε να εφαρμοστεί για τον καθαρισμό αερομεταφερόμενων παθογόνων από τον εσωτερικό αέρα, ωστόσο, αυτό πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω.

Η απόδοση του συστήματος, η εξοικονόμηση ενέργειας και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις πρέπει να ληφθούν υπόψη στο σχεδιασμό των νέων μονάδων επεξεργασίας αέρα που θα μπορούσαν να συμβάλουν στην οικολογική αποδοτικότητα του κτιρίου.

Σύμφωνα με έρευνες, η κατανάλωση ενέργειας για διάφορες τεχνολογίες ποικίλλει με την ακόλουθη σειρά: φωτόλυση, όζον, διαχωρισμός μεμβράνης (υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας)> μηχανική διήθηση, ηλεκτροστατική διήθηση, προσρόφηση, φωτοκατάλυση (μέτρια κατανάλωση ενέργειας)> μικροβιακή βιοδιήθηση, βιοδιήθηση φυτών (χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας).

Κεφάλαιο 2 – Φίλτρο υψηλής τάσης

2.1. Παράγοντες οι οποίοι οδήγησαν στην ανάγκη αναζήτησης καινοτόμων τεχνολογιών απολύμανσης αέρα εσωτερικών χώρων

2.1.1. Αρνητικές επιπτώσεις όζοντος – απόρροια λειτουργίας αρκετών συσκευών καθαρισμού αέρα

Από τις αρχές του 20ού αιώνα, οι επιστήμονες και οι επαγγελματίες στον τομέα της υγείας έχουν προειδοποιήσει για τους κινδύνους του όζοντος. Η φράση "good up high - bad nearby", η οποία θα μπορούσε να αποδοθεί στα ελληνικά "καλό ψηλά, κακό χαμηλά", έχει χρησιμοποιηθεί από τον Οργανισμό Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (EPA) για να κάνει τη διάκριση μεταξύ του όζοντος στην άνω και κάτω ατμόσφαιρα. Το όζον στην ανώτερη ατμόσφαιρα - αναφέρεται ως "στρατοσφαιρικό όζον" - βοηθά στο φιλτράρισμα της βλαβερής υπεριώδους ακτινοβολίας από τον ήλιο. Αν και το όζον στη στρατόσφαιρα είναι προστατευτικό, το όζον στην ατμόσφαιρα - που είναι ο αέρας που αναπνέουμε - μπορεί να είναι επιβλαβές για το αναπνευστικό σύστημα. Τα επιβλαβή επίπεδα όζοντος μπορούν να παραχθούν από την αλληλεπίδραση του ηλιακού φωτός με ορισμένες χημικές ουσίες που εκπέμπονται στο περιβάλλον (π.χ. εκπομπές αυτοκινήτων και χημικές εκπομπές βιομηχανικών εγκαταστάσεων). Αυτές οι επιβλαβείς συγκεντρώσεις όζοντος στην ατμόσφαιρα συχνά συνοδεύονται από υψηλές συγκεντρώσεις άλλων ρύπων, όπως το διοξείδιο του αζώτου, τα λεπτά σωματίδια και οι υδρογονάνθρακες. Είναι επίσης ένα κοινό συστατικό της τεχνητής αιθαλομίχλης.

Το όζον όπως αντιδράει με ουσίες στο περιβάλλον, μπορεί να αντιδράσει με τους ζωντανούς ιστούς στο ανθρώπινο σώμα. Είτε σε καθαρή μορφή είτε σε ανάμιξη με άλλες χημικές ουσίες, το όζον μπορεί να είναι επιβλαβές για την υγεία. Η παρουσία του μπορεί εύκολα να γίνει αντιληπτή, από τη μυρωδιά της φρεσκάδας μετά την καταιγίδα. Παρά την ευχάριστη μυρωδιά, το όζον είναι ένας ισχυρός οξειδωτικός παράγοντας. Όταν εισπνέεται, μπορεί να βλάψει τους πνεύμονες. Ακόμη και σχετικά χαμηλές ποσότητες

όζοντος μπορεί να προκαλέσουν πόνο στο στήθος, βήχα, δύσπνοια, ερεθισμό του λαιμού και φλεγμονή των αεραγωγών. Μπορεί να επιδεινώσει τις χρόνιες αναπνευστικές παθήσεις όπως το άσθμα, να θέσει σε κίνδυνο την ικανότητα του σώματος να καταπολεμήσει τις αναπνευστικές λοιμώξεις, να μειώσει τη λειτουργία των πνευμόνων και να βλάψει τον πνευμονικό ιστό. Επιπλέον, κατά τη διαδικασία αντίδρασης με χημικές ουσίες σε εσωτερικούς χώρους, το όζον μπορεί να παράγει άλλες χημικές ουσίες που οι ίδιες μπορούν να είναι ερεθιστικές και διαβρωτικές. Ορισμένες ομάδες όπως τα παιδιά, τα άτομα με άσθμα και οι ηλικιωμένοι είναι ιδιαίτερα ευάλωτες. Ο «Clean Air Act», είναι ένας ομοσπονδιακός νόμος στην Αμερική, σύμφωνα με τον οποίο η Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (EPA) ορίζει πρότυπα για την ποιότητα του εξωτερικού αέρα, για την προστασία της δημόσιας υγείας. Υπάρχουν έξι ατμοσφαιρικοί ρύποι για τους οποίους ο οργανισμός έχει ορίσει πρότυπα και το όζον είναι ένας από αυτούς. Δεδομένου ότι το όζον είναι αρκετά επικίνδυνο για τους εξωτερικούς χώρους σύμφωνα με την EPA, τότε είναι ακόμη πιο επικίνδυνο, όταν οι συσκευές απολύμανσης αέρα εσωτερικών χώρων, απελευθερώνουν καθαρό όζον σε περιορισμένους χώρους. Συνιστάται, από οργανισμούς, τα επίπεδα όζοντος σε εσωτερικούς χώρους να μην υπερβαίνουν τα 100 ppb.

2.1.1.1. Μειονεκτήματα ιονιστών και γεννητριών όζοντος

Παρά το γεγονός ότι πολλοί κατασκευαστές ισχυρίζονται, ότι παραδίδουν προϊόντα τα οποία παράγουν μειωμένα επίπεδα όζοντος, είναι αδύνατο να προβλεφθούν τα επίπεδα έκθεσης. Ορισμένες μελέτες δείχνουν ότι οι συγκεντρώσεις του όζοντος που παράγονται από τις γεννήτριες όζοντος μπορούν να υπερβούν τα πρότυπα υγείας ακόμα και όταν κάποιος ακολουθεί τις οδηγίες του κατασκευαστή. Συγκεκριμένα, μέθοδοι απολύμανσης αέρα εσωτερικών χώρων, όπως γεννήτριες όζοντος, ηλεκτροστατικοί ιζηματοποιητές και ιονιστές, έχουν ως αποτέλεσμα την εκπομπή όζοντος στον αέρα. Αυτό μπορεί να γίνεται σκόπιμα, ως στρατηγική για την εξάλειψη βακτηρίων και χημικών στον αέρα, είτε, όπως ισχύει στην περίπτωση των

ηλεκτροστατικών ιζηματοποιητών και ιονιστών, να εκπέμπουν ακούσια όζον ως υποπροϊόν της λειτουργίας τους. Στη δεύτερη περίπτωση, φορτίζονται ηλεκτρικά τα μόρια του αέρα και αυτή η διαδικασία φόρτισης μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση όζοντος.

Πολλοί παράγοντες επηρεάζουν τις συγκεντρώσεις του όζοντος. Συμπεριλαμβανομένης της ποσότητας του όζοντος που παράγεται από το μηχάνημα, το μέγεθος του εσωτερικού χώρου, την ποσότητα του υλικού στο δωμάτιο με το οποίο αντιδρά το όζον, τη συγκέντρωση του εξωτερικού όζοντος και την συχνότητα αερισμού. Αυτοί οι παράγοντες καθιστούν δύσκολο τον έλεγχο της συγκέντρωσης του όζοντος σε όλες τις περιπτώσεις. Τα διαθέσιμα επιστημονικά στοιχεία δείχνουν ότι, σε συγκεντρώσεις που δεν υπερβαίνουν τα πρότυπα δημόσιας υγείας, το όζον είναι γενικά αναποτελεσματικό στον έλεγχο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε εσωτερικούς χώρους. Η συγκέντρωση του όζοντος θα πρέπει να υπερβαίνει κατά πολύ τα πρότυπα υγείας για να είναι αποτελεσματικό στην απομάκρυνση των περισσότερων εσωτερικών ρύπων αέρα.

Επομένως, παρά τους ισχυρισμούς αρκετών κατασκευαστών, όσες συσκευές παράγουν όζον είτε σκόπιμα είτε ως υποπροϊόν, δεν απομακρύνουν τις αιτίες άσθματος από τον αέρα. Αντιθέτως, ασθενείς με άσθμα ή άλλες προϋπάρχουσες καταστάσεις υγείας μπορεί να παρουσιάσουν έντονα συμπτώματα ως αποτέλεσμα της έκθεσης στο όζον και η κατάστασή τους να επιδεινωθεί. Το όζον μπορεί να καλύψει τις οσμές αλλάζοντας τη χημική σύνθεση σωματιδίων ή άλλων αερίων στον αέρα, κάνοντας τον αέρα να φαίνεται καθαρότερος και πιο φρέσκος. Ωστόσο, οι γεννήτριες όζοντος δεν φιλτράρουν πραγματικά τα μικρά σωματίδια που προκαλούν άσθμα. Η εισπνοή του όζοντος, ακόμη και σε μικρές ποσότητες, μπορεί να ερεθίσει τους πνεύμονες. Συγκεκριμένες συνέπειες μπορεί να περιλαμβάνουν ερεθισμό του λαιμού, βήχα, πόνο στο στήθος και δύσπνοια, καθώς και αυξημένο κίνδυνο αναπνευστικών λοιμώξεων.

Οι ιονιστές «απομακρύνουν» τα σωματίδια από τον αέρα, προκαλώντας τα είτε να προσκολληθούν σε κοντινές επιφάνειες ή μεταξύ τους και να εγκατασταθούν “εκτός” αέρα, είτε να δημιουργήσουν ανεπιθύμητο όζον. Κατά τη διάρκεια λειτουργίας της

συσκευής, επιτελείται φόρτιση σε όλα τα σωματίδια που υπάρχουν στον αέρα. Αυτό σημαίνει ότι φορτίζονται μαζί και σωματίδια σκόνης και μικροοργανισμοί που βρίσκονται στον περιβάλλοντα χώρο. Ως εκ τούτου, αρχίζουν να διασκορπίζονται και να συσσωρεύονται σε κάθε είδους επιφάνεια στο χώρο. Τέτοιες επιφάνειες μπορεί να είναι τα ρούχα και το δέρμα των ανθρώπων που βρίσκονται σε άμεση γειτνίαση. Στα αντικείμενα και στους τοίχους γύρω από τον ιονιστή, σχηματίζεται επίστρωση σκόνης ενώ μπορεί να παρατηρείται μια αυξημένη συσσώρευση λάσπης. Σε περίπτωση λοιπόν που δεν συνδυάζεται με υγρό καθαρισμό συχνά, θα «επιστρέψουν» στον αέρα και η επιβλαβής φορτισμένη σκόνη, μπορεί να διεισδύσει εύκολα από την αναπνευστική οδό στους πνεύμονες, προκαλώντας επικίνδυνες ασθένειες.

Κατηγορηματικά, ο ιονισμός δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε χώρους στους οποίους βρίσκονται καρκινοπαθείς, άτομα με άσθμα, με ευαισθησία στο όζον, με ασθένειες του κεντρικού νευρικού συστήματος, με πνευμονία στο οξεικό στάδιο, με ρευματοειδής αρθρίτιδα στο οξεικό στάδιο και άτομα που έχουν χειρουργηθεί πρόσφατα. Δεδομένου ότι τα παραγόμενα σωματίδια ενισχύουν το μεταβολισμό, η «τροφή» των ιστών, συμπεριλαμβανομένων των καρκινικών κυττάρων, επιταχύνεται και τα κύτταρα αρχίζουν να διαιρούνται με αυξημένο ρυθμό. Η αυξημένη θερμοκρασία είναι ακόμα μια αντένδειξη ιονισμού του αέρα. Ο λόγος είναι ο ίδιος - ο αυξημένος μεταβολισμός θα αυξήσει επιπλέον τη θερμοκρασία. Δεν συνιστάται η χρήση της μονάδας σε χώρους όπου υπάρχουν μωρά. Η εύθραυστη ανοσία ενός μικρού παιδιού ενδέχεται να μην είναι έτοιμη για την αυξημένη επίδραση του «καθαρού αέρα», που μπορεί να προκαλέσει τόσο ιογενή λοίμωξη όσο και πολλές άλλες ασθένειες που είναι πολύ επικίνδυνες σε νεαρή ηλικία. Ακόμα, αν σε έναν χώρο όπου χρησιμοποιείται συσκευή καθαρισμού που παράγει όζον, υπάρχει ένα άτομο με αερομεταφερόμενη μολυσματική ασθένεια (που μεταδίδεται μέσω εναέριας οδού/μηχανισμού), ο κίνδυνος μόλυνσης των υγιών ατόμων που θα βρεθούν σε αυτόν, αυξάνεται εκθετικά. Για παράδειγμα, στην παροντική παγκόσμια συνθήκη, με την πανδημία Covid-19, ο ιονισμός είναι ακατάλληλος και απαγορευτικός, καθώς επιταχύνει την εξάπλωση της λοίμωξης σε περιορισμένο χώρο.

Συμπερασματικά, ο ιονισμός είναι επικίνδυνος σε μολυσμένους χώρους. Για αυτό, υπάρχουν χώρες όπου έχει απαγορευθεί η πώληση συσκευών που παράγουν όζον.

Τέλος, μία επιπλέον συνέπεια των ιονιστών που δεν επηρεάζεται μόνο από τη δημιουργία ιόντων όζοντος, είναι ότι από τον αέρα τεχνητά κορεσμένο με ιόντα, ο παράλογος αριθμός αυτών, προκαλεί «λιμοκτονία» των κυττάρων από οξυγόνο, λόγω μειωμένης λειτουργίας των πνευμόνων. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε πονοκέφαλο, αυξημένη κόπωση, κρίσεις άσθματος, κατάθλιψη και άγχος κ.α.

Επιπρόσθετα, το ηλεκτροστατικό υπόβαθρο που δημιουργείται από αρνητικά ιόντα αέρα στο δωμάτιο είναι επίσης επιβλαβές. Υπό την επιρροή του φορτίου του μεταδίδεται τόσο σε συνθετικά αντικείμενα όσο και στο ίδιο το άτομο.

Δεν είναι απολύτως φυσικό για τους ανθρώπινους πνεύμονες. Ένας μεγάλος αριθμός φορτισμένων σωματιδίων μπορεί να είναι επιβλαβής για την αναπνευστική οδό.

Το πρόβλημα αυτό, έγινε προσπάθεια να αντιμετωπισθεί με την αναβάθμιση του μονοπολικού ιονιστή σε διπολικό ιονιστή. Οι κατασκευαστές ισχυρίστηκαν ότι αυτή η συσκευή στερείται των μειονεκτημάτων μιας μονοπολικής. Η λογική που επιδιώχθηκε να υλοποιηθεί ήταν η προσομοίωση της φυσικής διαδικασίας, δηλαδή τη σύνθεση των φυσικών αερίων με περιεκτικότητα τόσο σε θετικά όσο και σε αρνητικά ιόντα. Επιτεύχθηκε η αποτροπή μαγνητοποίησης αντικειμένων με αυτό τον τρόπο, ωστόσο ο δομικός σχεδιασμός δεν επιτρέπει την ταυτόχρονη παραγωγή θετικών και αρνητικών ιόντων αλλά εναλλάξ σε παρτίδες. Οι παραγόμενες συστάδες τους μοιάζουν με σύννεφα. Στο ένα υπάρχουν αποκλειστικά αρνητικά ιόντα, στο άλλο θετικά. Στη φύση, όμως, κινούνται συνεχώς και αναμιγνύονται, αλλά σε έναν κλειστό χώρο αυτό δεν συμβαίνει. Επομένως, απαιτείται έντονος και καλός εξαερισμός του κλειστού χώρου. Σε περίπτωση που κάτι τέτοιο, δεν είναι εφικτό στον επιθυμητό βαθμό, το συγκεκριμένο πρόβλημα συνεχίζει να υφίσταται, ομοίως με τον μονοπολικό ιονιστή.

2.1.2. Μειονεκτήματα φίλτρων αέρα υψηλής απόδοσης (HEPA)

Τα φίλτρα αέρα που αφαιρούν μικρά σωματίδια - όπως τα φίλτρα αέρα υψηλής απόδοσης (HEPA) - είναι αποτελεσματικά στην απομάκρυνση των αλλεργιογόνων από τον αέρα, χωρίς να ακολουθούνται από τις δυσμενείς επιπτώσεις παραγωγής όζοντος. Ωστόσο, οι συσκευές αυτές είναι εξοπλισμένες με φίλτρα, στα οποία, με την πάροδο του χρόνου και της χρήσης τους, συσσωρεύονται σωματίδια.

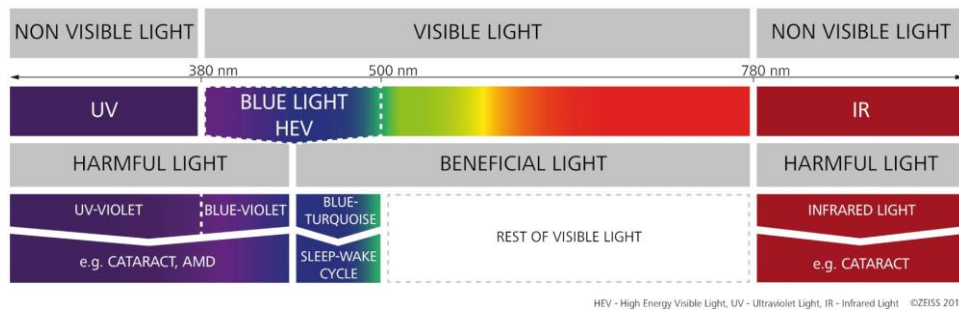
Αρχικά, εκτός του ότι είναι απαραίτητο τα φίλτρα να μπορούν εύκολα να αφαιρεθούν για να απομακρύνεται το ίζημα, επιπρόσθετα, για να λειτουργούν αποτελεσματικά, ο καθαρισμός τους ή η αντικατάστασή τους πρέπει να πραγματοποιείται τακτικά, σύμφωνα με τις οδηγίες των κατασκευαστών. Η συντήρηση είναι ένα μειονέκτημα των περισσότερων συσκευών καθαρισμού αέρα. Η αποδοτικότητά τους εξαρτάται από το πόσο λειτουργικά διατηρούνται τα ανταλλακτικά ή/και τα περιφερειακά εξαρτήματά τους. Πολλοί καθαριστές αέρα βασίζονται στη χρήση αναλώσιμων φίλτρων μιας χρήσης, γεγονός που επιβαρύνει τον ετήσιο προϋπολογισμό πάγιων εξόδων, καθώς επίσης και το ενεργειακό αποτύπωμα της συσκευής. Για μοντέλα που διαθέτουν επαναχρησιμοποιήσιμα δοχεία ή πλάκες για τη συλλογή ρύπων, πρέπει να καθαρίζονται περιοδικά έως και δύο με τρεις φορές εβδομαδιαίως. Επομένως, ο καθαρισμός και η αντικατάσταση των φίλτρων μπορεί να αποδειχθεί δαπανηρή δραστηριότητα καθώς επίσης θα προσθέσει περαιτέρω ευθύνες στο ήδη επιβαρυσμένο πρόγραμμα των νοικοκυριών και επαγγελματικών χώρων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μειώνονται σημαντικά οι πιθανότητες σωστής χρήσης των συσκευών αυτών.

2.1.3. Μειονεκτήματα χρήσης λαμπτήρων UV

Οι ακτίνες UV σε ένα φίλτρο σκοτώνουν τα σωματίδια που περνούν από αυτό. Η τεχνολογία UV συνδυάζεται συνήθως με φίλτρα αέρα για την επίτευξη μέγιστης αποτελεσματικότητας και βέλτιστης ποιότητας αέρα. Τα αποτελέσματα είναι ακόμα πιο εντυπωσιακά, για τον άνθρωπο καθώς το φίλτρο που εφαρμόζει τεχνολογία υπεριώδους

ακτινοβολίας τείνει να σπάσει τα μόρια οξυγόνου και νερού σε όζον και υδροξύλιο. Τα διαλυμένα στοιχεία όμως, θα αντιδράσουν με άλλους ρύπους και θα γίνουν ακόμη πιο επιβλαβή. Οι καθαριστές αέρα με υπεριώδες φως, είναι δυνατόν να είναι αναποτελεσματικοί με ορισμένα σωματίδια που διαθέτουν ισχυρή εξωτερική στοιβάδα.

Η ακτινοβολία UV-A (315 έως 400 nm) και η ακτινοβολία UV-B (280 και 315 nm) έχουν παρόμοια επίδραση στο σώμα. Μπορούν να προκαλέσουν οξεία μεσοπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη βλάβη:



Εικόνα 12: Το φάσμα της ακτινοβολίας UV - <https://www.zeiss.com/vision-care/int/better-vision/health-prevention/the-benefits-and-disadvantages-of-uv-light.html>

Οξεία βλάβη:

Οι ακτίνες UV-A και UV-B μαυρίζουν το δέρμα, αλλά οι υψηλές δόσεις μπορούν να προκαλέσουν ερυθρότητα, εξανθήματα, αλλεργίες ή εγκαύματα. Η ακτινοβολία UV-B μπορεί να προκαλέσει οξεία φωτοκερατίτιδα (UV κερατίτιδα), ένα είδος βλάβης στον κερατοειδή.

Μεσοπρόθεσμη ζημιά:

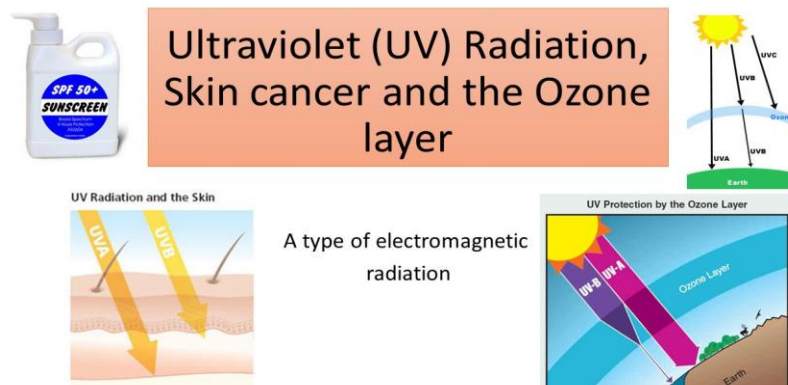
Η υπεριώδης ακτινοβολία μπορεί να οδηγήσει σε επιπεφυκίτιδα, επίσης γνωστή ως «ροζ μάτι», η οποία είναι φλεγμονή του λεπτού διαυγούς ιστού που βρίσκεται πάνω από το λευκό μέρος του ματιού και ευθυγραμμίζει το εσωτερικό του βλεφάρου.

Μακροχρόνια ζημιά:

Η ακτινοβολία UV-A μπορεί να επιταχύνει τη γήρανση του δέρματος (φωτογήρανση) και να αποδυναμώσει την οπτική ικανότητα. Αυξάνει τον κίνδυνο

εκφυλισμού της ωχράς κηλίδας (AMD) που σχετίζεται με την προχωρημένη ηλικία. Υπάρχουν βάσιμα στοιχεία, ότι η υπεριώδης ακτινοβολία προκαλεί καρκίνο του βλεφάρου, προκαλώντας επικίνδυνες αλλαγές στον κερατοειδή που οδηγούν σε καταρράκτη. Έως και το 48% όλων των περιπτώσεων τύφλωσης παγκοσμίως προκαλούνται από καταρράκτη - και περίπου για το 20%, ευθύνεται η υπεριώδης ακτινοβολία για την πρόκληση ή την επιδείνωση της νόσου. Υπάρχουν επίσης δείκτες ότι οι ακτινοβολίες UV-A και UV-B θα μπορούσαν να είναι εν μέρει υπεύθυνες για το μελάνωμα. Η ανάπτυξη των ιστών στον επιπεφυκότα και στην άκρη του κερατοειδούς (pterygium conjunctivae) και το pinguecula είναι τυπικά συμπτώματα υπερβολικής έκθεσης στην υπεριώδη ακτινοβολία.

Οι ασφαλέστερες προτεινόμενες μικροβιοκτόνες συσκευές υπεριώδους φωτός χρησιμοποιούν υπεριώδη ακτινοβολία UVC, που έχει βραχύτερο μήκος κύματος από τις υπεριώδεις ηλιακές ακτινοβολίες UVA και UVB. Το μικρότερο μήκος κύματος της UVC σημαίνει ότι περιέχει σωματίδια φωτός (φωτόνια) υψηλότερης ενέργειας, τα οποία - αντίθετα από ό,τι θα περίμενε κανείς- θεωρούνται ασφαλέστερα, επειδή απορροφώνται πρώτα από πρωτεΐνες στην εξωτερική στοιβάδα των νεκρών κυττάρων του δέρματος, προτού φθάσουν στο DNA των εσωτερικών ζωντανών κυττάρων. Το ηλιακό φως δεν περιέχει UVC, επειδή αυτό το μήκος κύματος υπεριώδους ακτινοβολίας μπλοκάρεται από τη γήινη ατμόσφαιρα. Αυτό το εύρος UV (100 έως 280 nm) μόλις διεισδύει στο δέρμα και τον αμφιβληστροειδή, σε σχετικά μεγάλη δόση, μπορεί να προκαλέσει ερυθρότητα στο δέρμα και επώδυνη φλεγμονή στα μάτια. Η ακτινοβολία UV-C



Εικόνα 13: Διείσδυση UV ακτινοβολίας στο ατμοσφαιρικό όζον και στο ανθρώπινο δέρμα - <https://slideplayer.com/slide/10561909/>

καταστρέφει επίσης τα κύτταρα, για αυτό χρησιμοποιείται σε τεχνητό απολυμαντικό (καταστροφή DNA).

Υπάρχουν αρκετά περαιτέρω μειονεκτήματα, της χρήσης υπεριώδους ακτινοβολίας ως απολυμαντικό. Η απολύμανση/αποστείρωση με την συγκεκριμένη μέθοδο απαιτεί χρόνο, δεν είναι στιγμιαία. Ο χρόνος κυμαίνεται με βάση την απόσταση, τον τύπο και την ενέργεια του λαμπτήρα.

Ωστόσο, δεν είναι πάντα εφικτό, να τοποθετείται σε ιδανική, για την απόδοση του λαμπτήρα, απόσταση ενώ ταυτόχρονα δεν είναι θεμιτή η εφαρμογή του με ανθρώπινη παρουσία, λόγω όσων αναφέρθηκαν παραπάνω.

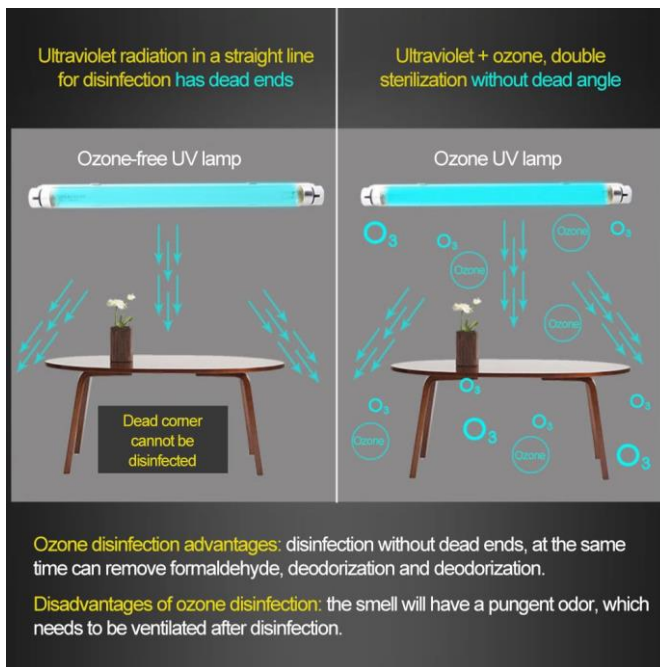
Συνοπτικά, η ακτινοβολία UV-C έχει επίδραση κυρίως στην επιφανειακή στρώση των σωμάτων με τα οποία έρχεται σε επαφή, γεγονός που την καθιστά αναποτελεσματική στην καταστροφή και εξάλειψη ανεπιθύμητων οργανικών φορτίων στο αέρα.

Η χρήση υπεριώδους φωτός μέσα σε σύστημα φιλτραρίσματος HEPA δεν συνιστάται από την υπηρεσία δημόσιας υγείας των ΗΠΑ. Συχνά, θεωρείται ότι το υπεριώδες φως εξαλείφει σχεδόν όλους τους ρύπους και τους ιούς, συμπεριλαμβανομένου του COVID-19, και λειτουργεί ως ένας εξαιρετικός καθαριστής αέρα. Ωστόσο, ο συνδυασμός του υπεριώδους φωτός μέσα σε έναν καθαριστή αέρα διήθησης HEPA μπορεί να έχει περισσότερα μειονεκτήματα από οφέλη και να κατασταθεί πραγματικά επικίνδυνο.

Υπάρχουν πολλοί λόγοι για τους οποίους το υπεριώδες φως ενδέχεται να μην είναι αποτελεσματικό με τα ιικά φορτία. Ένα ζήτημα έγκειται στο πώς κατασκευάζονται οι λαμπτήρες που εκπέμπουν το υπεριώδες φως. Μερικές φορές, ο λαμπτήρας είναι επικαλυμμένος με ένα ειδικό υλικό που μειώνει την εκπομπή UV-C. Αυτό σημαίνει ότι η ένταση θα είναι χαμηλότερη. Για να καταστραφούν τα περισσότερα παθογόνα και βακτήρια, απαιτείται να εκπέμπεται μια αρκετά υψηλή δόση υπεριώδους φωτός. Όταν ο λαμπτήρας δεν είναι αρκετά ισχυρός, η δοσολογία UV είναι ασθενέστερη επιτρέποντας στα βακτήρια και τους ιούς όπως το COVID-19 να παραμείνουν άθικτα.

Σε μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε για τον SARS - στενός συγγενής του COVID-19-, διαπιστώθηκε ότι η έκθεση στο φως UV-A δεν είχε αποτέλεσμα μετά από 15 λεπτά. Ακόμα και με χρήση φωτός UV-C, έχει όρια στις μικροβιοκτόνες δυνατότητές του. Αυτό οφείλεται στην αδυναμία του υπεριώδους φωτός να διεισδύσει σε πολλαπλά στρώματα υλικού διήθησης. Ομοίως, εάν επρόκειτο να χρησιμοποιηθεί UVC ακτινοβολία σε πολύ πιο πυκνή και περίπλοκη επιφάνεια, όπως ένα φίλτρο HEPA, το φως θα ήταν ανίκανο να διεισδύσει σε ινώδεις πτυχές. Τα μικρόβια πρέπει να έχουν άμεση έκθεση στο υπεριώδες φως για να καταστραφούν και κάτι τόσο πυκνό όσο το φίλτρο HEPA καθιστά αδύνατη τη διασφάλιση της ολικής ορατότητας.

Οι καθαριστές φωτός UV και UV-C δεν εξαλείφουν σωματίδια PM και αλλεργιογόνα που βρίσκονται συνήθως στα σπίτια. Συχνά, οι ιοί προσκολλώνται πάνω σε αυτά τα σωματίδια τα οποία περιέχουν αλλεργιογόνα που προκαλούν φτέρνισμα και βήχα μεταδίδοντας έτσι ιούς που προκαλούν ασθένειες, όπως COVID-19.



Εικόνα 14: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χρήσης UV λαμπτήρα σε συνδυασμό με όζον - <https://shopee.com.my/>

διάφορα επίπεδα όζοντος, του οποίου τα αρνητικά παρουσιάστηκαν εκτενώς στις προηγούμενες παραγράφους.

Ένα ακόμη αρνητικό, είναι ότι η πλειονότητα των λαμπτήρων UV που χρησιμοποιούνται για την απολύμανση των κλειστών χώρων περιέχουν υδράργυρο. Εάν ο λαμπτήρας σπάσει, ο πολύ τοξικός υδράργυρος θα απελευθερωθεί δημιουργώντας πολύ περισσότερα προβλήματα από όσα θετικά είχε προσφέρει.

Τέλος, εξίσου σημαντικό πρόβλημα των λαμπτήρων UV αποτελεί το γεγονός ότι εκπέμπουν

2.2. Φίλτρο αέρα υψηλής τάσης

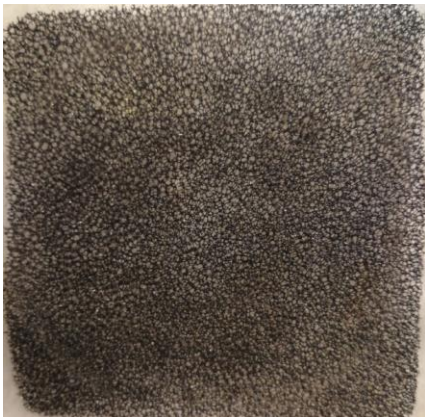
Τα παραπάνω θέτουν επιτακτικά την ανάγκη για αναζήτηση νέων τεχνολογιών για την απολύμανση του αέρα σε εσωτερικούς χώρους, οι οποίες δεν θα συνοδεύονται από τις παρελκόμενες αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και τον άνθρωπο.



Εικόνα 15: Συσκευή φίλτρου υψηλής τάσης – www.enellas.com

Σε αυτή την εργασία παρουσιάζεται εκτενώς μία καινοτόμος μέθοδος απαλλαγής από τα ανεπιθύμητα επιβλαβή οργανικά φορτία που βρίσκονται και συσσωρεύονται σε εσωτερικούς χώρους.

2.2.1. Περιγραφή διάταξης



Εικόνα 16: Φωτογραφία εξωτερικού φίλτρου της συσκευής

Το φίλτρο αέρα υψηλής τάσης αποτελείται από μία διάταξη πλεγμάτων αλουμινίου, η οποία λειτουργεί με υψηλή τάση, μία πλακέτα υψηλής τάσης, έναν ανεμιστήρα και ένα εξωτερικό φίλτρο.

Αρχικά, το εξωτερικό φίλτρο, όπως αυτό φαίνεται στην παρακάτω φωτογραφία, συγκρατεί τα μεγαλύτερα σωματίδια ώστε να μην εισέρχονται στο εσωτερικό της συσκευής.

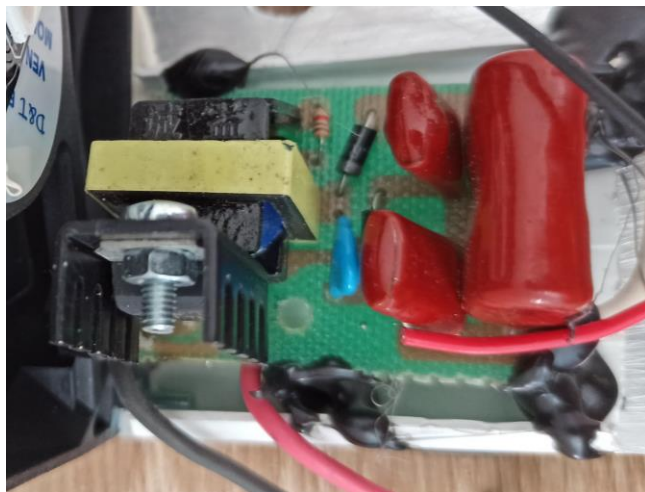
Ακολουθεί, ένας ανεμιστήρας, ο οποίος επιτελεί βίαιη προσαγωγή του αέρα εντός της διάταξης των πλεγμάτων.



Εικόνα 17: Φωτογραφία ανεμιστήρα συσκευής

Η συσκευή τροφοδοτείται από το δίκτυο με 220V με τροφοδοτικό που δίνει έξοδο 12V σταθερής τάσης, ώστε να θεωρείται ασφαλές για οικιακές και επαγγελματικές εγκαταστάσεις - η ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα της συσκευής παρουσιάζεται εκτενέστερα στο τρίτο κεφάλαιο – ενώ η ρύθμιση της διάταξης των πλεγμάτων γίνεται από πλακέτα υψηλής τάσης. Η πλακέτα, ουσιαστικά υλοποιεί ένα κύκλωμα ανορθωτή τάσης.

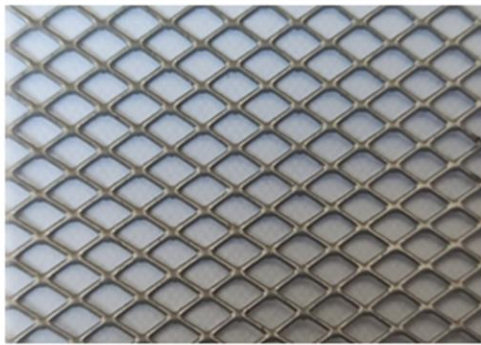
Η τιμή που τελικά αποδίδει η πλακέτα στη συστοιχία των πλεγμάτων μπορεί να κυμαίνεται από 400V έως 4000kV. Η τάση με την οποία φορτίζονται τα φύλλα είναι ανάλογη της δυναμικής που αναμένεται να έχει το φίλτρο αλλά και των φορτίων που



Εικόνα 18: Φωτογραφία πλακέτας υψηλής τάσης

δύναται να εξαλείψει, όπως θα εξηγηθεί παρακάτω.

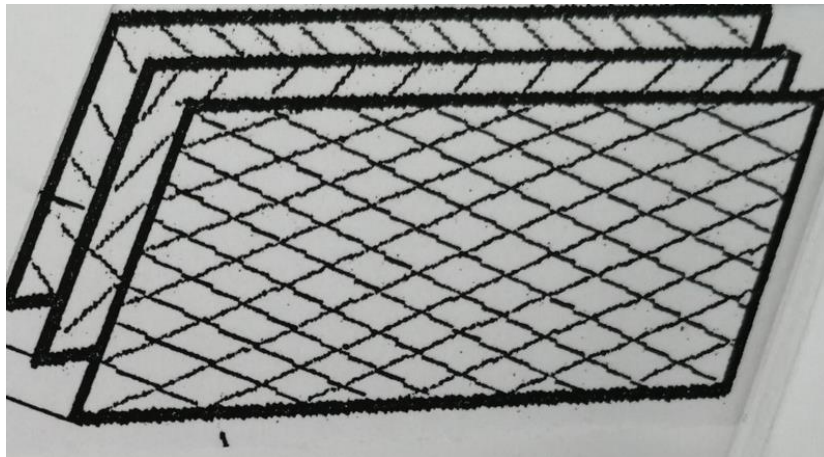
Τέλος, η συστοιχία των πλεγμάτων, τα οποία είναι εναλλάξ αντίθετα φορτισμένα, παράλληλα και διάτρητα. Είναι κατασκευασμένα από αλουμίνιο έτσι ώστε να μην οξειδώνονται υπό την ύπαρξη υγρασίας.



Εικόνα 19: Φωτογραφία διάτρητου πλέγματος αλουμινίου

Απαιτούνται τουλάχιστον δύο πλέγματα, τοποθετημένα παράλληλα, ούτως ώστε να δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο εξαιτίας της διαφοράς δυναμικού μεταξύ τους, αλλά μπορούν να προστεθούν επιπλέον πλέγματα, για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας του φίλτρου. Έτσι, με αυτόν τον τρόπο μπορούν να προστεθούν επιπλέον στάδια φιλτραρίσματος στη διάταξη,

ενισχύοντας την αποτελεσματικότητά της. Η πατέντα η οποία παρουσιάζεται, αποτελείται από 3 πλέγματα αλουμινίου. Το πρώτο είναι αρνητικά φορτισμένο, το ενδιάμεσο θετικά ενώ το τρίτο πάλι αρνητικά.



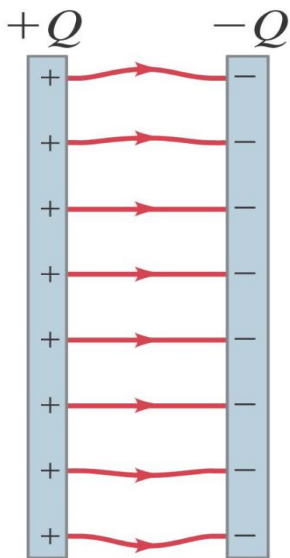
Εικόνα 20: Απεικόνιση συστοιχίας τριών πλεγμάτων

Στη συγκεκριμένη πατέντα, το κάθε πλέγμα απέχει από το επόμενο 3mm. Οι οπές τους, είναι 2x4 mm, ώστε να επιτρέπεται η είσοδος των σωματιδίων και μικροοργανισμών, εντός της διάταξης. Αυτά τα μεγέθη, δεν είναι περιοριστικά, μπορούν να παραμετροποιηθούν, διατηρώντας όμως την αρχική λογική της καινοτομίας.

Η εν λόγω διάταξη μπορεί να συνδυαστεί με άλλες ήδη γνωστές τεχνικές για μέγιστη αποτελεσματικότητα. Είναι δυνατό επίσης, να εφαρμοστεί σε κοινή συσκευή, ένας ανεμιστήρας ο οποίος να ωθεί τον αέρα στο εσωτερικό του φίλτρου υψηλής τάσης.

2.2.2. Λειτουργία

Σε αυτό το σημείο προσεγγίζονται οι φυσικοί και μηχανικοί νόμοι που διέπουν τη διάταξη δύο πλεγμάτων αλουμινίου αντίθετα φορτισμένων και τον τρόπο λειτουργίας τους ως φίλτρα υψηλής τάσης οργανικών φορτίων. Η περιγραφή αυτή, μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε επόμενη δυάδα πλεγμάτων, μεταξύ των οποίων δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο, λόγω της διαφοράς δυναμικού μεταξύ τους.

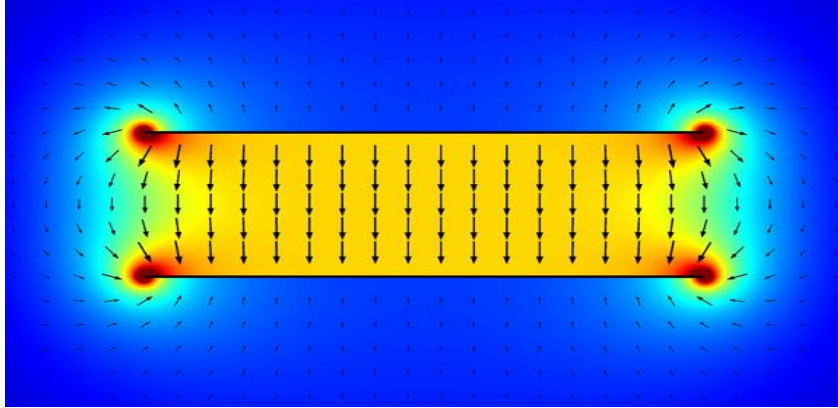


Εικόνα 21: Δημιουργία πεδίου ανάμεσα από σπλισμούς

Οι διαστάσεις των πλεγμάτων, αρχικά, θα θεωρηθούν άπειρες, καθώς είναι τάξης μεγέθους μεγαλύτερες από την απόσταση μεταξύ τους. Οι σπές επίσης μπορούν να αγνοηθούν, λόγω μεγέθους, καθώς δεν επηρεάζουν ούτε την κατανομή φορτίου κατά μήκος και πλάτος του πλέγματος ούτε κατ' επέκταση την ένταση του δυναμικού πεδίου που δημιουργείται. Επομένως, στο εξής τα πλέγματα θα αναφέρονται ως φορτισμένα φύλλα απείρων διαστάσεων.

Το ένα φύλλο λοιπόν είναι θετικά φορτισμένο, ενώ το άλλο αρνητικά. Το φορτίο είναι ομοιόμορφα κατανεμημένο σε όλη την επιφάνεια των φύλλων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου στην περιοχή ανάμεσα τους.

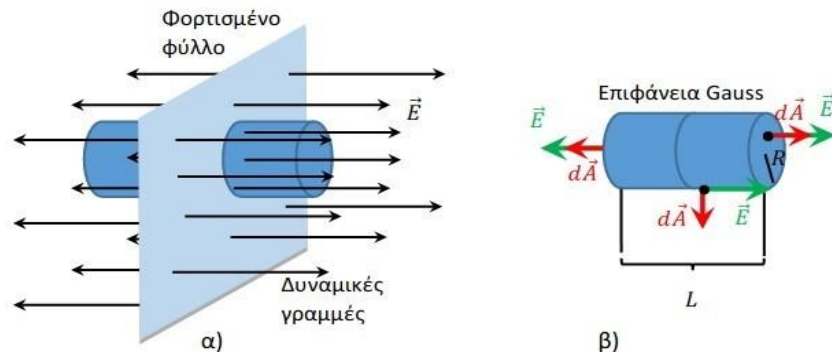
Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται είναι σταθερή κατά μέτρο και κατεύθυνση, οι δε δυναμικές γραμμές είναι παράλληλες και ισαπέχουσες με φορά από τον θετικό προς τον αρνητικό σπλισμό. Οι δυναμικές γραμμές δηλώνουν και τη διεύθυνση του πεδίου καθώς είναι εφαπτόμενο σε αυτές. Η πυκνότητα των γραμμών είναι ανάλογη της έντασης του πεδίου, το πλήθος τους είναι ανάλογο του μεγέθους του δυναμικού και η κατεύθυνση κάθετη στο επίπεδο των φύλλων.



Εικόνα 22: Κατανομή, ένταση, πυκνότητα δυναμικών γραμμών δύο αντίθετα φορισμένων επιφανειών - <http://www.drjamesnagel.com/notes/Nagel%20-%20Numerical%20Poisson.pdf>

2.2.3. Υπολογισμός έντασης ηλεκτρικού πεδίου

Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται από μία επιφάνεια απείρων διαστάσεων με ομοιόμορφη κατανομή φορτίου σ , υπολογίζεται με τον νόμο του Gauss, χρησιμοποιώντας μια δοκιμαστική επιφάνεια, την επιφάνεια Gauss, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 23: Υπολογισμός της έντασης ηλεκτρικού πεδίου με δοκιμαστική επιφάνεια Gauss - ΦΥΣΙΚΗ ΙΙ, Δ. ΚΟΥΖΟΥΔΗΣ - Π. ΠΕΤΡΙΔΗΣ

Ένταση ηλεκτρικού πεδίου ομοιόμορφης επιφανειακής πυκνότητας σ :

Υπάρχει επιφανειακή συμμετρία. Επιλέγεται κυλινδρική κλειστή επιφάνεια Gauss. Λόγω συμμετρίας το ηλεκτρικό πεδίο είναι σταθερό, σε οποιοδήποτε σημείο μακριά από το πεδίο.

Από αυτό συνεπάγεται ότι

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$
$$\int_{B_1} \vec{E} \cdot d\vec{A} + \int_{B_2} \vec{E} \cdot d\vec{A} + \int_{\pi} \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$
$$\int_{B_1} E \cdot dA + \int_{B_2} E \cdot dA + 0 = \frac{Q}{\epsilon_0}$$
$$2E\pi R^2 = \frac{Q}{\epsilon_0} \quad (1)$$

Όπου

E: ένταση ηλεκτρικού πεδίου

A: κυλινδρική κλειστή επιφάνεια Gauss

$d\vec{A}$: διάνυσμα στοιχειώδους επιφάνειας Gauss

Q: περικλειόμενο φορτίο στην επιφάνεια A

ϵ_0 : διηλεκτρική σταθερά κενού (αέρα)

R: ακτίνα βάσης κυλινδρικής επιφάνειας

Όμως

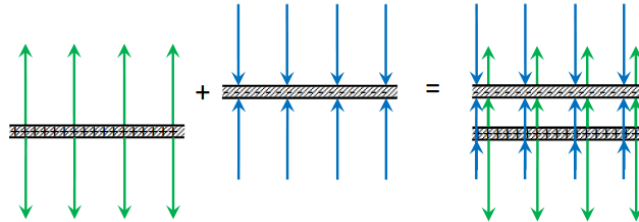
$$Q = \sigma\pi R^2 \quad (C) \quad (2)$$

Άρα

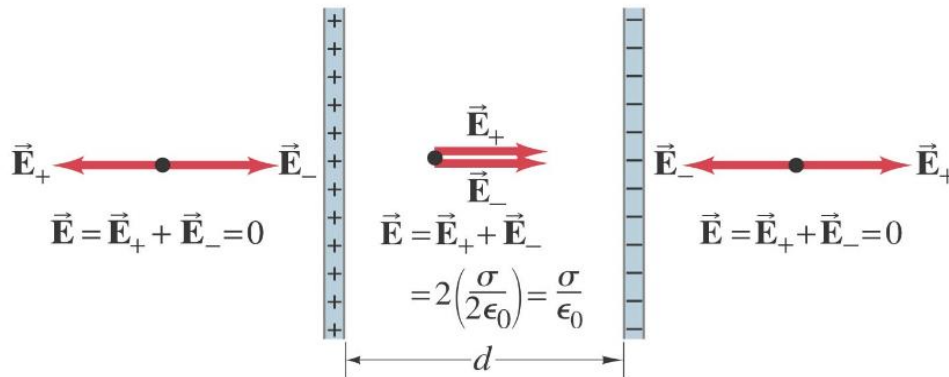
$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \quad (N/C \text{ ή } V/m) \quad (3)$$

Αναγωγικά, το ηλεκτρικό πεδίο που σχηματίζουν δύο παράλληλα φύλλα με ίσο και αντίθετο φορτίο που απέχουν απόσταση d η οποία είναι πολύ μικρότερη από τις

διαστάσεις των φύλλων, υπολογίζεται με τη μέθοδο της επαλληλίας. Το ένα φύλλο έχει ομοιόμορφο φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας σ και το άλλο $-\sigma$. Επομένως, όπως φαίνεται παρακάτω, στο εσωτερικό η ένταση διπλασιάζεται, ενώ στο εξωτερικό αλληλοαναιρούνται.



Εικόνα 24: Δυναμικές γραμμές εσωτερικά και εξωτερικά δύο σπλισμών αντίθετα φορισμένων - ΦΥΣΙΚΗ ΙΙ, Δ. ΚΟΥΖΟΥΔΗΣ - Π. ΠΕΤΡΙΔΗΣ



Εικόνα 25: Πεδίο εσωτερικά και εξωτερικά δύο σπλισμών αντίθετα φορισμένων - <https://quizlet.com/be/512712139/fysica-ii-flash-cards>

Τα διανύσματα της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου είναι όπως φαίνονται στην παραπάνω εικόνα, επομένως προκύπτουν τα εξής:

εσωτερικά των φύλλων:

$$\vec{E} = \vec{E}_+ + \vec{E}_- = 2 \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \quad (N/C) \quad (4)$$

εξωτερικά των φύλλων:

$$\vec{E} = \vec{E}_+ + \vec{E}_- = 0 \quad (5)$$

Από τον τύπο ορισμού του δυναμικού Φ σε ηλεκτροστατικό πεδίο:

$$\vec{E} = -\nabla\Phi \quad (6)$$

$$\oint \vec{E} \, d\vec{l} = V \quad (7)$$

$$\int_0^d \frac{\sigma}{\epsilon_0} \hat{x} \hat{x} \, dx = V$$

$$\frac{\sigma d}{\epsilon_0} = V \quad (8)$$

Άρα:

$$E = \frac{V\epsilon_0}{d\epsilon_0} = \frac{V}{d} \quad (V/m) \quad (9)$$

Όπου

Φ : δυναμικό στον τρισδιάστατο χώρο

d : στοιχειώδες μήκος πάνω στην ευθεία ολοκλήρωσης

Επομένως, η τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται όταν η διάταξη φορτιστεί με τάση 400V – 4000kV ισούται με:

$$E = \frac{V}{d} = \frac{400V - 4000kV}{3mm} = 133k - 1,3G \, V/m \quad (10)$$

2.2.4. Η δύναμη που ασκεί το ηλεκτρικό πεδίο

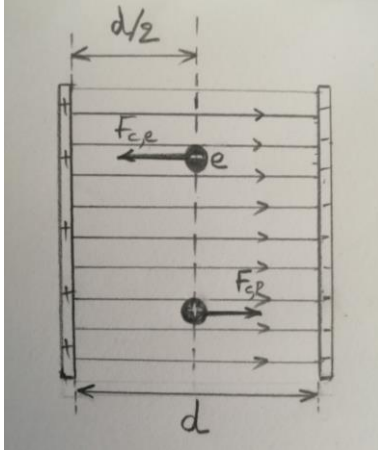
Η δύναμη η οποία ασκείται σε ένα σωματίδιο με φορτίο q που βρίσκεται ή εισέρχεται σε ομοιογενές πεδίο E είναι σταθερή και έχει μέτρο ίσο με :

$$\vec{F} = \vec{E} q \quad (N) \quad (11)$$

Όπου

F : δύναμη πεδίου που ασκείται σε φορτίο q

Η δύναμη έχει τη φορά της έντασης του πεδίου αν το φορτίο είναι θετικό και αντίθετη αν το φορτίο είναι αρνητικό. Στον υπολογισμό του μέτρου της δύναμης το φορτίο αντικαθίσταται χωρίς το πρόσημό του.



Συνεπάγεται, ότι η δύναμη που ασκεί το πεδίο της διάταξης, ισούται με :

$$\vec{F} = (133k - 1,3G)q \quad (12)$$

Εικόνα 26: Δυνάμεις σε φορτισμένα σωματίδια μέσα σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο

2.2.5. Ενέργεια ηλεκτρικού πεδίου

2.2.5.1. Θεωρητική προσέγγιση

ενέργεια ηλεκτρικού πεδίου :

$$w_e = \frac{1}{2} \varepsilon_0 |\vec{E}|^2 \quad (J/m^3) \quad (13)$$

$$W_e = \int_0^d w_e dx = d \frac{1}{2} \varepsilon_0 \frac{\sigma^2}{\varepsilon_0^2} = \frac{\sigma^2 d}{2\varepsilon_0} \quad (J/m^2) \quad (14)$$

Όπου

w_e : πυκνότητα ενέργειας ηλεκτρικού πεδίου

W_e : ενέργεια ηλεκτρικού πεδίου ανά μονάδα τετραγωνικού μέτρου

2.2.5.2. Πρακτική προσέγγιση

Τα δύο φύλλα αλουμινίου, αντίθετα φορτισμένα, τοποθετημένα παράλληλα μεταξύ τους συστήνουν ένα σύστημα δύο γειτονικών αγωγών. Ο αέρας που παρεμβάλλεται είναι μονωτής. Συλλογιστικά, η συγκεκριμένη διάταξη, κυκλωματικά μπορεί να θεωρηθεί ως ένας πυκνωτής.

Επομένως, έχουμε :

Ενέργεια πυκνωτή

$$C = \varepsilon_0 \frac{A}{d} \quad (F) \quad (15)$$

$$\frac{1}{2} C V^2 = W_e \quad (J) \quad (16)$$

Ενέργειας πυκνωτή ανά μονάδα τετραγωνικού μέτρου

$$\frac{C}{A} = \frac{\varepsilon_0}{d} \quad (F/m^2) \quad (17)$$

Άρα

$$W_e = \frac{1}{2} \frac{C}{A} V^2 \quad (J/m^2) \quad (18)$$

Όπου

C: χωρητικότητα πυκνωτή

W_e : ενέργεια πυκνωτή

A: εμβαδόν οπλισμών πυκνωτή

Όσο μεγαλύτερες είναι οι διαστάσεις των φύλλων/οπλισμών, τόσο περισσότερο συγκλίνουν τα αποτελέσματα των δύο προσεγγίσεων

2.2.6. Διπολική ροπή, διαμοριακές και ενδομοριακές δυνάμεις

Καθώς το μέγεθος της ενέργειας του πεδίου και της δύναμης που ασκείται σε κάποιο σωματίδιο που εισέρχεται στην εν λόγω διάταξη είναι υπέρμετρο, είναι δυνατό να περάσουμε σε μικροσκοπικό μοριακό επίπεδο, όπου η δύναμη μπορεί να δράσει στα επιμέρους μόρια των στοιχείων αυτών.

Ενδομοριακές δυνάμεις ονομάζονται οι δυνάμεις που συγκρατούν τα άτομα στα μόρια των στοιχείων ή των ενώσεων. Με άλλα λόγια, είναι οι δεσμοί που αναπτύσσονται μεταξύ των ατόμων και των ιόντων σε μια καθαρή χημική ουσία εντός του μορίου ή του πλέγματος. Αυτοί οι δεσμοί συγκρατούν τα άτομα σε συγκεκριμένες θέσεις μεταξύ τους μέσα στο μόριο ή το πλέγμα. Οι ενδομοριακές δυνάμεις, όταν πρόκειται για μόρια, δεν αλλάζει η συγκρατική δράση τους στις αλλαγές φάσης ενός υλικού.

Υπάρχουν τρία είδη ενδομοριακών δυνάμεων:

- ιοντικός δεσμός
- ομοιοπολικός δεσμός
- μεταλλικός δεσμός

Το είδος του δεσμού καθορίζεται από την κατανομή των ηλεκτρονίων μέσα στο υλικό.

Στον ιοντικό δεσμό κάποια ηλεκτρόνια μεταπηδούν από κάποια άτομα σε κάποια άλλα, ώστε να σχηματίζονται ιόντα. Οι ελκτικές ενδομοριακές δυνάμεις που συγκρατούν τα ιόντα είναι δυνάμεις Κουλόμπ. Οι ουσίες των οποίων τα άτομα συγκρατούνται από ιοντικούς δεσμούς σχηματίζουν ιοντικά πλέγματα.

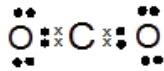
Στον ομοιοπολικό δεσμό κάποια ηλεκτρόνια ανήκουν από κοινού σε δύο άτομα, ώστε να επικαλύπτονται τα ατομικά τροχιακά σχηματίζοντας μοριακά τροχιακά.

Τουτέστιν, σχηματίζεται μμεταξύ ατόμων, αμοιβαία συνεισφορά ενός ή περισσοτέρων ηλεκτρονίων με αποτέλεσμα τα άτομα που συνδέονται να κατέχουν από κοινού ένα, δύο ή τρία κοινά ζεύγη ηλεκτρονίων. Οι ουσίες των οποίων τα άτομα συγκρατούνται από ομοιοπολικούς δεσμούς σχηματίζουν μόρια ή ομοιοπολικά πλέγματα.

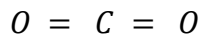
Στο μεταλλικό δεσμό τα ηλεκτρόνια ανήκουν από κοινού σε όλα τα άτομα, δηλαδή είναι ελεύθερα, ενώ τα άτομα γίνονται κατιόντα. Οι ουσίες των οποίων τα άτομα συγκρατούνται από μεταλλικό δεσμό σχηματίζουν μεταλλικό πλέγμα.

Στις ετεροπολικές ενώσεις οι ενδομοριακές δυνάμεις είναι ισχυρές ηλεκτροστατικές δυνάμεις που συγκρατούν ιόντα στους στερεούς κρυστάλλους. Στις ομοιοπολικές είναι δυνάμεις ηλεκτρομαγνητικής φύσεως που συγκρατούν άτομα.

Για παράδειγμα, το διοξείδιο του άνθρακα ανήκει στην κατηγορία των ομοιοπολικών ενώσεων και ο ηλεκτρονικός τύπος του είναι:



Αυτός μας δίνει την πληροφορία για τον σχηματισμό των ομοιοπολικών ενώσεων του διοξειδίου του άνθρακα, όπως και για την κατανομή των ηλεκτρονίων σθένους του μορίου. Μπορούμε επίσης να το αναπαραστήσουμε με τον συντακτικό τύπο της χημικής ένωσης:



Στη φυσική, η ηλεκτρική διπολική ροπή αποτελεί ένα μέτρο της πόλωσης ενός συστήματος ηλεκτρικών φορτίων. Ορίζουμε την ηλεκτρική διπολική ροπή p που έχει φορτία $+q$ και $-q$ ως

$$\vec{p} = q \vec{r} \quad (19)$$

όπου

r : το διάνυσμα από το αρνητικό στο θετικό φορτίο

Από τη στιγμή που το r είναι διάνυσμα με συγκεκριμένη διεύθυνση, το ίδιο ισχύει και για την p .

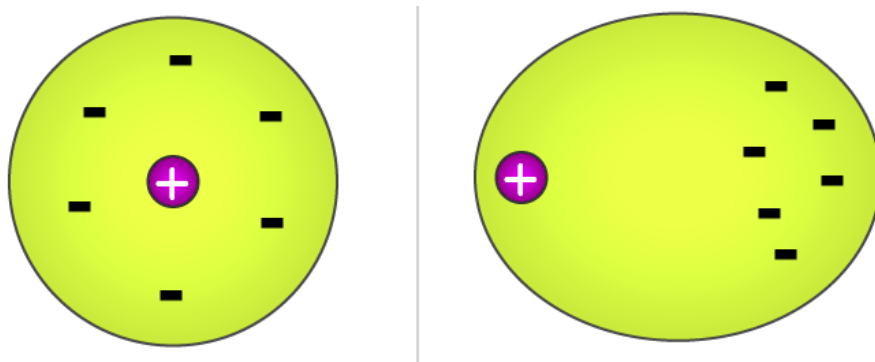
Η διπολική ροπή δεσμού χρησιμοποιεί την ιδέα της ηλεκτρικής διπολικής ροπής για να μετρήσει την χημική πολικότητα ενός χημικού δεσμού μέσα σε ένα μόριο. Μετράει ποσοτικά το διαχωρισμό ενός μερικώς θετικού (συμβολίζεται ως δ^+) από ένα μερικώς αρνητικό φορτίο (συμβολίζεται ως δ^-) μέσα σε ένα δεσμό ή ένα μόριο. Όταν το θετικό και το αρνητικό φορτίο μεγέθους δ απέχουν μεταξύ τους απόσταση l τότε η διπολική ροπή μ , δίνεται από τη σχέση:

$$\mu = \delta \cdot l \quad (20)$$

Το μέτρο της διπολικής ροπής για τα περισσότερα μόρια είναι της τάξης του 10^{-30} C·m και γι' αυτό είναι πιο βολικό να δίνεται το μέτρο της διπολικής ροπής σε μονάδες Debye (D) όπου $1D = 3.336 \times 10^{-30}$ C·m. Κατά σύμβαση, το διάνυσμα της διπολικής ροπής έχει φορά από το αρνητικό προς το θετικό φορτίο του δίπολου.

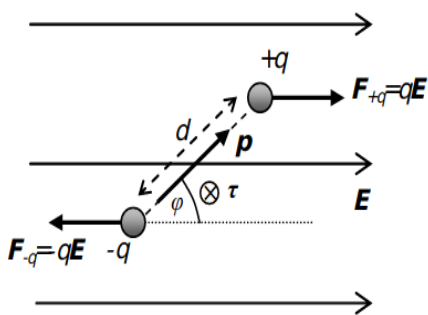
Η πολικότητα των μορίων, μέτρο της οποίας είναι η διπολική ροπή, έχει ιδιαίτερη σημασία διότι σχετίζεται και εξηγεί την εμφάνιση φυσικών ιδιοτήτων, όπως τη διαλυτότητα και τις διαμοριακές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μορίων.

Όταν ένα διάλυμα πολικών μορίων τοποθετηθεί ανάμεσα σε δύο αντίθετα φορτισμένες πλάκες, τότε τα μόρια τείνουν να ευθυγραμμιστούν παράλληλα προς την κατεύθυνση του πεδίου. Συγκεκριμένα, τα αρνητικά τους άκρα στρέφονται προς τη θετική πλάκα, ενώ τα θετικά τους άκρα προς την αρνητική πλάκα.



Εικόνα 27: Προσανατολισμός φορτίων σωματιδίου εντός ηλεκτρικού πεδίου

Σε ένα πολυατομικό μόριο κάθε δεσμός μπορεί να είναι δίπολο. Ο προσανατολισμός αυτών των επιμέρους διπόλων καθορίζει εάν υπάρχει και πόση είναι η διπολική ροπή για όλο το μόριο συνολικά. Όταν τα μόρια, που δεν διαθέτουν μόνιμη ηλεκτρική ροπή, βρεθούν κάτω από την επίδραση ηλεκτρικού πεδίου, τα θετικά και αρνητικά φορτία μετατοπίζονται κατά αντίθετες φορές, τα κέντρα τους παύουν να συμπίπτουν και έτσι επάγεται εκ μέρους του πεδίου ηλεκτρική ροπή.



Εικόνα 28: Ηλεκτρική ροπή εντός πεδίου -
Δημήτριος Βλάχος, Βασικά Στοιχεία
Ηλεκτρομαγνητισμού

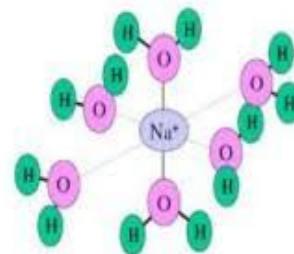
Ηλεκτρικό δίπολο μέσα σε ομογενές εξωτερικό πεδίο. Το ζεύγος των ηλεκτρικών δυνάμεων που ασκεί το πεδίο στα ηλεκτρικά φορτία, δημιουργεί ηλεκτρική διπολική ροπή που τείνει να ευθυγραμμίσει το δίπολο με τις δυναμικές γραμμές του πεδίου (βλ. το κείμενο).

Το δίπολο δεσμού προτυποποιείται ως $+δ - δ-$ με μια απόσταση d μεταξύ των μερικών φορτίων $+δ$ και $δ-$. Είναι ένα διάνυσμα, παράλληλο προς τον άξονα των δεσμών, που δείχνει από το συν στο πλην.



Αυτό το διάνυσμα μπορεί να ερμηνευτεί φυσικά ως η κίνηση που υφίστανται από τα ηλεκτρόνια, όταν τα δύο άτομα

τοποθετούνται σε απόσταση d μεταξύ τους και τους επιτρέπεται να αλληλεπιδράσουν, τότε τα ηλεκτρόνια θα μετακινηθούν από τις θέσεις ελεύθερης κατάστασης τους σε πιο εντοπισμένες γύρω από το πιο ηλεκτραρνητικό άτομο. Για διατομικά μόρια υπάρχει μόνο ένας (απλός ή πολλαπλός) δεσμός, έτσι ώστε η διπολική ροπή δεσμού να είναι η μοριακή διπολική ροπή, με τυπικές τιμές στην περιοχή των 0 έως 11 D. Στο ένα άκρο, ένα συμμετρικό μόριο όπως το χλώριο Cl_2 , έχει μηδενική διπολική ροπή, αντίθετα, η αέρια



Εικόνα 29: Το κατιόν του Νατρίου στο νερό -
<http://www.whatischemistry.unina.it/it/hphil.html>

φάση του βρωμιούχου καλίου KBr, που είναι εξόχως ιονικό, έχει μια διπολική ροπή της τάξης των 10,5 D.

Για πολυατομικά μόρια υπάρχουν περισσότεροι από έναν δεσμοί και η συνολική μοριακή διπολική ροπή μπορεί να προσεγγιστεί ως το διανυσματικό άθροισμα των μεμονωμένων διπολικών ροπών των δεσμών. Συχνά τα δίπολα δεσμού λαμβάνονται με την αντίστροφη διεργασία: ένα γνωστό συνολικό δίπολο ενός μορίου μπορεί να αποσυντεθεί σε δίπολα δεσμού. Αυτό γίνεται για να μεταφερθούν οι διπολικές ροπές δεσμού στα μόρια που έχουν τους ίδιους δεσμούς, αλλά για τα οποία η συνολική διπολική ροπή δεν είναι ακόμα γνωστή. Το διανυσματικό άθροισμα των μεταφερόμενων διπόλων δεσμού δίνει μια εκτίμηση για το συνολικό (άγνωστο) δίπολο του μορίου.

Το δίπολο δεσμού είναι δύο άτομα σε έναν δεσμό, τέτοια ώστε η ηλεκτραρνητικότητα του ενός ατόμου να προκαλεί μεταφορά ηλεκτρονίων προς το άλλο, προκαλώντας ένα μερικό αρνητικό φορτίο. Υπάρχει συνεπώς μια διαφορά στην πολικότητα κατά μήκος του δεσμού, που προκαλεί μια διπολική ροπή.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, τα δυο φορτία να τείνουν να απομακρυνθούν μεταξύ τους. Εφόσον όμως η απόσταση d μεταξύ των φορτίων παραμένει σταθερή, το δίπολο αναγκαστικά περιστρέφεται γύρω από έναν άξονα περιστροφής, ο οποίος περνά κάθετα από το μέσον της απόστασης d . Η περιστροφή αυτή είναι συνέπεια της δράσης του ζεύγους δυνάμεων F και $-F$, οι οποίες ούσες μη συγγραμμικές, ασκούν μια ροπή επάνω στο δίπολο, το οποίο τελικά ευθυγραμμίζεται με το διάνυσμα του πεδίου E . Από την Μηχανική, είναι γνωστό ότι η ροπή που ασκεί μια δύναμη F σε απόσταση r από το σημείο στρέψης του άξονα περιστροφής, ορίζεται από το εξωτερικό γινόμενο :

$$\tau = r \times F = rF \sin \varphi \hat{n} \quad (21)$$

Όπου

r : η απόσταση από το εξεταζόμενο σημείο του σημείου εφαρμογής της δύναμης

F : η ασκούμενη δύναμη

Δεν υπάρχει πάντα η δυνατότητα να προβλέπονται τα αποτελέσματα της επίδρασης ηλεκτρικού πεδίου στα δίπολα μόρια. Η προβλεπτική ικανότητα είναι περιορισμένη καθώς δεν είναι δυνατό να αναλυθούν εύκολα οι αλλαγές στα χαρακτηριστικά των χημικών δεσμών (π.χ. το μήκος και την ισχύ των δεσμών) και στα κέντρα των φορτίων μέσα στο μόριο λόγω της επίδρασης ηλεκτρικού πεδίου με ένταση η οποία μπορεί να είναι από πολύ ασθενής ως πολύ ισχυρή και προσανατολισμό ευνοϊκό ή μη ευνοϊκό για το δίπολο μόριο.

Όσο μεγαλύτερο είναι το μόριο (και επομένως μεγαλύτερος ο αριθμός των ηλεκτρονίων του) τόσο μεγαλύτερη η ικανότητα πόλωσής του.

Ένας τρόπος για να γίνει πρόβλεψη του είδους του δεσμού μεταξύ δύο ατόμων είναι να υπολογίσουμε το μέτρο της πολικότητας που αναμένεται για τον δεσμό. Αυτό προκύπτει από την απόλυτη διαφορά της ηλεκτραρνητικότητας των δύο συνδεδεμένων ατόμων, όπου ηλεκτραρνητικότητα είναι το μέτρο της ικανότητας ενός ατόμου που βρίσκεται ενωμένο σε μόριο να έλκει προς το μέρος του δεσμικά ηλεκτρόνια. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι ηλεκτραρνητικότητες των στοιχείων κατά Pauling βάσει ενεργειών δεσμών (μέσες τιμές).

Li 1,0	Be 1,5	B 2,0	C 2,5	N 3,0	O 3,5	F 4,0
Na 0,9	Mg 1,2	Al 1,5	Si 1,8	P 2,1	S 2,5	Cl 3,0
K 0,8	Ca 1,0	Ga 1,6	Ge 1,8	As 2,0	Se 2,4	Br 2,8
Rb 0,8	Ba 1,0	In 1,7	Sn 1,8	Sb 1,9	Te 2,1	I 2,5
Cs 0,7						

Εικόνα 30: οι ηλεκτραρνητικότητες των στοιχείων κατά Pauling βάσει ενεργειών δεσμών (μέσες τιμές) - <https://klouras.chem.upatras.gr/attachments/article/34/9B%2832%29%20Covalent%20Bonds.pdf>

Όταν η διαφορά είναι πολύ μεγάλη (≥ 2) θεωρείται ιοντικός δεσμός, ενώ όταν είναι μικρότερη του 1,5 θεωρείται ομοιοπολικός.

2.2.7. Ενέργεια ή ενθαλπία δεσμού (BE ή D)

Ενθαλπία δεσμού (bond enthalpy) ονομάζεται, στη χημεία, το μέτρο της δύναμης που ασκείται σε έναν χημικό δεσμό. Ως ενέργεια δεσμών ορίζεται, η μέση τιμή των ενεργειών διάσπασης ενός δεσμού στην αέρια φάση, συνήθως στη θερμοκρασία των 298 K (βαθμών Kelvin), για όλους τους δεσμούς ίδιου τύπου, μέσα στο ίδιο χημικό είδος.

Ενέργεια του δεσμού A–B, είναι η μέση μεταβολή ενθαλπίας για τη διάσπαση ενός δεσμού A–B που υπάρχει σε μόριο ευρισκόμενο στην αέρια φάση. Η ενέργεια δεσμού είναι μέτρο της ισχύος του δεσμού, όσο μεγαλύτερη η ενέργεια δεσμού, τόσο ισχυρότερος ο χημικός δεσμός.

Ο τύπος υπολογισμού της μέσης μεταβολής ενθαλπίας (ΔH), δίνεται από την κάτωθι εξίσωση:

$$\Delta H = \Delta U + P\Delta V \quad (22)$$

Όμως

$$\Delta U = q + W \quad (23)$$

και

$$W = -P\Delta V \quad (24)$$

Άρα

$$\begin{aligned} \Delta H &= q + W + P\Delta V = q - P\Delta V + P\Delta V \\ \Delta H &= q, \quad \text{υπό σταθερή πίεση } (J) \quad (25) \end{aligned}$$

όπου

q: το απορροφούμενο ή εκλυόμενο ποσό θερμότητας

ΔU : μεταβολή εσωτερικής ενέργειας



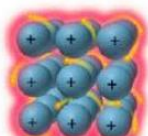
$-P\Delta V$: έργο πίεσης-όγκου

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται ενδεικτικά ορισμένες ΔΗ, οι οποίες έχουν προσδιοριστεί πειραματικά:

Μέσες ενέργειες δεσμών (σε kJ/mol)					
Απλοί Δεσμοί					
C-H	411	N-F	283	S-Cl	255
C-C	346	N-Cl	313	S-Br	217
C-N	305	N-Br	243	S-S	226
C-O	358				
C-F	485	H-H	432	F-F	155
Πολλαπλοί δεσμοί					
C=C	602	N=N	418	O=O	494
C≡C	835	N≡N	942		
C=N	615			S=O	532
C≡N	887			S=S	418
C=O	799				

Εικόνα 31: Μέσες ενέργειες δεσμών

Οι διαμοριακές δυνάμεις είναι πολύ ασθενέστερες από τις ενδομοριακές (π.χ. 16 kJ/mol έναντι 431 kJ/mol για το HCl)

Force	Model	Basis of Attraction	Energy (kJ/mol)	Example
Bonding				
Ionic		Cation-anion	400-4000	NaCl
Covalent		Nuclei-shared e ⁻ pair	150-1100	H-H
Metallic		Cations-delocalized electrons	75-1000	Fe

Εικόνα 32: Σύγκριση δεσμικών και διαμοριακών δυνάμεων

Ελκτικές διαμοριακές δυνάμεις εμφανίζονται τόσο μεταξύ ομοειδών όσο και ετεροειδών μορίων. Αν οι διαμοριακές δυνάμεις ασκούνται μεταξύ ομοειδών μορίων ονομάζονται δυνάμεις συνοχής, ενώ οι ασκούμενες μεταξύ ετεροειδών μορίων δυνάμεις

συνάφειας. Για να σπάσει ο δεσμός που συνδέει δύο μόρια πρέπει να προσφερθεί αρκετή ενέργεια, ώστε τα μόρια αυτά να βρεθούν σε άπειρη απόσταση το ένα από το άλλο, δηλαδή σε τέτοια απόσταση ώστε οι δια-μοριακές δυνάμεις να είναι μηδενικές. Η απαραίτητη αυτή ενέργεια ονομάζεται ενέργεια διαχωρισμού.

Για τα αέρια:

Κινητική Ενέργεια >> Δυναμική Ενέργεια Διαμοριακών αλληλεπιδράσεων (Πραγματικό)

Διαμοριακές δυνάμεις ≈ 0 (Ιδανικό)

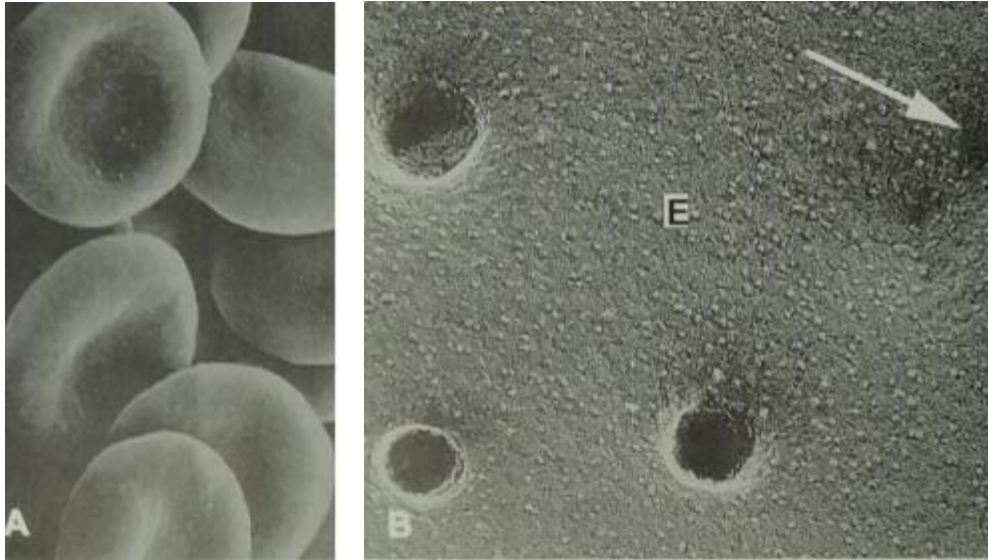
Στη συνέχεια ενδέχεται να συμβούν επιπλέον διεργασίες όπως σχηματισμός νέων δεσμών, το οποίο όμως δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσας εργασίας. Θα μπορούσε ωστόσο να αποτελέσει σημείο περαιτέρω έρευνας.

Στους ιοντικούς δεσμούς, στους οποίους ένα ηλεκτρόνιο μεταπηδά από ένα άτομο σε ένα άλλο, αναγκάζοντας τα άτομα να ενωθούν με ηλεκτροστατικές δυνάμεις· και στους ομοιοπολικούς δεσμούς, στους οποίους δύο ή περισσότερα άτομα μοιράζονται τα ίδια ηλεκτρόνια, και στις δύο περιπτώσεις, ο δεσμός διαλύεται όταν η ενέργεια των ηλεκτρονίων ξεπεράσει ένα κρίσιμο όριο.

2.2.8. Ηλεκτροπόρωση – Ηλεκτροδιάτρηση

Ηλεκτροπόρωση (ηλεκτροέγχυση, ηλεκτροδιαμόλυνση, ηλεκτρική μικροέγχυση) είναι το φαινόμενο κατά το οποίο η μεμβράνη του κυττάρου (πρωτοπλάστες) εκτίθεται σε μικρούς χρονικά παλμούς υψηλού ηλεκτρικού πεδίου με αποτέλεσμα την παροδική αποσταθεροποίησή της και τη δημιουργία “μεμβρανικών πόρων”.

Σε ένα κύτταρο εκτεθειμένο σε ένα εξωτερικό ηλεκτρικό πεδίο, η παρουσία ενός επαγόμενου διαμεμβρανικού δυναμικού παρέχει την ελεύθερη ενέργεια που είναι απαραίτητη για δομικές αναδιατάξεις των μεμβρανικών φωσφολιπιδίων και έτσι επιτρέπει τον σχηματισμό πόρου στην επιφάνειά της.



Εικόνα 33 : Επίδραση ηλεκτρικού πεδίου στα κύτταρα -
[HTTPS://WWW.PHARM.AUTH.GR/SITES/DEFAULT/FILES/AGROBACTERIUM3.PDF](https://www.pharm.auth.gr/sites/default/files/agrobacterium3.pdf)

Η θεωρητική περιγραφή του διαμεμβρανικού δυναμικού που επάγεται σε ένα σφαιρικό κύτταρο που εκτίθεται σε ηλεκτρικό πεδίο είναι γνωστή ως εξίσωση του Schwan. Το επαγόμενο διαμεμβρανικό δυναμικό για ένα σφαιρικό κύτταρο μπορεί να υπολογιστεί ως:

$$U_{TI} = -1.5rE \cos \varphi \quad (26)$$

Όπου

r: είναι η ακτίνα του κυττάρου

E: είναι η ένταση του εφαρμοσμένου ηλεκτρικού πεδίου

φ : είναι η γωνία μεταξύ της κατεύθυνσης του ηλεκτρικού πεδίου και του επιλεγμένου σημείου επί της κυτταρικής επιφάνειας.

Το επαγόμενο διαμεμβρανικό δυναμικό και συνεπώς η μέγιστη ηλεκτροδιάτρηση εμφανίζονται στους πόλους του κυττάρου που είναι εκτεθειμένοι στο ηλεκτρικό πεδίο κάθετα στο επίπεδο των πλακών.

Η διαδικασία της ηλεκτροπόρωσης περιλαμβάνει πολλές μεταβλητές. Αρχικά, μπορεί να ελεγχθεί από την τάση του πεδίου και το μήκος των παλμών. Η ένταση του

πεδίου, η οποία μπορεί να ρυθμιστεί μεταβάλλοντας την εφαρμοζόμενη τάση ή μεταβάλλοντας την απόσταση μεταξύ των πλακών (εκφράζεται σε kV/cm), είναι εκείνη που απαιτείται για την πρόκληση βλάβης της μεμβράνης. Το μήκος παλμού, είναι η διάρκεια του χρόνου που το δείγμα εκτίθεται στο ηλεκτρικό πεδίο και σχετίζεται με το μέγεθος και τη διάρκεια που οι πόροι θα παραμείνουν ανοιχτοί. Στην περίπτωση του φίλτρου που μελετάται, η διάρκεια παλμού αντιστοιχεί στη διάρκεια που θα παραμείνει το σωματίδιο εντός της διάταξης των πλεγμάτων.

Η ηλεκτροδιάτρηση μπορεί να είναι διαδικασία είτε αναστρέψιμη είτε μη αναστρέψιμη, ανάλογα με τις παραμέτρους των ηλεκτρικών παλμών. Η επαγόμενη διαμεμβρανική τάση που επιβάλλεται από το εξωτερικό ηλεκτρικό πεδίο πρέπει να φτάσει σε μια κρίσιμη τιμή για να ενεργοποιήσει το σχηματισμό παροδικών πόρων στην κυτταρική μεμβράνη. Τα όρια του δυναμικού που πρέπει να επιτευχθούν στη μεμβράνη είναι μεταξύ 0.2V-1V. Για την αναστρεψιμότητα της ηλεκτροδιάτρησης, το δυναμικό της μεμβράνης πρέπει να διατηρείται κάτω από αυτή την κρίσιμη τιμή. Αντίθετα, όταν ξεπεραστεί η κρίσιμη τιμή, λαμβάνει χώρα μη αναστρέψιμη ηλεκτροδιάτρηση, με αποτέλεσμα την αποσύνθεση της κυτταρικής μεμβράνης και την απώλεια της κυτταρικής βιωσιμότητας. Η εφαρμογή ενός εξωτερικού ηλεκτρικού πεδίου επάγει ένα μεμβρανικό δυναμικό U . Το ηλεκτρικό πεδίο εφαρμόζεται με τη μορφή ενός DC παλμού μικρής διάρκειας, ο οποίος μπορεί να είναι διάρκειας μικρότερης των 100μs. Όταν το επαγόμενο δυναμικό πλησιάσει μια κρίσιμη τιμή, προκαλεί τη διηλεκτρική κατάρρευση της κυτταρικής μεμβράνης. Η κρίσιμη αυτή τιμή είναι περίπου 1V. Δύο ιδιότητες καθιστούν ευάλωτη, τη μεμβράνη, στην επίδραση ηλεκτρικού πεδίου: τα φορτία των ηλεκτρικών διπόλων και αφετέρου η μικρή μεν, αλλά συγκεκριμένη διαπερατότητα της διπλοστιβάδας σε ιόντα. Λόγω της πρώτης ιδιότητας, η επίδραση ενός ισχυρού ηλεκτρικού πεδίου μεταβάλλει τον προσανατολισμό των λιπιδικών μορίων, δημιουργώντας έτσι υδρόφιλους πόρους και εξασθενώντας τη δράση της διπλοστιβάδας ως φραγμού στη κίνηση ιόντων. Λόγω της δεύτερης το διηλεκτρικό πεδίο προκαλεί την δημιουργία ρεύματος και κατά συνέπεια ανάπτυξη τοπικής θερμότητας που οδηγεί σε θερμικές αλλαγές φάσης της λιπιδικής διπλοστιβάδας. Αν η διάρκεια του παλμού είναι της τάξης των milliseconds (msec) ή περισσότερο, το

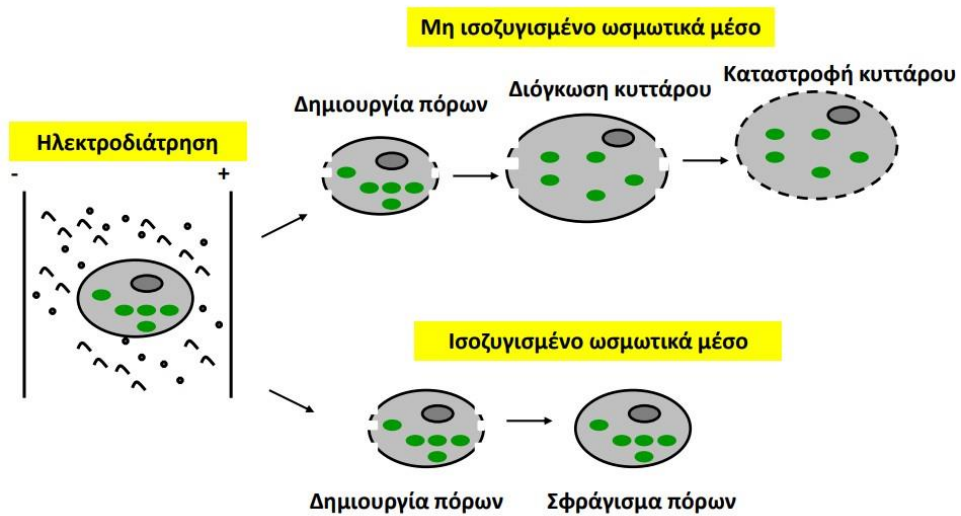
επαγόμενο ρεύμα μπορεί επίσης να δημιουργήσει φαινόμενα ηλεκτροώσμωσης, με συνέπεια την μηχανική διεύρυνση του πόρου. Η σταθερότητα του πόρου είναι το άθροισμα της μηχανικής ενέργειας και της ηλεκτρικής συνεισφοράς. Στην περίπτωση των πρωτεϊνών η διαδικασία της ηλεκτροπόρωσης εξαρτάται απ' την διαμεμβρανική διαφορά δυναμικού. Οι τιμές αυτές είναι της τάξης των 50mV. Σε περίπτωση εφαρμογής ηλεκτρικού πεδίου που θα δημιουργήσει πάνω στη μεμβράνη διαφορά δυναμικού πολύ μεγαλύτερη του 1V, αναμένεται να προκαλέσει μεγάλης κλίμακας δομικές μεταβολές. Η εφαρμογή ενός πολύ ισχυρού ηλεκτρικού πεδίου έχει σαν αποτέλεσμα τον κατατεμαχισμό της κυτταρικής μεμβράνης, λόγω της ηλεκτροστατικής άπωσης ανάμεσα σε πολικά μόρια.

Από τα πιο σημαντικά φαινόμενα που επάγει η εφαρμογή ενός ηλεκτρικού πεδίου είναι η κυτταρική λύση. Η δημιουργία μιας διαμεμβρανικής διαφοράς δυναμικού U , θα μεταβάλλει αναπόφευκτα την κατανομή φορτίων των πρωτεϊνών, μπορεί να προκαλέσει χημικές αντιδράσεις ή να δημιουργήσει υποπροϊόντα τα οποία είτε θα παρέμβουν στη λειτουργία της μεμβράνης, είτε θα παρεμποδίσουν την μεμβρανική ανάνηψη.

Αν η διαμεμβρανική διαφορά δυναμικού U είναι μεγαλύτερη ή αρκετά μεγαλύτερη της κρίσιμης τιμής που προκαλεί την κατάρρευση, τα κανάλια θα άγουν πολύ μεγαλύτερο ρεύμα απ' αυτό που είναι κατασκευασμένα να άγουν. Τοιουτοτρόπως, επιτελείται μη αντιστρέψιμη αλλοίωση της μεμβράνης λόγω της θερμότητας Joule ή της ηλεκτρικής τροποποίησης των λειτουργικών τους ομάδων.

Έχει καταγραφεί η έναρξη δημιουργίας μεμβρανικού πόρου σε χρόνο της τάξης του submicrosecond, ενώ επεκτείνονται για χρόνους της τάξης των 100μs. Η ηλεκτροπόρωση μπορεί να επιτευχθεί με παρουσία πεδίου εντάσεως 2-3kV/cm ή και λιγότερο.

Τα πειραματικά δεδομένα έχουν δείξει ότι η πρωτογενής αλληλεπίδραση μεταξύ πεδίου και μεμβράνης πραγματοποιείται στο λιπιδικό μέρος της μεμβράνης.



Εικόνα 34: Επίδραση ωσμωτικής πίεσης στη διατήρηση των πρωτοπλαστών - [HTTPS://WWW.PHARM.AUTH.GR/SITES/DEFAULT/FILES/AGROBACTERIUM3.PD](https://www.pharm.auth.gr/sites/default/files/agrobacterium3.pd)

Στάδια:

Πρώτο στάδιο: Δημιουργία πόρων

1. Πρώιμο στάδιο: αρχίζει η δημιουργία των πόρων
2. Ώριμο στάδιο: σταθεροποίηση των πόρων στο τελικό του μέγεθος

Δεύτερο στάδιο: Στάδιο κλεισίματος των πόρων μετά τον παλμό (διαρκεί ms μέχρι μερικά δευτερόλεπτα)

2.3. Πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα, δυνατότητες και κίνδυνοι της καινοτομίας

Έχοντας περιγράψει τον τρόπο λειτουργίας της πατέντας, με όρους φυσικής και μηχανικής, αποδεικνύοντας τη διαδικασία με την οποία επιτυγχάνεται η καταστροφή οργανικών φορτίων με τη χρήση του φίλτρου, σε αυτό το σημείο θα παρουσιαστούν οι πτυχές και προεκτάσεις της συσκευής σε μακροσκοπικό επίπεδο.

2.3.1. Πλεονεκτήματα – Δυνατότητες

Το φίλτρο υψηλής τάσης για οργανικά φορτία σε εσωτερικούς χώρους αρχικά δεν φέρει τα αρνητικά και τις επιβλαβείς επιπτώσεις προηγούμενων τεχνολογιών, όπως αυτά αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 2.1.

Η τεχνολογία που παρουσιάζεται δεν ακολουθείται από παράπλευρες αρνητικές συνέπειες στο περιβάλλον και στον άνθρωπο, σύμφωνα με τις εργαστηριακές μετρήσεις, τους ελέγχους, τα πειράματα και τις αναλύσεις που έχουν πραγματοποιηθεί, σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας. Το γεγονός αυτό, ίσως αποτελεί ένα από τα βασικότερα επιτεύγματα που φέρνει η νέα αυτή καινοτομία.

Στη συνέχεια, εστιάζοντας στην πραγματική λειτουργία του μηχανήματος, αναφέρονται επιγραμματικά οι κατηγορίες των οργανισμών για τις οποίες είναι αποτελεσματικό. Εξαλείφονται βακτήρια, μικροοργανισμοί, ιοί, αιωρούμενα σωματίδια (PM), καπνός τσιγάρου, αλλεργιογόνα, ακάρεα, σκόνη, μούχλα και οσμές από χημικά.

Σημαντική συνεισφορά της εφεύρεσης, δεδομένου της παροντικής συνθήκης, αποτελεί η εξόντωση ιικού φορτίου σε κλειστούς χώρους. Σύμφωνα με τα πειράματα που έλαβαν χώρα στη Μονάδα Εντατικής Θεραπείας του νοσοκομείου Αγία Όλγα, υπήρξαν σαφή αποτελέσματα σχετικά με την μείωση του ιικού φορτίου στο χώρο αλλά και για την συνεισφορά του στη βελτίωση της κατάστασης των διασωληνωμένων ασθενών με μολυσματική νόσο.

Επιπλέον, ενδιαφέρον στοιχείο της λειτουργίας της διάταξης των πλεγμάτων, ως φίλτρα αέρα εσωτερικού χώρου, είναι το γεγονός ότι η δυναμική της συσκευής σε επίπεδο όγκου αέρα, άρα και μεγέθους χώρου που μπορεί να καλύψει, αυξάνεται αναλογικά με τον χρόνο που λειτουργεί χωρίς να απαιτείται παρέμβαση στα εξαρτήματά του ή στις παραμέτρους λειτουργίας του. Ενδεικτικά, σε μισή ώρα λειτουργίας καλύπτονται 25 τετραγωνικά κλειστού χώρου.

Περαιτέρω πλεονέκτημα αποτελεί η ελάχιστη ενέργεια που απαιτείται για τη χρήση της συσκευής, 5W, καθώς και το γεγονός ότι λειτουργεί με χαμηλή τάση. Τα δεδομένα αυτά, την καθιστούν ασφαλή και ακίνδυνη για τον χρήστη και τις εγκαταστάσεις, και ενεργειακά ελάχιστα κοστοβόρα με μειωμένο ενεργειακό αποτύπωμα.

Συνοψίζοντας, η διευρυμένη δυναμική της συσκευής σχετικά με το φάσμα οργανισμών στο οποίο επιδρά, η έλλειψη αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον και στην ανθρώπινη δραστηριότητα και ζωή και η ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας είναι μερικά από τα βασικά πλεονεκτήματα που τοποθετούν τη συγκεκριμένη καινοτομία στο κέντρο του ενδιαφέροντος και τη θέτουν ως προτεραιότητα στο χώρο της απολύμανσης αέρα εσωτερικών χώρων.

2.3.2. Μειονεκτήματα

Τα βασικότερα και γνωστά μέχρι τώρα μειονεκτήματα της εφεύρεσης, είναι δύο και προέκυψαν ύστερα από μετρήσεις σε εργαστηριακό περιβάλλον.

Σύμφωνα με τις πειραματικές παρατηρήσεις και τα αποτελέσματα των δοκιμών, αναφέρεται ότι σε περίπτωση που υπάρξει υπέρταση ($V \gg$), η διάταξη των πλεγμάτων όντας ηλεκτρικά φορτισμένη με αυτή την τάση, αρχίζει να παράγει και να απελευθερώνει όζον, του οποίου τα αρνητικά αναφέρθηκαν ενδελεχώς.

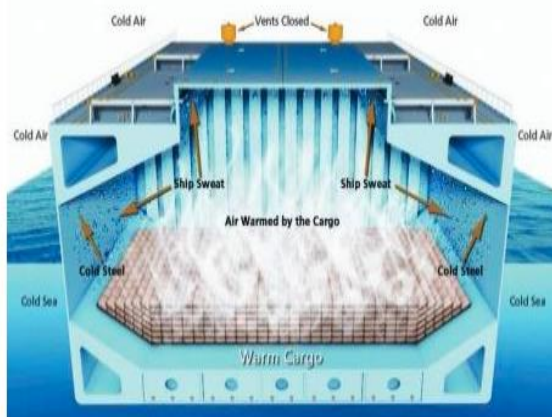
Ακόμη, σε περίπτωση βραχυκύκλωσης του δικτύου, η συσκευή αποτελεί ευαίσθητο φορτίο, ενώ δεν διαθέτει κάποιο τείχος προστασίας απέναντι σε αυτό.

Τέλος, ένα ζήτημα που χρήζει περαιτέρω διερεύνησης, ούτως ώστε να αποκτηθούν περισσότερα στοιχεία με σκοπό τη βελτίωση της αποδοτικότητας, αποτελεί η επίδραση της ταχύτητας του φορτίου που εισέρχεται στη διάταξη στην ικανότητα του φίλτρου να το καταστρέψει.

2.3.3. Δυνατότητες χρήσης

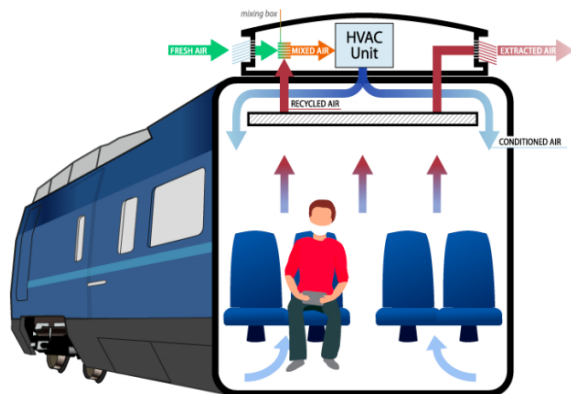
Τα πλεονεκτήματα τα οποία φέρει η συγκεκριμένη επινόηση, προσφέρει πολλαπλές δυνατότητες χρήσης και αξιοποίησής της σε μέρη και συνθήκες όπου μέχρι τώρα ήταν είτε αδύνατη είτε αναποτελεσματική η απολύμανση περιορισμένων χώρων με τις διαθέσιμες τεχνολογίες.

Όπως αναφέρθηκε, έχει ήδη τοποθετηθεί πιλοτικά σε χώρους νοσοκομείων, με τα αποτελέσματα να είναι παραπάνω από ενθαρρυντικά. Υπάρχει συμβατότητα ηλεκτρομαγνητικής φύσεως, κομμάτι που παρατίθεται λεπτομερώς στο κεφάλαιο 3 αλλά και υγειονομικού χαρακτήρα καθώς εκτός της αποδεδειγμένης αποτελεσματικότητας με τα ικά φορτία, οι περιορισμοί που χαρακτηρίζουν τέτοιους χώρους αντιμετωπίζονται πλεονεκτικά από τη συσκευή.

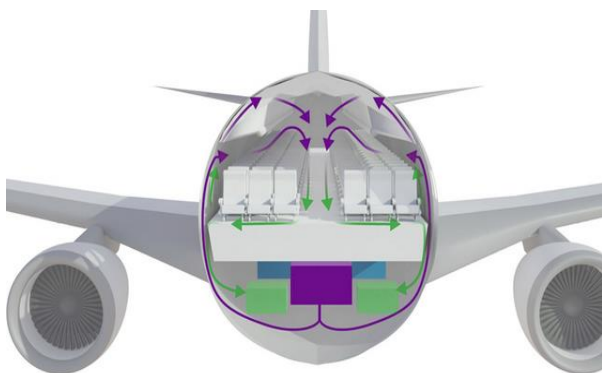


Εικόνα 35: Σύστημα εξαερισμού πλοίου

Εν συνεχεία, προτείνεται ακράδαντα η χρήση σε μέσα μαζικής μεταφοράς αλλά και συναθροίσεων. Αρχικά, μπορεί να τοποθετηθεί σε επιβατικά πλοία (ακτοπλοϊκά, κλειστής θαλάσσης, υπερωκεάνια, κρουαζιερόπλοια κ.α) γεγονός που αναβαθμίζει αυτόματα την ποιότητα χρήσης και εργασίας αλλά βελτιώνει και την ασφάλεια των μέσων αυτών, ειδικά όσον η διάρκεια διαμονής είναι μεγάλη.



Εικόνα 36: Σύστημα εξαερισμού συρμών αμαξοστοιχείας



Εικόνα 37: Σύστημα εξαερισμού αεροσκάφους

Επιτρέπει την εφαρμογή σε τρένα και λεωφορεία, όπου συμβαίνει συχνή και έντονη εναλλαγή πληθυσμών που τα χρησιμοποιούν.

Σημαντική συνεισφορά αποτελεί η δυνατότητα χρήσης στα αεροπλάνα όπου ο εξαερισμός και η ανανέωση του αέρα στο εσωτερικό της καμπίνας έχει αυστηρούς κανόνες με τους οποίους πραγματοποιείται.

Η συσκευή είναι ιδιαίτερα εφαρμόσιμη, προσφέροντας βέλτιστη απόδοση στην απολύμανση του αέρα, σε νοσοκομεία, ιατρεία, χώρους υπηρεσιών υγείας, σχολεία και εκπαιδευτικά ιδρύματα, εμπορικά κέντρα, κτήρια γραφείων, ξενοδοχεία, αεροδρόμια, μέσα μεταφοράς (λεωφορεία, τρένα, πλοία, αεροπλάνα).

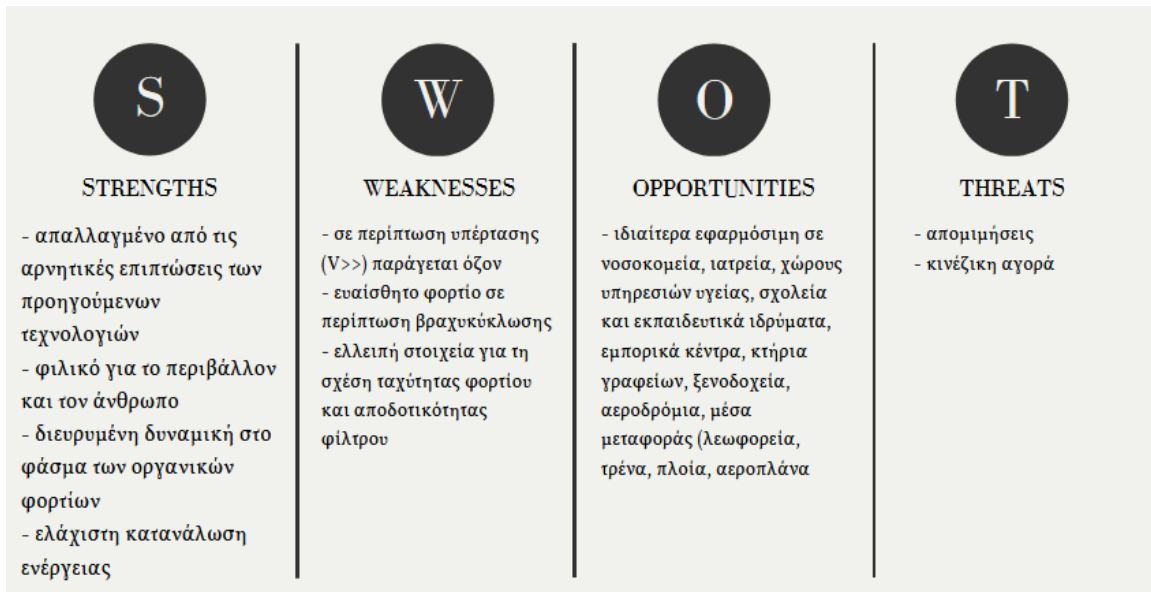
2.3.4. Κίνδυνοι

Απειλή, η οποία συναντάται σε πολλές τεχνολογίες είναι αυτή των απομιμήσεων. Οι κίνδυνοι που ελλοχεύουν σε αυτή την περίπτωση εντοπίζονται στην ασφάλεια χρήσης και στην αξιοπιστία της συσκευής.

Η διανομή μιας συσκευής στην αγορά, που δεν έχει κατασκευαστεί από αδειοδοτημένες βιομηχανίες με τα υλικά και τις οδηγίες, όπως αυτά ορίζονται στις προδιαγραφές και τον τεχνικό φάκελο του προϊόντος καθώς επίσης δεν έχει περάσει από τους απαιτούμενους ελέγχους, υποβαθμίζει αυτόματα την ασφάλεια για την οποία διαβεβαιώνουν τα

αντίστοιχα αυθεντικά προϊόντα. Επιπρόσθετη συνέπεια αυτού, είναι οι σημαντικές επιπτώσεις στην αξιοπιστία για τη χρήση συσκευής.

Δεδομένου, της συμβολής αυτής της τεχνολογίας στην αναβάθμιση της ποιότητας ζωής του ανθρώπου, είναι σημαντικό να αποτραπούν οι κίνδυνοι αυτοί, έτσι ώστε να μην συνδεθεί με αναληθή μειονεκτήματα που θα περιορίσουν τη χρήση της.



Εικόνα 38: Πίνακας SWOT

Κεφάλαιο 3 – Μετρήσεις και δοκιμές ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας και ατρωσίας της συσκευής

3.1. Δοκιμές Ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας στο εργαστήριο υψηλών τάσεων του ΕΜΠ

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα στοιχεία που προέκυψαν από τον έλεγχο της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας και ατρωσίας της συσκευής. Η συσκευή αυτή, φέρει μαζί με την διάταξη τριών πλεγμάτων αλουμινίου, όπως αυτή περιγράφηκε στο κεφάλαιο 2, έναν λαμπτήρα υπεριώδους ακτινοβολίας, έναν ανεμιστήρα και μια πλακέτα υψηλής τάσης εντός εξωτερικού μεταλλικού περιβλήματος.

Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν από το εργαστήριο υψηλών τάσεων του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

3.1.1. Περιγραφή εξοπλισμού δοκιμών

Αρχικά, στον εξοπλισμό περιέχεται η υπό δοκιμή και έλεγχο συσκευή. Παροχή ρεύματος με χαρακτηριστικά 230Vac/50Hz και μία εσωτερική μπαταρία. Το περιβάλλον ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας είναι κατηγορίας IV. Οι δοκιμές διεξήχθησαν στην επιφάνεια ενός τραπεζιού και έγιναν αυτόνομα στη συσκευή και όχι σε σύστημα. Δεν χρησιμοποιήθηκε βοηθητικός εξοπλισμός και υλικό.

3.1.1.1. Ταυτοποίηση θυρών

Έγινε δοκιμή στο εξωτερικό μεταλλικό περίβλημα αλουμινίου και στο καλώδιο παροχής ηλεκτρικού ρεύματος τριών ενσύρματων επαφών, μήκους περίπου 1,85m, χωρίς

θωράκιση, μη αποσπώμενο από τη συσκευή και το οποίο καταλήγει σε βίσμα για την τροφοδοσία από το δίκτυο εναλλασσόμενου ρεύματος.

3.1.2. Αναφορές και βασικά πρότυπα

Πρότυπα προϊόντων

Στους πίνακες που ακολουθούν και σε όλη την έκθεση δοκιμής αναφέρονται οι τρέχουσες έγκυρες εκδόσεις των εφαρμόσιμων αναφορών και βασικών προτύπων. Οι εκδόσεις και ημερομηνίες που παρουσιάζονται με αστερίσκο (“*”) είναι οι τρέχουσες εναρμονισμένες τυπικές εκδόσεις. Σε περιπτώσεις αμφισβητούμενων εκδόσεων ενός προτύπου, αναφορικά με τα όρια/μεθόδους/ρυθμίσεις μέτρησης, υπερισχύει η έκδοση που απαιτείται από το πρότυπο προϊόντος ή η εναρμονισμένη τυπική έκδοση.

Πίνακας 3.1.1. Πρότυπα προϊόντος

Πρότυπο	Τίτλος
ELOT EN 55014-1 E4: 2017 (EN 55014-1:2006 +A1:2009 +A2:2011*)	Electromagnetic compatibility - Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus - Part 1: Emission
ELOT EN 55014-2 E2: 2015 (EN 55014-2:1997 +A1:2001 +A2:2008 +AC:1997*)	Electromagnetic compatibility - Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus - Part 2: Immunity – Product family standard
ELOT EN 61000-3-2 E4:2014	Electromagnetic compatibility (EMC). Limits. Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)
ELOT EN 61000-3-3 E3:2013	Electromagnetic compatibility (EMC). Limits. Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current ≤ 16 A per phase and not subject to conditional connection

Πίνακας 3.1.2. Πρότυπα δοκιμών

Πρότυπο	Τίτλος
ELOT EN 61000-4-2 E2:2009	Electromagnetic compatible (EMC)- Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields.
ELOT EN 61000-4-3 E3:2006 +A1:2008 +A2:2010+IS1:2009	Electromagnetic compatible (EMC)- Part 4-8: Testing and measurement techniques – Power frequency magnetic field immunity test
ELOT EN 61000-4-4 E3:2012	Electromagnetic compatible (EMC)- Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests.
ELOT EN 61000-4-5 E3:2014 +A1:2017	Electromagnetic compatible (EMC)- Part 3-3: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current \leq 16A per phase and not subject to conditional connection.
ELOT EN 61000-4-6 E4:2014	Electromagnetic compatible (EMC)- Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test.
ELOT EN 61000-4-8 E2:2010	Electromagnetic compatible (EMC)- Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test
ELOT EN 61000-4-11 E2: 2004 +A1:2017	Electromagnetic compatible (EMC)- Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test.

3.1.3. Σύνοψη αποτελεσμάτων δοκιμών

Δοκιμές εκπομπών

Πίνακας 3.1.3 Σύνοψη αποτελεσμάτων δοκιμών εκπομπών

Πρότυπο	Υπό δοκιμή στοιχείο	Εύρος συχνότητας	Θύρα	Κλάση	Αποτέλεσμα
EN 55014-1	Αγόμενες εκπομπές	0.15 – 30 MHz	Είσοδος AC τάσης	Γενικά όρια	Πέρασε
EN 55014-1	Ακτινοβολούμενες εκπομπές	30 - 1000 MHz	Περίβλημα	-	Πέρασε
EN 55014-1	Ακτινοβολούμενες εκπομπές	1 -6 GHz	Περίβλημα		Δ/Ε ¹
EN 55014-1	Ασυνεχείς διαταραχές	-	Είσοδος AC τάσης	§A.8.6	Πέρασε
EN 55014-1	Ισχύς διαταραχής	30 - 300 MHz	Είσοδος AC τάσης		Δ/Ε ¹
EN 61000-3-2	Εκπομπές αρμονικών ρεύματος	0 - 2 kHz	Είσοδος AC τάσης	A	Πέρασε (Δ/Ε ⁶)
EN 61000-3-3	Διακυμάνσεις τάσεως	-	Είσοδος AC τάσης	-	Πέρασε

Δοκιμές ατρωσίας

Πίνακας 3.1.4 Σύνοψη αποτελεσμάτων δοκιμών ατρωσίας

Πρότυπο	Υπό δοκιμή στοιχείο	Θύρα	Επίπεδο	Κριτήριο	Αποτέλεσμα
EN 61000-4-2	Ηλεκτροστατική εκκένωση	Περίβλημα	±4kV επαφής ±8kV αέρα	B B	Πέρασε Πέρασε
EN 61000-4-3	RF ακτινοβολούμενο πεδίο μέχρι 1GHz	Περίβλημα	3V/m	A	Πέρασε
EN 61000-4-3	RF ακτινοβολούμενο πεδίο 1GHz-6GHz	Περίβλημα	-	-	Δ/E^1
EN 61000-4-4	Απότομες εκφορτίσεις	Είσοδος AC τάσης	±1kV	B	Πέρασε
EN 61000-4-4	Απότομες εκφορτίσεις	Σήμα & τηλεπικοινωνίες	±0.5kV	B	Δ/E^2
EN 61000-4-5	Υπέρταση	Είσοδος AC τάσης	L-N ±1kV L,N-PE ±2kV	B B	Πέρασε Πέρασε
EN 61000-4-5	Υπέρταση	Σήμα & τηλεπικοινωνίες	-	-	Δ/E^1
EN 61000-4-6	Αγόμενες διαταραχές από RF πεδίο	Είσοδος AC τάσης	0,15 – 80 Mhz 3V	A	Πέρασε
EN 61000-4-6	Αγόμενες διαταραχές από RF πεδίο	Σήμα & τηλεπικοινωνίες	0,15 – 80 Mhz 3V	A	Δ/E^2
EN 61000-4-8	Μαγνητικό πεδίο με συχνότητα δικτύου	Περίβλημα	-	A	Δ/E^8
EN 61000-4-11	Βυθίσεις και διακοπές τάσης	Είσοδος AC τάσης	0%, 0,5 περίοδο 40%, 10 περίοδοι 70%, 25 περίοδοι	C C C	Πέρασε Πέρασε Πέρασε

Παρατηρήσεις:

ΔΕ¹ Ο εξοπλισμός δεν έχει ελεγχθεί καθώς δεν απαιτείται από το χρησιμοποιούμενο πρότυπο

ΔΕ² Η δοκιμή δεν εφαρμόζεται καθώς δεν υπάρχει θύρα

ΔΕ³ Η δοκιμή δεν εφαρμόζεται καθώς υπάρχει θύρα μόνο για υπηρεσίες

ΔΕ⁴ Ο εξοπλισμός δεν έχει ελεγχθεί καθώς δεν διαθέτει κανένα εξωτερικό καλώδιο ή διαθέτει εξωτερικό καλώδιο αλλά με μήκος μικρότερο από 3m

ΔΕ⁵ Δεν ελέγχθηκε επειδή δεν απαιτήθηκε από τον πελάτη

ΔΕ⁶ Για εξοπλισμό υπό δοκιμή με ονομαστική ισχύ $\leq 75W$, εκτός από εξοπλισμό φωτισμού, δεν καθορίζονται όρια στη συγκεκριμένη έκδοση αυτού το προτύπου

ΔΕ⁷ Δεν πραγματοποιείται έλεγχος στον εξοπλισμό, στον οποίο είναι απίθανο να προκαλέσει διακυμάνσεις τάσεις ή τρεμόπαιγμα

ΔΕ⁸ Ο εξοπλισμός υπό δοκιμή δεν περιέχει εξαρτήματα ή συσκευές ευαίσθητα σε μαγνητικά πεδία, όπως οθόνες CRT, στοιχεία Hall, ηλεκτροδυναμικά μικρόφωνα, αισθητήρες μαγνητικού πεδίου κτλ

ΔΕ⁹ Η δοκιμή δεν εφαρμόζεται διότι η θύρα ενδέχεται να μην συνδέεται απευθείας με εξωτερικά καλώδια

ΔΕ¹⁰ Ο εξοπλισμός δεν έχει ελεγχθεί διότι διαθέτει εσωτερικά καλώδια μήκους μικρότερο των 30m

ΔΕ¹¹ Ο εξοπλισμός δεν έχει ελεγχθεί διότι δεν απαιτείται από το χρησιμοποιούμενο πρότυπο όσο ο εξοπλισμός εντάσσεται στην κλάση II

3.1.4. Κριτήρια απόδοσης και κατηγοριοποίηση

3.1.4.1. Κριτήρια απόδοσης για δοκιμή ατρωσίας

Τα κριτήρια απόδοσης για τη δοκιμή ατρωσίας σύμφωνα με το πρότυπο EN 55014-2 §6 είναι:

Κριτήριο απόδοσης A: Η συσκευή θα συνεχίσει να λειτουργεί όπως προβλέπεται κατά τη διάρκεια της δοκιμής. Δεν επιτρέπεται υποβάθμιση της απόδοσης ή απώλεια λειτουργίας κάτω από ένα επίπεδο απόδοσης (ή επιτρεπόμενη απώλεια απόδοσης) που καθορίζεται από τον κατασκευαστή, όταν η συσκευή χρησιμοποιείται όπως προορίζεται. Εάν το ελάχιστο επίπεδο απόδοσης ή η επιτρεπόμενη απώλεια απόδοσης δεν καθορίζεται από τον κατασκευαστή, τότε οποιοδήποτε από αυτά μπορεί να προέρχεται από την περιγραφή του προϊόντος και τον τεχνικό φάκελο και από αυτό που ο χρήστης αναμένει από την συσκευή όταν χρησιμοποιείται όπως προορίζεται.

Κριτήριο απόδοσης B: Η συσκευή θα συνεχίσει να λειτουργεί όπως προβλέπεται μετά τη δοκιμή. Δεν επιτρέπεται υποβάθμιση της απόδοσης ή απώλεια λειτουργίας κάτω από ένα επίπεδο απόδοσης που καθορίζεται από τον κατασκευαστή, όταν η συσκευή χρησιμοποιείται όπως προορίζεται. Κατά τη διάρκεια της δοκιμής, επιτρέπεται υποβάθμιση της απόδοσης, ωστόσο δεν επιτρέπεται καμία αλλαγή της πραγματικής κατάστασης λειτουργίας ή των αποθηκευμένων δεδομένων μετά τη δοκιμή. Εάν το ελάχιστο επίπεδο απόδοσης ή η επιτρεπόμενη απώλεια απόδοσης δεν καθορίζεται από τον κατασκευαστή, τότε οποιοδήποτε από αυτά μπορεί να προέρχεται από την περιγραφή του προϊόντος και τον τεχνικό φάκελο και από αυτό που ο χρήστης αναμένει από τη συσκευή, εάν χρησιμοποιείται όπως προορίζεται.

Κριτήριο απόδοσης C: Επιτρέπεται προσωρινή απώλεια λειτουργίας, υπό την προϋπόθεση ότι η λειτουργία είναι αυτοανακτήσιμη ή μπορεί να αποκατασταθεί με τη λειτουργία των χειριστηρίων ή με οποιαδήποτε λειτουργία που καθορίζεται στις οδηγίες χρήσης.

Η επιλογή, ο καθορισμός των λειτουργιών και η επιτρεπόμενη υποβάθμιση αναπόκειται στην ευθύνη του κατασκευαστή.

3.1.4.2. Κατηγοριοποίηση εξοπλισμού υπό δοκιμή

Κατηγοριοποίηση εξοπλισμού υπό δοκιμή σύμφωνα με το πρότυπο EN 55014-2 §4:

Κατηγορία I: Συσκευές που δεν περιέχουν ηλεκτρονικά κυκλώματα ελέγχου. Όλες οι συσκευές που δεν διαθέτουν ηλεκτρονικά κυκλώματα ελέγχου θεωρούνται κατηγορία I. Τα ηλεκτρικά κυκλώματα που αποτελούνται από παθητικά στοιχεία (όπως πυκνωτές ή πηνία καταστολής ραδιοφωνικών παρεμβολών, μετασχηματιστές δικτύου ανορθωτές συχνότητας δικτύου και στοιχεία θέρμανσης) δεν θεωρούνται ηλεκτρονικά κυκλώματα ελέγχου.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ Συσκευές που λειτουργούν μόνο με μοτέρ και μηχανικό διακόπτη, φωτισμός παιχνιδιών με μπαταρία και λυχνία LED ή λαμπτήρα πυρακτώσεως χωρίς

επιπλέον ηλεκτρονικά κυκλώματα ελέγχου, σετ κομματιών χωρίς ηλεκτρονικά κυκλώματα ελέγχου, συσκευές θέρμανσης ή ψύξης χωρίς ηλεκτρονικά κυκλώματα ελέγχου, εργαλεία χωρίς ηλεκτρονικά χειριστήρια και όλες τις άλλες συσκευές που περιέχουν μόνο ηλεκτρομηχανικά εξαρτήματα (π.χ. διακόπτες ή θερμοστάτες).

Κατηγορία II: παιχνίδια μετασχηματιστή, παιχνίδια διπλής τροφοδοσίας, ηλεκτρικές συσκευές με κινητήρα, εργαλεία, συσκευές θέρμανσης και παρόμοιες ηλεκτρικές συσκευές (για παράδειγμα - καλοριφέρ UV, καλοριφέρ υπερύθρων και φούρνοι μικροκυμάτων) που περιέχουν ηλεκτρονικά κυκλώματα ελέγχου χωρίς συχνότητα ρολογιού μεγαλύτερη από 15 MHz.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ Για παιχνίδια, παραδείγματα περιλαμβάνουν εκπαιδευτικούς υπολογιστές, όργανα, σετ κομματιών με ηλεκτρονικές μονάδες ελέγχου.

Κατηγορία III: εξοπλισμός ο οποίος σε κανονική χρήση, δεν είναι συνδεδεμένος σε δίκτυο τροφοδοσίας και δεν έχει συνδεθεί καλώδια. Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει συσκευές με επαναφορτιζόμενες μπαταρίες, ηλιακό ή άλλες παρόμοιες d.c. πηγές που μπορούν να φορτιστούν ή να λειτουργούν συνδέοντας τη συσκευή με το δίκτυο τροφοδοσίας. Ωστόσο, αυτή η συσκευή πρέπει να δοκιμαστεί επίσης ως συσκευή της κατηγορίας II ενώ είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο τροφοδοσίας.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ Για παιχνίδια, παραδείγματα περιλαμβάνουν μουσικά μαλακά παιχνίδια, παιχνίδια με καλώδιο και ηλεκτρονικά παιχνίδια με κινητήρα.

Κατηγορία IV: όλες οι υπόλοιπες συσκευές που καλύπτονται από το πεδίο εφαρμογής αυτού του προτύπου.

Κατηγοριοποίηση εξοπλισμού υπό δοκιμή σύμφωνα με το πρότυπο EN 61000-3-2 §5:

Κλάση A:

- ισορροπημένος τριφασικός εξοπλισμός.
- οικιακές συσκευές, εξαιρουμένου του εξοπλισμού ο οποίος χαρακτηρίζεται ως κλάση Δ
- εργαλεία, εξαιρουμένων των φορητών εργαλείων
- dimmer για λαμπτήρες πυρακτώσεως, εξοπλισμός ήχου.

Εξοπλισμός ο οποίος δεν προσδιορίζεται σε κάποια από τις τρεις άλλες κατηγορίες θεωρείται εξοπλισμός της κλάσης A.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1: Ο εξοπλισμός που μπορεί να αποδειχθεί ότι έχει σημαντική επίδραση στο σύστημα τροφοδοσίας μπορεί να ταξινομηθεί, εκ νέου, σε μελλοντική έκδοση του προτύπου. Οι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη περιλαμβάνουν:

- αριθμό τεμαχίων εξοπλισμού που χρησιμοποιούνται
- διάρκεια χρήσης
- ταυτόχρονη χρήση
- κατανάλωση ενέργειας
- αρμονικό φάσμα, συμπεριλαμβανομένης της φάσης.

Κλάση B:

- φορητά εργαλεία.
- εξοπλισμός συγκόλλησης τόξου που δεν είναι επαγγελματικός εξοπλισμός.

Κλάση C:

- εξοπλισμός φωτισμού.

Κλάση D:

Εξοπλισμός με καθορισμένη ισχύ σύμφωνα με το 6.2.2 (EN 61000-3-2) μικρότερη ή ίση με 600 W, των ακόλουθων τύπων:

- προσωπικοί υπολογιστές και οθόνες προσωπικών υπολογιστών.
- δέκτες τηλεόρασης
- ψυγεία και καταψύκτες που διαθέτουν μία ή περισσότερες μονάδες μεταβλητής ταχύτητας για τον έλεγχο κινητήρα συμπίεσης.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 2: Τα όρια κλάσης D προορίζονται για εξοπλισμό που, βάσει των παραγόντων που αναφέρονται στη σημείωση 1, μπορεί να αποδειχθεί ότι έχει έντονη επίδραση στο δημόσιο σύστημα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας.

3.1.5. Αβεβαιότητα μέτρησης

Η αβεβαιότητα του μετρητικού εξοπλισμού πληροί τις προδιαγραφές του CISPR 16 και τα σχετικά ευρωπαϊκά και εθνικά πρότυπα.

Ο μετρητικός εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για την εκτέλεση των δοκιμών που τεκμηριώνονται στην παρούσα έκθεση βαθμονομείται τουλάχιστον μία φορά ανά δύο χρόνια και είναι ανιχνεύσιμος σύμφωνα με το IEC 17025 σύμφωνα με διεθνή ή εθνικά πρότυπα. Ο εξοπλισμός έχει βαθμονομηθεί από διαπιστευμένα εργαστήρια βαθμονόμησης.

Ολόκληρος ο εξοπλισμός είναι συνδεδεμένος με το αντίστοιχο κεντρικό εργαστήριο και επομένως είναι άμεσα ανιχνεύσιμος στα εθνικά και διεθνή πρότυπα. Η αναφερόμενη αυξημένη αβεβαιότητα της μέτρησης αναφέρεται ως η τυπική αβεβαιότητα της μέτρησης πολλαπλασιαζόμενη με τον συντελεστή κάλυψης $k = 2$, ο οποίος για μια κανονική κατανομή, αντιστοιχεί σε πιθανότητα κάλυψης περίπου 95%.

3.1.5.1. Αποτελέσματα αβεβαιότητας μετρήσεων δοκιμών

Πίνακας 3.1.5: Αποτελέσματα αβεβαιότητας μετρήσεων δοκιμών

Έλεγχος	Αβεβαιότητα μέτρησης (U_{lab})	Αβεβαιότητα μέτρησης (U_{cispr})
Αγόμενες εκπομπές (150kHz – 30MHz)	± 3 dB	$\pm 3,4$ dB
Ακτινοβολούμενες εκπομπές (30MHz – 1GHz)	± 5 dB	$\pm 6,3$ dB
Ασυνεχείς διαταραχές	$\pm 2,7$ dB	
Εκπομπές αρμονικών ρεύματος	$\pm 2\%$	
Αλλαγές, διακυμάνσεις και αστάθεια τάσης	$\pm 9\%$	

3.1.5.2. Αξιολόγηση συμμόρφωσης

Δοκιμές αγόμενων και ακτινοβολούμενων εκπομπών.

Σύμφωνα με την παράγραφο 4.2 του ENS5016-4-2:2011/A2.2018, εάν το U_{lab} είναι μικρότερο ή ίσο με το U_{cisprr} , τότε:

- η συμμόρφωση θεωρείται ότι συμβαίνει εάν κανένα μετρημένο επίπεδο διαταραχής δεν υπερβαίνει το όριο διαταραχής.
- η μη συμμόρφωση θεωρείται ότι συμβαίνει εάν το μετρούμενο επίπεδο διαταραχής υπερβεί το όριο διαταραχής

3.1.6. Περιγραφή των χώρων δοκιμών

- Το δωμάτιο διεξαγωγής των δοκιμών είναι ένας ημι-ανηχικός θάλαμος με διαστάσεις 3,5m x 6,5m x 3,3m. Καλύπτεται με πλακίδια φερρίτη και κωνικά απορροφητικά. Χρησιμοποιείται για δοκιμές ακτινοβολούμενων εκπομπών (EN 55032) και ακτινοβολούμενης ατρωσίας (EN 61000-4-3). Ο ημι-ανηχικός θάλαμος πληροί τις απαιτήσεις του CISPR 16-1 (ANSI C63.4) για βάθος θαλάμου 3m \emptyset .
- Θωρακισμένο δωμάτιο με διαστάσεις 3,5m x 2,5m x 3,3m. Χρησιμοποιείται για αγόμενες εκπομπές (EN 55032) και αγόμενη ατρωσία (EN 61000-4-6).
- Δωμάτιο ελέγχου με διαστάσεις 3,2m x 2,5m x 3,3m.
- Περιοχή εργαστηρίου υψηλών τάσεων: Χρησιμοποιείται για αρμονικές ρεύματος (EN 61000-3-2), διακυμάνσεις τάσης (EN61000-3-3), απότομες ηλεκτροστατικές εκφορτίσεις (EN 61000-4-2) (EN 61000-4-4), υπερτάσεις (EN 61000-4-5), πτώσεις τάσης (EN 61000-4-11) και δοκιμές ασφάλειας (EN 60950-1).
- Κλωβός Faraday με διαστάσεις 3,0m x 3,5m x 2,2m. Χρησιμοποιείται για δοκιμές αρμονικών ρεύματος (EN 61000-3-2), διακυμάνσεων τάσης (EN61000-3-3),

απότομων εκφορτίσεων (EN 61000-4-4), υπερτάσεων (EN 61000-4-5) και πτώσεων τάσης (EN 61000-4-11).

3.1.7. Αγόμενων εκπομπές

Όρια αγόμενων εκπομπών

Πίνακας 3.1.6: Όρια αγόμενων εκπομπών

Εύρος Συχνότητας MHz	Όριο Quasi-Peak dB (μV)		Όριο μέσου όρου dB (μV)	
	Οικιακή συσκευή-Γενικά όρια	Εργαλεία 700W<P<1000W	Οικιακή συσκευή-Γενικά όρια	Εργαλεία 700W<P<1000W
0.15 έως 0.50	66 έως 56 ¹⁾	70 έως 63 ¹⁾	59 έως 46 ¹⁾	63 έως 53 ¹⁾
0.50 έως 5	56	63	46	53
5 έως 30	60	68	50	58

¹⁾Το όριο μειώνεται γραμμικά με το λογάριθμο της συχνότητας από 0.15 έως 0.50 MHz

Εάν το επίπεδο «Quasi-Peak» που μετρηθεί δεν υπερβεί το όριο του «Μέσου όρου», τότε ο μέσος όρος δεν χρειάζεται να μετρηθεί.

Λίστα εξοπλισμού ελέγχου ορίων αγόμενων εκπομπών

Πίνακας 3.1.7: Λίστα εξοπλισμού ελέγχου ορίων αγόμενων εκπομπών

Εξοπλισμός	Κατασκευαστής/Μοντέλο	S.N.	Βαθμονόμηση
Δέκτης EMI	Schaffner/SMR 4518	25	29.03.2019
LISN (Τεχνητή τροφοδοσία δικτύου)	R&S/ESH2-Z5	1000442	09.09.2019
N-Type καλώδιο (2m μήκος)	Huber+Suhner/ Sucoflex 106	514594/6	05.11.2019
N-Type καλώδιο (4m μήκος)	Huber+Suhner/ Sucoflex 106	514594/6	05.11.2019
Μετρητής Πίεσης	Testo/511	39106014/109	04.06.2019
Μετρητής θερμοκρασίας και υγρασίας	Greisinger/GMH 3330	DK9301	04.06.2019

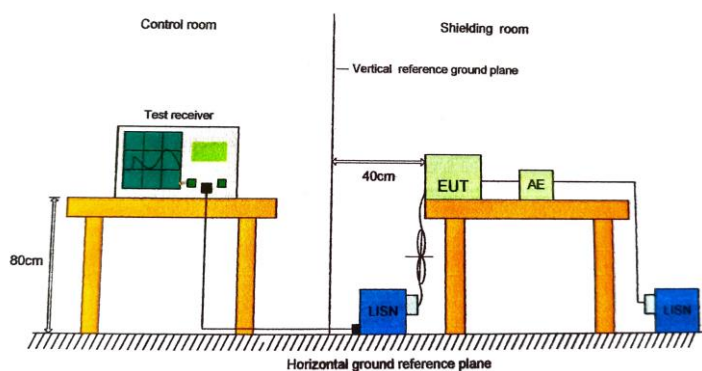
Περιβαλλοντικές συνθήκες του ελέγχου ορίων αγόμενων εκπομπών

Πίνακας 3.1.8: Περιβαλλοντικές συνθήκες ελέγχου ορίων αγόμενων εκπομπών

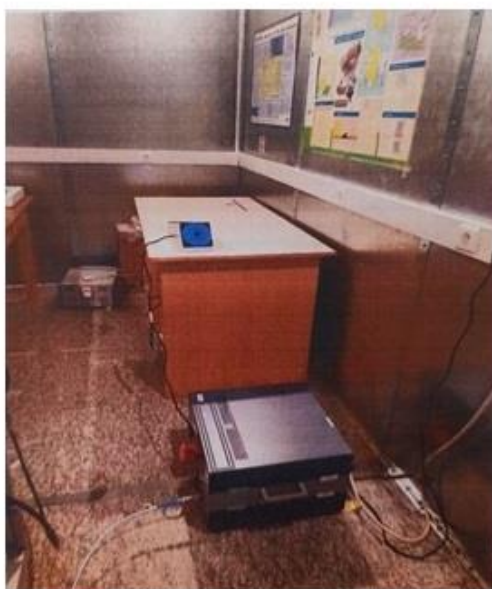
	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	Πίεση (mbar)	Τοποθεσία δοκιμής
Απαιτούμενη	-	-	-	Θωρακισμένος θάλαμος
Πραγματική	24	44	991	

Τυπική εγκατάσταση του ελέγχου ορίων αγόμενων εκπομπών

Το EUT στήθηκε όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες σύμφωνα με το EN 55014-1, §4.3.3, §5.2.



Εικόνα 39: Εγκατάσταση του ελέγχου ορίων αγόμενων εκπομπών



Εικόνα 40: Εγκατάσταση για τον έλεγχο αγόμενων εκπομπών

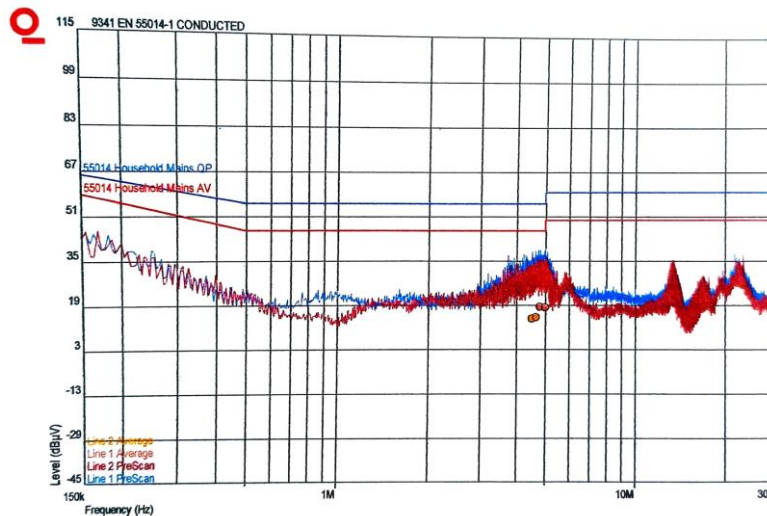
Διαδικασία ελέγχου: Σύμφωνα με το EN 55014-1 §5.2, §5.4.1.

Τρόπος λειτουργίας: Ο εξοπλισμός υπό δοκιμή βρισκόταν στη συνήθη κατάσταση λειτουργίας (Ενεργοποιημένο) κατά τη διάρκεια του ελέγχου. Υπήρχε οπτικός έλεγχος του εξοπλισμού.

Αναλυτικά αποτελέσματα ελέγχου ορίων αγόμενων εκπομπών

Πίνακας 3.1.9.: Αναλυτικά αποτελέσματα ελέγχου ορίων αγόμενων εκπομπών

Σημεία μέτρησης	Peak		Quasi-Peak		Μέσος όρος		Αποτελέσματα
	Σχήμα	Πίνακας	Σχήμα	Πίνακας	Σχήμα	Πίνακας	
Φάση (L1)	8.2	-	-	-	8.2	8.1	Πέρασε
Ουδέτερο (L2)	8.2	-	-	-	8.2	8.2	Πέρασε



Εικόνα 41: Αποτελέσματα για φάση (L1) και ουδέτερο (L2)

Πίνακας 3.1.10: Μέσος όρος αποτελεσμάτων για τη φάση (L1)

Συχνότητα	Μέση τιμή Ορίου (dBμV)	Επίπεδο (dBμV)	Ανιχνευτής
4.7985 MHz	46.00	18.35	Μέσος όρος
4.983 MHz	46.00	18.13	Μέσος όρος

Πίνακας 3.1.11: Μέσος όρος αποτελεσμάτων για το ουδέτερο (L2)

Συχνότητα	Μέση τιμή Ορίου (dBμV)	Επίπεδο (dBμV)	Ανιχνευτής
4.506 MHz	46.00	14.08	Μέσος όρος
4.65 MHz	46.00	14.52	Μέσος όρος

Παρατήρηση: Η απόδοση του εξοπλισμού ήταν εντός των ορίων των αγόμενων εκπομπών, όπως έχουν οριστεί από το EN 55014-1.

3.1.8. Ακτινοβολούμενες εκπομπές (κάτω από 1GHz)

Όρια ακτινοβολούμενων εκπομπών για μετρούμενη απόσταση τριών μέτρων (3m)

Πίνακας 3.1.12: Όρια ακτινοβολούμενων εκπομπών για μετρούμενη απόσταση τριών μέτρων (3m).

Εύρος συχνότητας	Όριο <i>Quasi-peak</i> dB(μ V/m)
30 MHz έως 230 MHz	40
230 MHz έως 1 GHz	47

Λίστα εξοπλισμού δοκιμών ακτινοβολούμενων εκπομπών

Πίνακας 3.1.13: Λίστα εξοπλισμού δοκιμών ακτινοβολούμενων εκπομπών

Εξοπλισμός	Κατασκευαστής/Μοντέλο	S.N.	Βαθμονόμηση
Δέκτης EMI	Schaffner/SMR 4518	25	29.03.2019
Κεραία BILOG	Schaffner/CBL 6111D	22266	14.08.2019
N-Type καλώδιο (2m μήκος)	Huber+Suhner/Sucoflex 106	514594/6	05.11.2019
N-Type καλώδιο (4m μήκος)	Huber+Suhner/Sucoflex 106	514594/6	05.11.2019
Μετρητής Πίεσης	Testo/511	39106014/109	04.06.2019
Μετρητής θερμοκρασίας και υγρασίας	Greisinger/GMH 3330	DK9301	04.06.2019

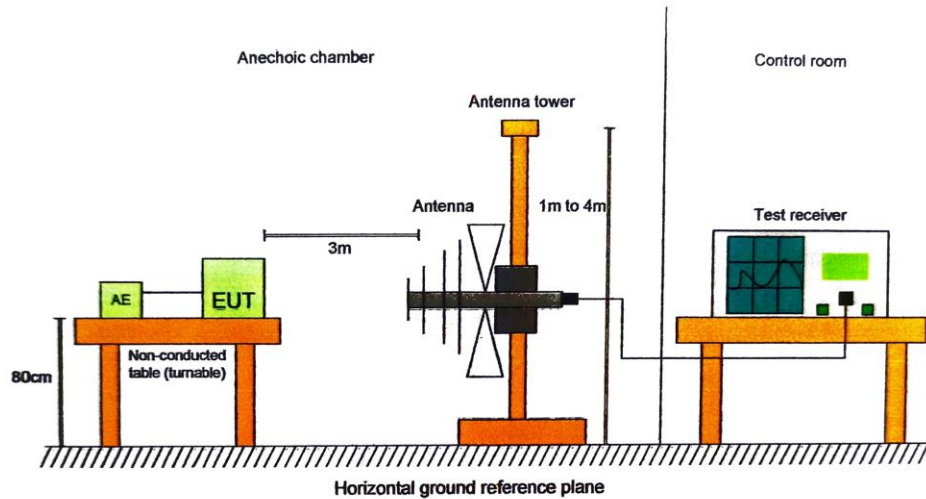
Περιβαλλοντικές συνθήκες δοκιμών ακτινοβολούμενων εκπομπών

Πίνακας 3.1.14: Περιβαλλοντικές συνθήκες δοκιμών ακτινοβολούμενων εκπομπών

	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	Πίεση (mbar)	Τοποθεσία δοκιμής
Απαιτούμενη				Ημιανεχρωική
Πραγματική	24.5±0.5	42±2	990±1	Θάλαμος

Τυπική εγκατάσταση του ελέγχου δοκιμών ακτινοβολούμενων εκπομπών

Ο εξοπλισμός στήθηκε όπως φαίνεται παρακάτω σύμφωνα με το EN 55014-1, §5.3.4



Εικόνα 42: Εγκατάσταση για έλεγχο ακτινοβολούμενων εκπομπών (30MHz-1GHz)



Εικόνα 43: Εγκατάσταση για έλεγχο ακτινοβολούμενων εκπομπών (30MHz-1GHz)

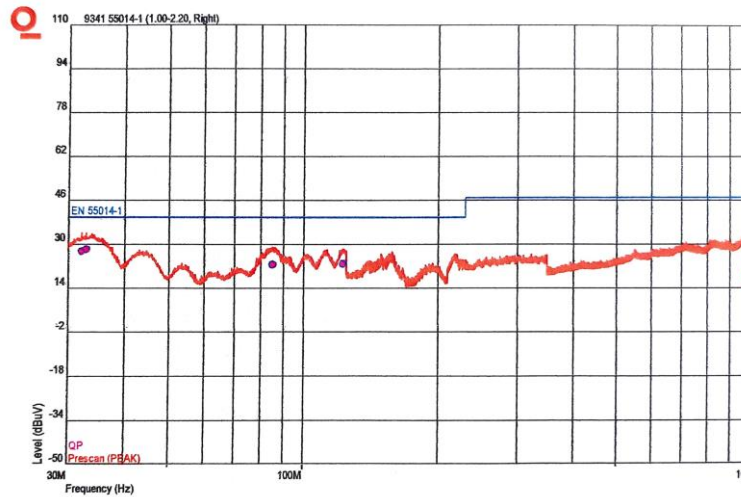
Διαδικασία ελέγχου: Σύμφωνα με την §5.3.4. Το ύψος της κεραίας πήρε τιμές μεταξύ 1m & 2.2m.

Τρόπος λειτουργίας: Η συσκευή βρισκόταν στη συνήθη κατάσταση λειτουργίας (Ενεργοποιημένο) κατά τη διάρκεια του ελέγχου. Υπήρχε οπτικός έλεγχος της συσκευής μέσω συστήματος βιντεοσκόπησης.

Αναλυτικά αποτελέσματα δοκιμών ακτινοβολούμενων εκπομπών

Πίνακας 3.1.15: Αναλυτικά αποτελέσματα δοκιμών ακτινοβολούμενων εκπομπών

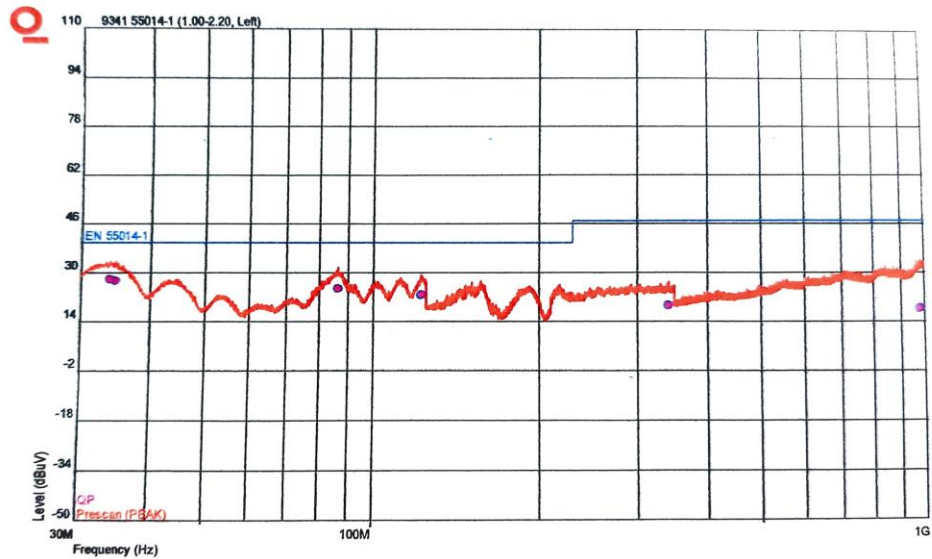
Πόλωση Κεραίας	Γωνία (°)	Ύψος (m)	Quasi-Peak		Αποτελέσματα
			Σχήμα	Πίνακας	
Οριζόντια	0	1.00-2.20	9.2	9.1	Πέρασε
Κάθετη	0	1.00-2.20			Πέρασε
Οριζόντια	90	1.00-2.20	9.3	9.2	Πέρασε
Κάθετη	90	1.00-2.20			Πέρασε
Οριζόντια	180	1.00-2.20	9.4	9.3	Πέρασε
Κάθετη	180	1.00-2.20			Πέρασε
Οριζόντια	270	1.00-2.20	9.5	9.4	Πέρασε
Κάθετη	270	1.00-2.20			Πέρασε



Εικόνα 44: Αποτελέσματα της εμπρόσθιας πλευράς (0o), με εύρος συχνότητας 30MHz-1GHz

Πίνακας 3.1.16: Αποτελέσματα της εμπρόσθιας πλευράς (0°), με εύρος συχνότητας 30 MHz-1GHz.

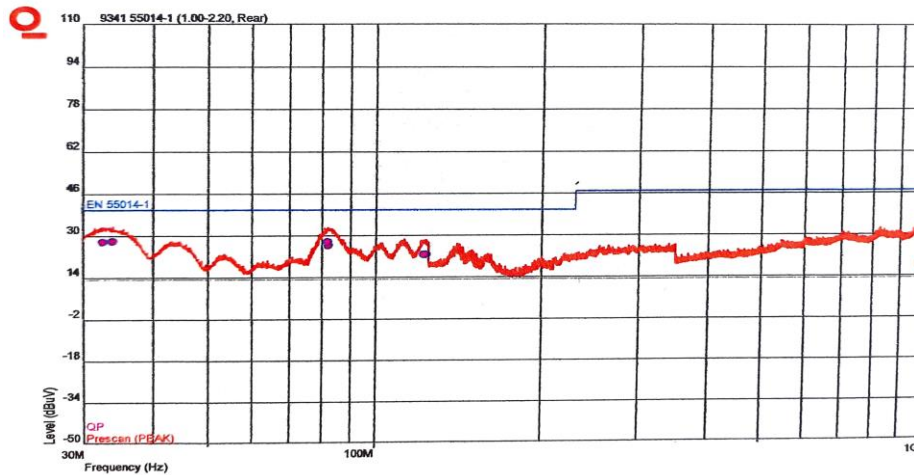
Συχνότητα (MHz)	Ύψος (m)	Πόλωση Κεραίας	Όριο (dBμV/m)	Επίπεδο (dBμV/m)	Ανιχνευτής
33.12	1.60	Οριζόντια	40.00	28.19	QP
34.2	1.90	Κάθετη	40.00	27.90	QP
85.32	1.90	Οριζόντια	40.00	23.67	QP
87.0	2.20	Οριζόντια	40.00	23.86	QP
122.16	1.00	Κάθετη	40.00	22.85	QP
123.6	1.00	Κάθετη	40.00	23.01	QP
292.68	1.90	Οριζόντια	47.00	20.10	QP
981.6	1.60	Οριζόντια	47.00	18.49	QP
989.1	1.60	Κάθετη	47.00	18.64	QP



Εικόνα 45: Αποτελέσματα της αριστερής πλευράς (90°), με εύρος συχνότητας 30MHz-1GHz

Πίνακας 3.1.17: Αποτελέσματα της αριστερής πλευράς (90°), με εύρος συχνότητας 30MHz -1GHz

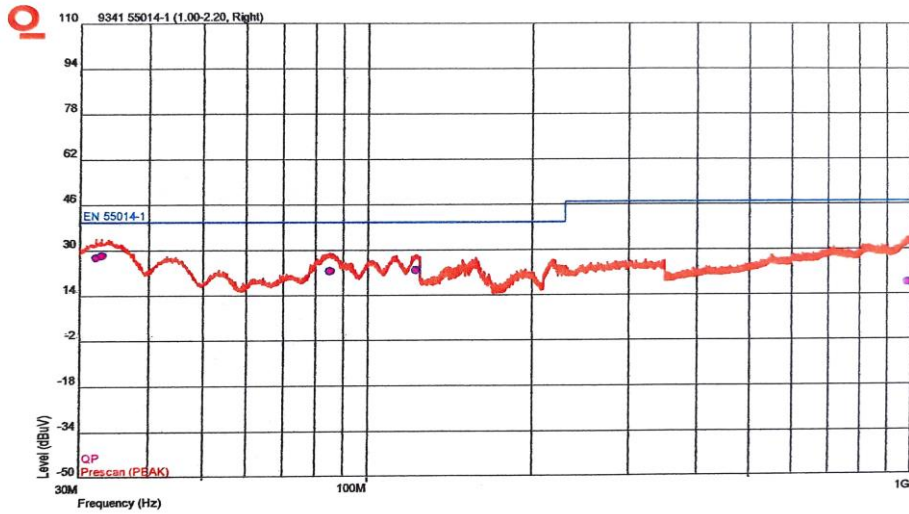
Συχνότητα (MHz)	Ύψος (m)	Πόλωση Κεραίας	Όριο (dBμV/m)	Επίπεδο (dBμV/m)	Ανιχνευτής
33.96	1.90	Κάθετη	40.00	40.00	QP
34.68	1.60	Οριζόντια	40.00	40.00	QP
86.82	1.90	Οριζόντια	40.00	40.00	QP
87.0	1.90	Οριζόντια	40.00	40.00	QP
122.4	2.20	Κάθετη	40.00	40.00	QP
122.94	1.90	Κάθετη	40.00	40.00	QP
342.24	1.30	Οριζόντια	47.00	47.00	QP
977.76	2.20	Οριζόντια	47.00	47.00	QP
983.52	1.30	Οριζόντια	47.00	47.00	QP



Εικόνα 46: Αποτελέσματα της οπίσθιας πλευράς (180°), με εύρος συχνότητας 30MHz-1GHz

Πίνακας 3.1.18: Αποτελέσματα της οπίσθιας πλευράς (180°), με εύρος συχνότητας 30MHz-1GHz

Συχνότητα (MHz)	Ύψος (m)	Πόλωση Κεραίας	Όριο (dBμV/m)	Επίπεδο (dBμV/m)	Ανιχνευτής
32.7	2.20	Κάθετη	40.00	27.79	QP
34.08	1.90	Οριζόντια	40.00	27.85	QP
82.2	1.00	Κάθετη	40.00	27.66	QP
82.56	1.00	Κάθετη	40.00	26.30	QP
122.4	1.90	Κάθετη	40.00	22.69	QP
123.6	1.60	Οριζόντια	40.00	22.75	QP
988.5	1.90	Κάθετη	47.00	18.27	QP
993.42	1.00	Κάθετη	47.00	18.32	QP



Εικόνα 47: Αποτελέσματα για τη δεξιά πλευρά (270ο), με εύρος συχνότητας 30 Mhz-1GHz

Πίνακας 3.1.19: Αποτελέσματα της δεξιάς πλευράς (270°), με εύρος συχνότητας 30 Mhz-1GHz

Συχνότητα (MHz)	Ύψος (m)	Πόλωση Κεραίας	Όριο (dBµV/m)	Επίπεδο (dBµV/m)	Ανιχνευτής
32.22	2.20	Οριζόντια	40.00	27.39	QP
33.0	1.30	Κάθετη	40.00	28.23	QP
85.44	1.60	Κάθετη	40.00	22.61	QP
85.74	1.30	Κάθετη	40.00	22.75	QP
122.58	1.90	Οριζόντια	40.00	22.98	QP
123.06	1.60	Οριζόντια	40.00	22.86	QP
984.36	1.30	Κάθετη	47.00	18.09	QP
994.38	2.20	Κάθετη	47.00	18.24	QP

Παρατήρηση: Η συσκευή βρέθηκε εντός των ορίων ακτινοβολούμενων εκπομπών, όπως αυτά έχουν οριστεί από το EN 55014-1.

3.1.9 Ασυνεχείς διαταραχές

Λίστα εξοπλισμού δοκιμών ασυνεχών διαταραχών

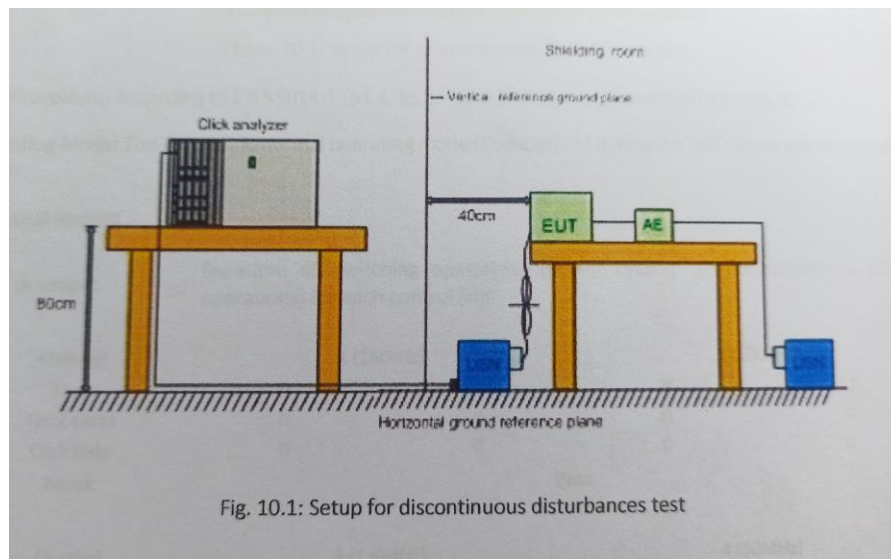
Πίνακας 3.1.20: Λίστα εξοπλισμού δοκιμών ασυνεχών διαταραχών

Εξοπλισμός	Κατασκευαστής/Μοντέλο	S.N.	Βαθμονόμηση
Αναλυτής Click	Schaffner/DIA1512D	22346	26.02.2019
IF lead (καλώδιο 1.5m μήκος)	Schaffner/IL 2178	IL 2178	26.02.2019
LISN (Τεχνητή τροφοδοσία δικτύου)	R&S/ESH2-Z5	1000442	09.09.2019
Μετρητής Πίεσης	Testo/511	39106014/109	04.06.2019
Μετρητής θερμοκρασίας και υγρασίας	Greisinger/GMH 3330	DK9301	04.06.2019

Περιβαλλοντικές συνθήκες δοκιμών ασυνεχών διαταραχών

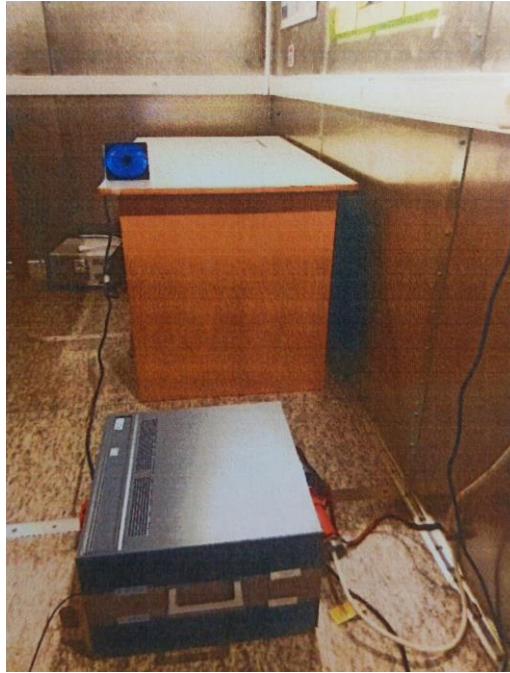
Πίνακας 3.1.21: Περιβαλλοντικές συνθήκες δοκιμών ασυνεχών διαταραχών

	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	Πίεση (mbar)	Τοποθεσία δοκιμής
Απαιτούμενη	-	-	-	Θωρακισμένο Δωμάτιο
Πραγματική	25	49	991	



Εικόνα 48: Εγκατάσταση για δοκιμή ασυνεχών διαταραχών

Τυπική εγκατάσταση δοκιμής δοκιμών ασυνεχών διαταραχών
Το EUT στήθηκε σύμφωνα με το EN 55014-1 §4.2 και §5



Εικόνα 49: Εγκατάσταση για δοκιμή ασυνεχών διαταραχών

Διαδικασία δοκιμής: Σύμφωνα με EN 55014-1(§4.4, §5.1.7, §5.4.2)με χρήση Schaffner DIS9966,V2.5

Τρόπος λειτουργίας: Το EUT βρισκόταν στη συνήθη κατάσταση λειτουργίας (Ενεργοποιημένο) κατά τη διάρκεια της δοκιμής. Υπήρχε οπτικός έλεγχος του EUT.

Αναλυτικά αποτελέσματα δοκιμών ασυνεχών διαταραχών

Διάρκεια Δοκιμής: 40 λειτουργίες εναλλαγής (ισχύς κύκλου: 20 σε λειτουργία, 20 εκτός λειτουργίας) για κάθε γραμμή ελέγχου

Πίνακας 3.1.22: Αναλυτικά αποτελέσματα δοκιμών ασυνεχών διαταραχών α)

Κανάλι	1 (150kHz)		2 (500kHz)	
	N	L1	N	L1
Σύνολο Click	0	0	0	0
Ρυθμός Click	0	0	0	0
Αποτέλεσμα	Πέρασε			

Πίνακας 3.1.23: Αναλυτικά αποτελέσματα δοκιμών ασυνεχών διαταραχών β)

Κανάλι	3 (1.4MHz)		4 (30MHz)	
	N	L1	N	L1
Σύνολο Click	0	0	0	0
Ρυθμός Click	0	0	0	0
Αποτέλεσμα	Πέρασε			

Παρατήρηση: Το EUT είναι συμμορφωμένο με τις προδιαγραφές του EN 55014-1.

3.1.9. Δοκιμή εκπομπών αρμονικών ρεύματος

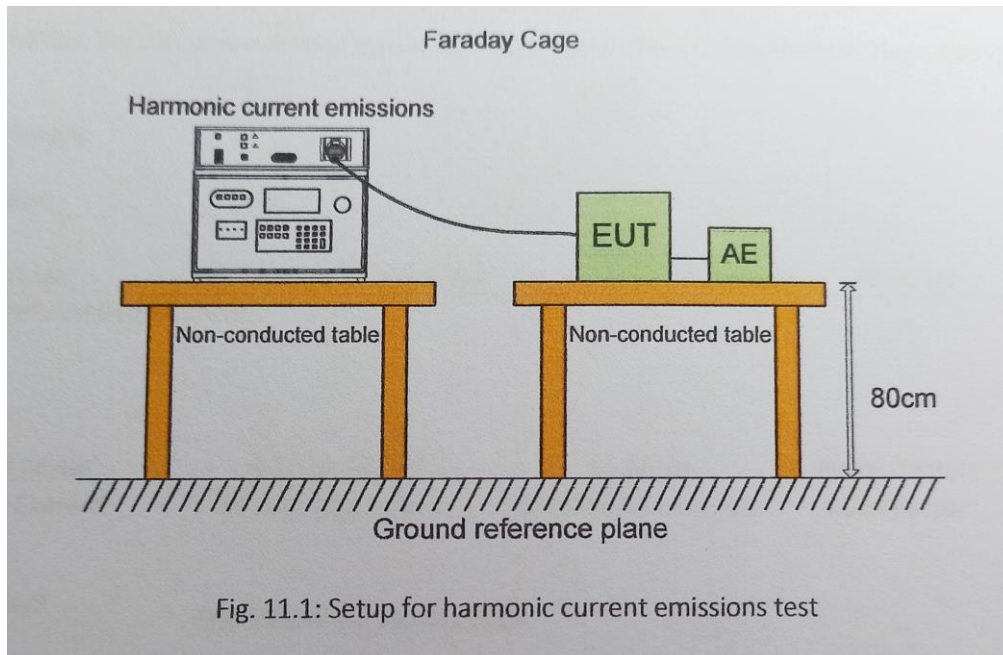
Λίστα εξοπλισμού δοκιμών εκπομπών αρμονικών ρεύματος

Πίνακας 3.1.24: Λίστα εξοπλισμού δοκιμών εκπομπών αρμονικών ρεύματος

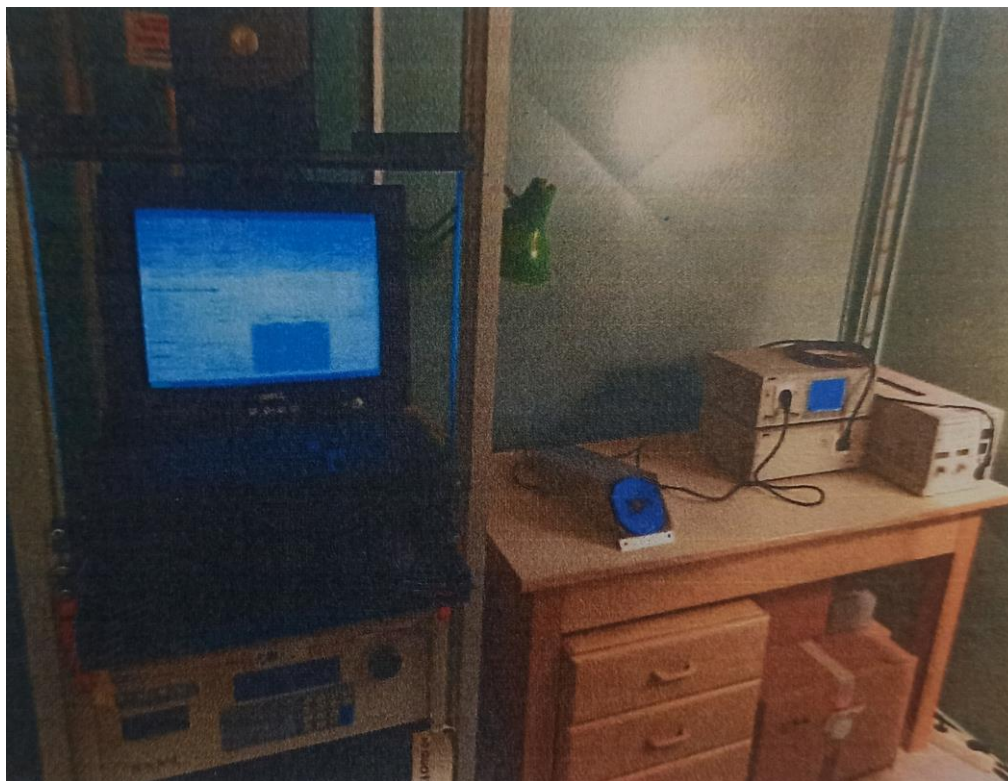
Εξοπλισμός	Κατασκευαστής/Μοντέλο	S.N.	Βαθμονόμηση
Αναλυτής Αρμονικών, Αστάθειας, Ισχύος	Thurlby Thandar/HA1600A	444113	03.09.2018
Πηγή τάσης χαμηλής	Thurlby Thandar/AC1000A	444360	03.09.2018
Πηγή AC τάσης	California Instruments/801P-232	10172	Δ/Ε
Μετρητής Πίεσης	Testo/511	39106014/109	04.06.2019
Μετρητής Θερμοκρασίας και υγρασίας	Greisinger/GMH 3330	DK9301	04.06.2019

Περιβαλλοντικές συνθήκες δοκιμών εκπομπών αρμονικών ρεύματος

	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	Πίεση (mbar)	Τοποθεσία δοκιμής
Απαιτούμενη	-	-	-	Κλωβός
Πραγματική	24	47	991	Faraday



Εικόνα 50: Τυπική εγκατάσταση δοκιμής εκπομπών αρμονικών ρεύματος



Εικόνα 51: Εγκατάσταση για δοκιμή εκπομπών αρμονικών ρεύματος

Διαδικασία δοκιμής: Σύμφωνα με EN 61000-3-2 (§6.2.2), με τη χρήση HA-PC Link plus έκδοση 3.02

Τρόπος λειτουργίας: Το EUT βρισκόταν στη συνήθη κατάσταση λειτουργίας (Ενεργοποιημένο) κατά τη διάρκεια της δοκιμής. Υπήρχε οπτικός έλεγχος του EUT.

Αναλυτικά αποτελέσματα

Διάρκεια Δοκιμής: 10 λεπτά

Τάση τροφοδοσίας: 230.3 Vrms @ 325.5 Vpk Συχνότητα: 50.00 Hz

Η τροφοδοσία πληροί τις προδιαγραφές EN

Φορτίο ισχύος	4.10 με 4.49 W	15.61 VA	Συντελεστής ισχύος: 0.27
Φορτίο ρεύματος	66.4 με 70.4 mA _{rms}	298.7 με 313.5 mA _{pk}	Συντελεστής κορυφής: 4.479
Πρότυπο μέτρησης	EN 61000-4- 7:2002+A1:2009	EN 61000-3-2:2014	
Όρια που τέθηκαν	Χωρίς όρια	Πραγματική ισχύς κάτω από το ελάχιστο όριο κατωφλίου	

Πίνακας 3.1.25

Αρμονικό Νούμερο	Όριο Ρεύματος(mA)	Μέσος όρος (φιλτραρισμένου)mA	Όριο(%)	Μέγιστη τιμή (φιλτραρισμένου)mA	Όριο(%)	Εκτίμηση
Βασικό		37.7				
2	-	1.4	-	1.7	-	-
3	-	18	-	18.1	-	-
4	-	1.4	-	1.7	-	-
5	-	17.8	-	17.8	-	-
6	-	1.4	-	1.6	-	-
7	-	17.4	-	17.4	-	-
8	-	1.3	-	1.6	-	-
9	-	17	-	17	-	-
10	-	1.3	-	1.5	-	-
11	-	16.4	-	16.4	-	-
12	-	1.2	-	1.4	-	-
13	-	15.8	-	15.8	-	-
14	-	1.2	-	1.3	-	-
15	-	15.1	-	15.1	-	-
16	-	1.1	-	1.2	-	-
17	-	14.3	-	14.2	-	-
18	-	1	-	1.1	-	-
19	-	13.4	-	13.4	-	-
20	-	0.9	-	1	-	-
21	-	12.5	-	12.5	-	-
22	-	0.8	-	0.9	-	-
23	-	11.5	-	11.5	-	-
24	-	0.7	-	0.8	-	-
25	-	10.6	-	10.6	-	-
26	-	0.6	-	0.7	-	-
27	-	9.6	-	906	-	-
28	-	0.5	-	0.6	-	-
29	-	8.6	-	8.6	-	-
30	-	0.5	-	0.5	-	-
31	-	7.6	-	7.6	-	-
32	-	0.4	-	0.4	-	-
33	-	6.7	-	6.7	-	-

34	-	0.4	-	0.4	-	-
35	-	5.7	-	5.7	-	-
36	-	0.3	-	0.4	-	-
37	-	4.8	-	4.9	-	-
38	-	0.3	-	0.3	-	-
39	-	4	-	4	-	-
40	-	0.3	-	0.3	-	-
21-39	-	27.2	-	27.4	-	-

Παρατήρηση: Το EUT συνάδει με τις προδιαγραφές EN 61000-3-2 (για EUT που βρέθηκε με ισχύ $\leq 75W$, εκτός από εξοπλισμό φωτισμού, δεν ορίζονται όρια με αυτά τα δεδομένα σε αυτήν την έκδοση).

3.1.10. Διακυμάνσεις Τάσεως και Τρεμόσβημα

Λίστα εξοπλισμού δοκιμών διακυμάνσεων τάσης και τρεμοσβήματος

Πίνακας 3.1.26: Λίστα εξοπλισμού δοκιμών διακυμάνσεων τάσης και τρεμοσβήματος

Εξοπλισμός	Κατασκευαστής/Μοντέλο	S.N.	Βαθμονόμηση
Αναλυτής Αρμονικών, Αστάθειας, Ισχύος	Thurlby Thandar/HA1600A	444113	03.09.2018
Πηγή τάσης χαμηλής παραμόρφωσης	Thurlby Thandar/AC1000A	444360	03.09.2018
Πηγή AC τάσης	California Instruments/801P-232	10172	Δ/Ε
Μετρητής Πίεσης	Testo/511	39106014/109	04.06.2019
Μετρητής θερμοκρασίας και υγρασίας	Greisinger/GMH 3330	DK9301	04.06.2019

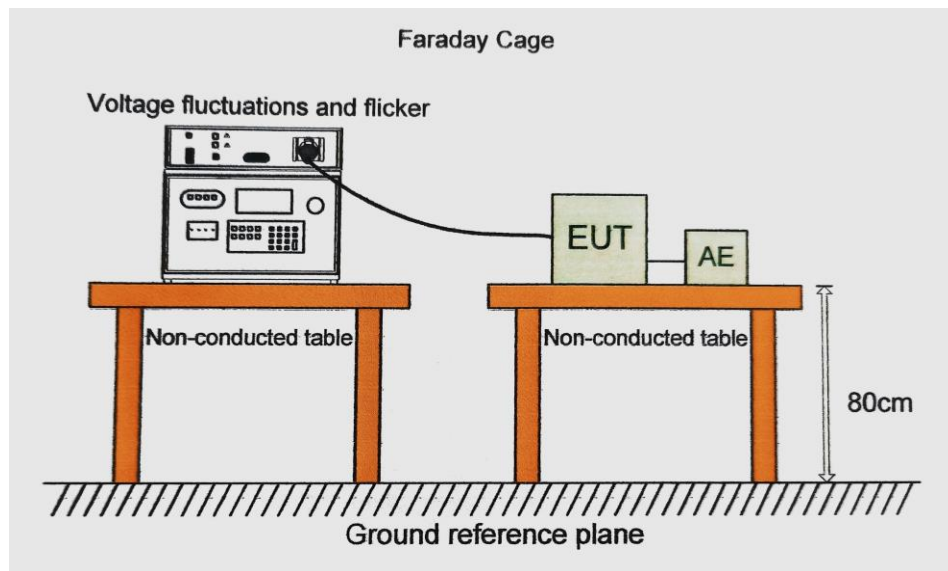
Περιβαλλοντικές συνθήκες

Πίνακας 3.1.27: Περιβαλλοντικές συνθήκες δοκιμών διακυμάνσεων τάσης και τρεμοσβήματος

	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	Πίεση (mbar)	Τοποθεσία δοκιμής
Απαιτούμενη	-	-	-	Κλωβός
Πραγματική	24	47	991	Faraday

Τυπική εγκατάσταση δοκιμής

Το EUT στήθηκε όπως φαίνεται στις εικόνες 50 και 51, σύμφωνα με το EN 61000-3-3 §6.



Εικόνα 52: Εγκατάσταση για δοκιμή διακυμάνσεων της τάσης



Εικόνα 53: Εγκατάσταση για δοκιμή διακυμάνσεων της τάσης

Διαδικασία δοκιμής: Σύμφωνα με EN 61000-3-3 §6, με τη χρήση HA-PC Link plus έκδοση 3.02.

Τρόπος λειτουργίας: Το EUT βρισκόταν στη συνήθη κατάσταση λειτουργίας (Ενεργοποιημένο) κατά τη διάρκεια της δοκιμής. Υπήρχε οπτικός έλεγχος του EUT.

Αναλυτικά αποτελέσματα

Διάρκεια Δοκιμής: 10 λεπτά

Φορτίο ισχύος	4.24 W	15.60 VA	Συντελεστής ισχύος: 0.272
Φορτίο ρεύματος	67.6 με 67.8 mA _{rms}	295.6 με 303.3 mA _{pk}	Συντελεστής κορυφής: 4.474

EN 61000-3-3:2013

Η μείωση της τάσης είναι θετική

Εναλλαγές Τάσης

	Υψηλότερο επίπεδο	Χαμηλότερο επίπεδο
Ονομαστική Τάση: 230 Vrms	Μισού-Κύκλου : -1.10%	Μισού-Κύκλου : +0.08%
d(max): -0.94%	Όριο: 4%	Πέρασε
t(max): 0.00 δεύτερα	Όριο: 500ms	Πέρασε

Ορισμένη σταθερή κατάσταση: >1000ms μεταξύ +/-0.2%

Τρεμόσβημα

Πίνακας 3.1.28:

Pst Ταξινόμηση					
Διάρκεια	Τρεμόσβημα	Διάρκεια	Τρεμόσβημα	Διάρκεια	Τρεμόσβημα
0.1%	0.01	3%	0.01	13%	0.00
0.7%	0.01	4%	0.00	17%	0.00
1.0%	0.01	6%	0.00	30%	0.00
1.5%	0.01	8%	0.00	50%	0.00
2.2%	0.01	10%	0.00	80%	0.00

Παρατήρηση: Η επίδοση του EUT ικανοποίησε τα ορισμένα όρια του EN 61000-3-3.

3.1.11. Δοκιμή ατρωσίας ηλεκτροστατικής εκφόρτισης

Λίστα εξοπλισμού δοκιμών ατρωσίας σε ηλεκτροστατική εκκένωση

Πίνακας 3.1.29: Λίστα εξοπλισμού δοκιμών ατρωσίας σε ηλεκτροστατική εκκένωση

Εξοπλισμός	Κατασκευαστής/Μοντέλο	S.N.	Βαθμονόμηση
Ηλεκτροστατική γεννήτρια	Schaffner/NSG 438	273	02.01.2020
Μετρητής Πίεσης	Testo/511	39106014/109	04.06.2019
Μετρητής θερμοκρασίας και υγρασίας	Greisinger/GMH 3330	DK9301	04.06.2019
Οριζόντιο επίπεδο ζεύξης			Δ/Ε
Κάθετο επίπεδο ζεύξης			Δ/Ε

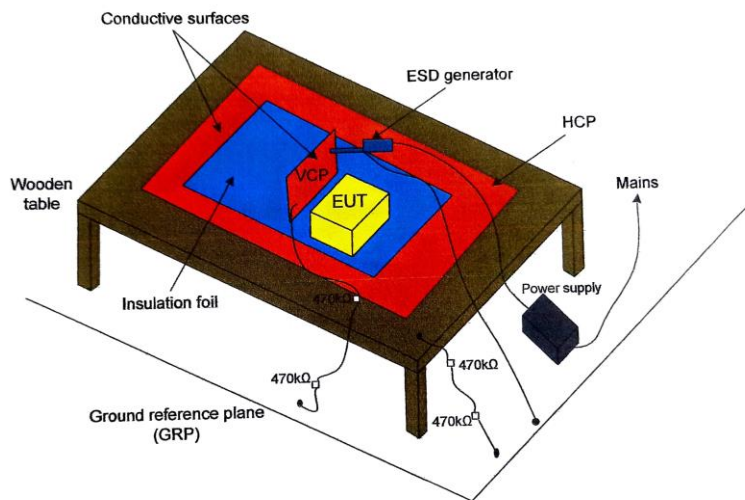
Περιβαλλοντικές συνθήκες

Πίνακας 3.1.30: Περιβαλλοντικές συνθήκες

	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	Πίεση (mbar)	Τοποθεσία δοκιμής
Απαιτούμενη	15-35	30-60	860-1060	Εργαστήριο υψηλής τάσης HV
Πραγματική	24	47	991	

Τυπική εγκατάσταση της δοκιμής ηλεκτροστατικής εκκένωσης

Το EUT στήθηκε όπως φαίνεται στις εικόνες 52 και 53, σύμφωνα με το EN 61000-4-2 §7.



Εικόνα 54: Εγκατάσταση για δοκιμή ηλεκτροστατικής εκκένωσης



Εικόνα 55: Εγκατάσταση για δοκιμή ηλεκτροστατικής εκκένωσης

Διαδικασία δοκιμής ηλεκτροστατικής εκκένωσης: Σύμφωνα με EN 61000-04-02 §8.

Αναλυτικά αποτελέσματα δοκιμής ηλεκτροστατικής εκκένωσης

Δέκα (10) εκκενώσεις κάθε πολικότητας εφαρμόστηκαν σε κάθε σημείο, σε κάθε επίπεδο τάσης. Ελάχιστο χρονικό διάστημα μεταξύ των εκκενώσεων είναι 1 δευτερόλεπτο (s).

Εκκενώσεις επαφής

Πίνακας 3.1.31:

Σημείο	Τάση (kV)								Παρατηρήσεις	
	+2	-2	+4	-4	+6	-6	+8	-8		
Οριζόντιο επίπεδο ζεύξης	G	Δ/Ε	Δ/Ε	A	A	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Πέρασε
Κάθετο επίπεδο ζεύξης	G	Δ/Ε	Δ/Ε	A	A	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Πέρασε
Μεταλλικό περίβλημα	G	Δ/Ε	Δ/Ε	A	A	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Πέρασε
Βίδες σε μεταλλικό περίβλημα	G	Δ/Ε	Δ/Ε	A	A	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Πέρασε

G: Όταν το σημείο είναι γειωμένο.

U: Όταν το σημείο δεν είναι γειωμένο.

Εκκένωση αέρα

Πίνακας 3.1.32:

Σημείο	Τάση (kV)								Παρατηρήσεις
	+2	-2	+4	-4	+8	-8	+15	-15	
Πλαστικό περίβλημα ανεμιστήρα	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	A	A	Δ/Ε	Δ/Ε	Πέρασε

A: Το EUT ικανοποιεί το κριτήριο απόδοσης A σε αυτό το επίπεδο δοκιμής.

B: Το EUT ικανοποιεί το κριτήριο απόδοσης B σε αυτό το επίπεδο δοκιμής.

C: Το EUT ικανοποιεί το κριτήριο απόδοσης C σε αυτό το επίπεδο δοκιμής.

Δ/Ε: Αυτό το επίπεδο δοκιμής δεν εφαρμόζεται σε αυτό το EUT.

Παρατήρηση: Το EUT όπως δοκιμάστηκε πληρούσε τις απαιτήσεις των EN 55014-2 και EN 61000-4-2

3.1.12. Δοκιμή ατρωσίας σε ακτινοβολούμενο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο ραδιοσυχνότητας (κάτω του 1GHz)

Λίστα εξοπλισμού δοκιμής σε RF ηλεκτρομαγνητικό πεδίο

Πίνακας 3.1.33: Λίστα εξοπλισμού δοκιμής σε RF ηλεκτρομαγνητικό πεδίο

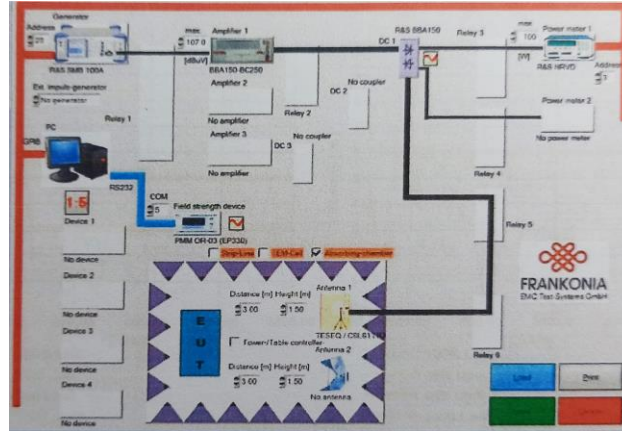
Εξοπλισμός	Κατασκευαστής/Μοντέλο	S.N.	Βαθμονόμηση
Γεννήτρια HF	Rohde Schwarz/SMB 100A	102231	06.08.2019
Ενισχυτής	Rohde Schwarz/BBA 150-BC250	101878	06.03.2018
Ενισχυτής	Rohde Schwarz/BBA 150-BC250	101870	06.03.2018
Μετρητής Ισχύος	Rohde Schwarz/NRVD	826224/02	12.08.2019
Αισθητήρες Τάσης	Rohde Schwarz/URV5-Z7	826222/08&09	12.08.2019
Κεραία	Schaffner/CBL 6111D	22266	14.08.2019
Μετρητής Πίεσης	Testo/511	39106014/109	04.06.2019
Μετρητής Θερμοκρασίας και υγρασίας	Greisinger/GMH 3330	DK9301	04.06.2019

Περιβαλλοντικές συνθήκες

	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	Πίεση (mbar)	Τοποθεσία δοκιμής
Απαιτούμενη	-	-	-	
Πραγματική	25	41.5±1.5	989	Ημιανηχικός Θάλαμος

Τυπική εγκατάσταση της δοκιμής

Το EUT στήθηκε όπως φαίνεται στις εικόνες 54 και 55, σύμφωνα με το EN 61000-4-3 §7.

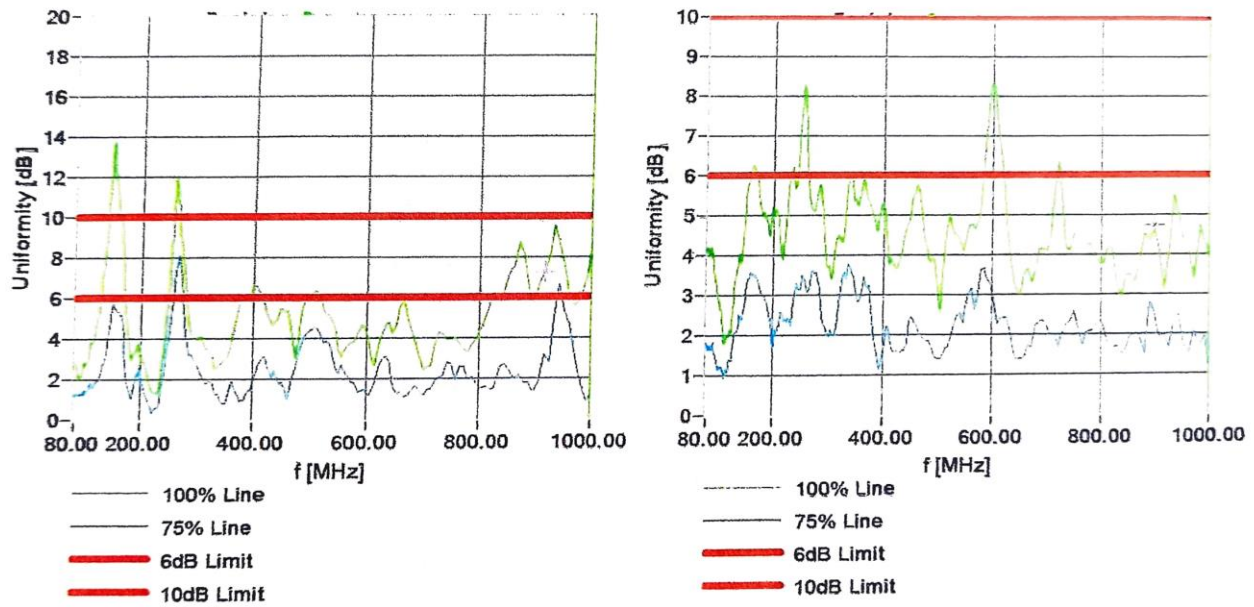


Εικόνα 56: Εγκατάσταση για δοκιμή RF ηλεκτρομαγνητικού πεδίου (80MHz-1GHz)



Εικόνα 57: Εγκατάσταση για RF ηλεκτρομαγνητικού πεδίου (80MHz-1GHz)

Διαδικασία δοκιμής: Σύμφωνα με EN 61000-4-3 §8, με τη χρήση Frankonia RF-LAB V5.008. Το ύψος της κεραίας ήταν 1.5m. Η ομοιομορφία του πεδίου παρουσιάζεται στην εικόνα 56.



Εικόνα 58: Ομοιομορφία για οριζόντια (αριστερά) και κάθετη (δεξιά) πόλωση της κεραία (80MHz-1GHz).

Τρόπος λειτουργίας: Το EUT βρισκόταν στη συνήθη κατάσταση λειτουργίας (Ενεργοποιημένο) κατά τη διάρκεια της δοκιμής. Υπήρχε οπτικός έλεγχος του EUT μέσω συστήματος βιντεοσκόπησης.

Αναλυτικά Αποτελέσματα

Συχνότητα (MHz)	Διαφοροποίηση 1kHz, 80%AM	Επίπεδο (V/m)	Απόσταση (m)	Πόλωση Κεραίας	Πλευρά EUT	Παρατηρήσεις
80-1000	Ναι	3	3	Οριζόντια	Εμπρόσθια	Πέρασε
80-1000	Ναι	3	3	Κάθετη	Εμπρόσθια	Πέρασε
80-1000	Ναι	3	3	Οριζόντια	Αριστερά	Πέρασε
80-1000	Ναι	3	3	Κάθετη	Αριστερά	Πέρασε
80-1000	Ναι	3	3	Οριζόντια	Οπίσθια	Πέρασε
80-1000	Ναι	3	3	Κάθετη	Οπίσθια	Πέρασε
80-1000	Ναι	3	3	Οριζόντια	Δεξιά	Πέρασε
80-1000	Ναι	3	3	Κάθετη	Δεξιά	Πέρασε

A: Το EUT ικανοποιεί το κριτήριο απόδοσης A σε αυτό το επίπεδο δοκιμής.

Παρατήρηση: Το EUT όπως δοκιμάστηκε πληρούσε τις απαιτήσεις EN 55014-2 και EN 61000-4-3.

3.1.13. Λίστα εξοπλισμού δοκιμών απότομων εκφορτίσεων

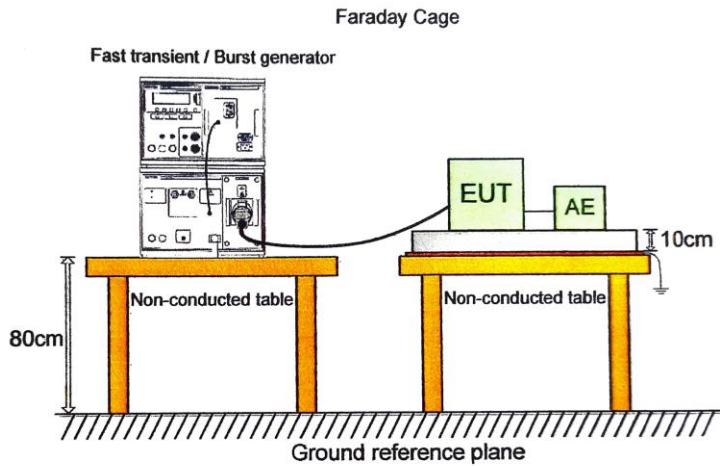
Εξοπλισμός Βασική Μονάδα	Κατασκευαστής/Μοντέλο Rohde Schwarz/SMB 100A	S.N.	Βαθμονόμηση
Βασική Μονάδα	Schaffner/NSG 2050	200313-127AR	02.01.2020
Γεννήτρια Εκρήξεων	Schaffner/NSG 2225	200329-515LU	02.01.2020
Δίκτυο Ζεύξης	Schaffner/CDN 131/151	34306	02.01.2020
Μετρητής Πίεσης	Testo/511	39106014/109	04.06.2019
Μετρητής θερμοκρασίας και υγρασίας	Greisinger/GMH 3330	DK9301	04.06.2019

Περιβαλλοντικές συνθήκες

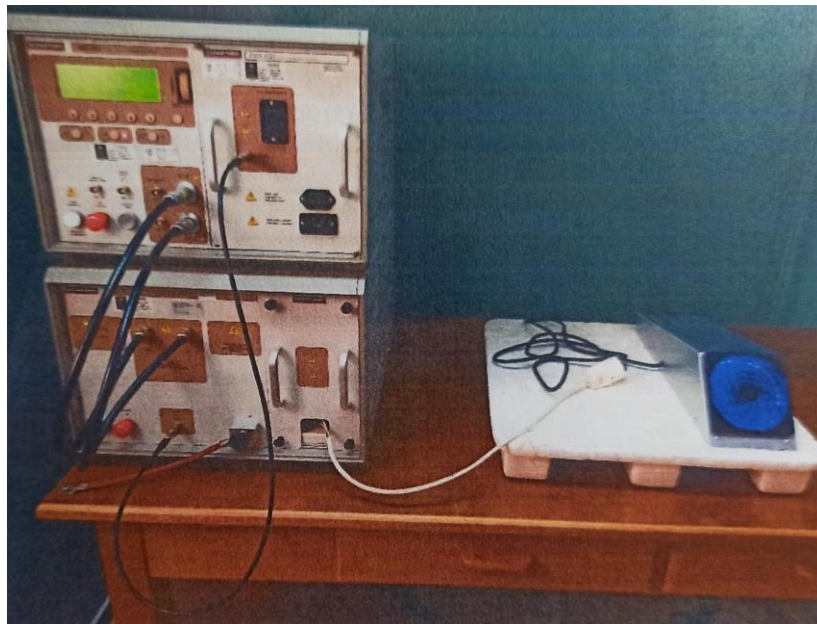
	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	Πίεση (mbar)	Τοποθεσία δοκιμής
Απαιτούμενη	15-35	25-75	860-1060	Κλωβός Faraday
Πραγματική	24	47	991	

Τυπική εγκατάσταση της δοκιμής

Το EUT στήθηκε όπως φαίνεται στις εικόνες 57 και 58, σύμφωνα με το EN 61000-4-4 §7.



Εικόνα 59: Εγκατάσταση για δοκιμή απότομων εκφορτίσεων



Εικόνα 60: Εγκατάσταση για δοκιμή απότομων εκφορτίσεων

Διαδικασία δοκιμής: Σύμφωνα με EN 61000-04-04 §8.

Τρόπος λειτουργίας: Το EUT βρισκόταν στη συνήθη κατάσταση λειτουργίας (Ενεργοποιημένο) κατά τη διάρκεια της δοκιμής. Υπήρχε οπτικός έλεγχος του EUT.

Αναλυτικά αποτελέσματα

Η διάρκεια των παλμών σε κάθε επίπεδο και πολικότητα τάσης ήταν 2 λεπτά.

Θύρα	Τάση (kV)								Παρατηρήσεις
	+0.5	-0.5	+1	-1	+2	-2	+4	-4	
Γραμμή L-N-PE	A	A	A	A	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Πέρασε

A: Το EUT ικανοποιεί το κριτήριο απόδοσης A σε αυτό το επίπεδο δοκιμής.

B: Το EUT ικανοποιεί το κριτήριο απόδοσης B σε αυτό το επίπεδο δοκιμής.

Δ/Ε: Αυτό το επίπεδο δοκιμής δεν εφαρμόζεται σε αυτό το EUT.

Παρατήρηση: Το EUT όπως δοκιμάστηκε πληρούσε τις απαιτήσεις των EN 55014-2 και EN 61000-4-4

3.1.14. Λίστα εξοπλισμού δοκιμών υπέρτασης

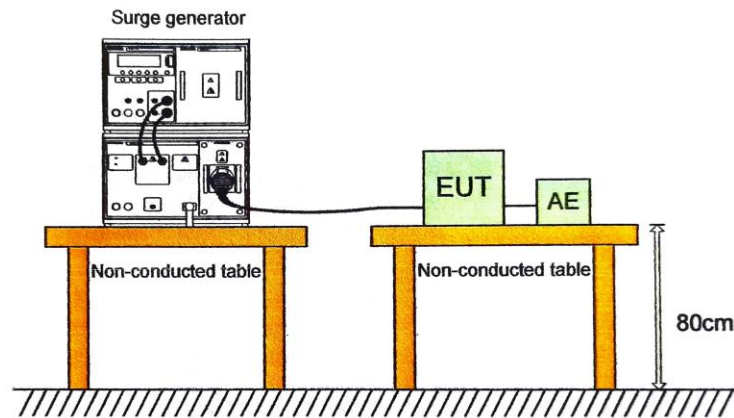
Εξοπλισμός Βασική Μονάδα	Κατασκευαστής/Μοντέλο Rohde Schwarz/SMB 100A	S.N.	Βαθμονόμηση
Βασική Μονάδα	Schaffner/NSG 2050	200313-127AR	02.01.2020
Γεννήτρια Υπέρτασης	Schaffner/NSG 2050	200329-515LU	02.01.2020
Δίκτυο Ζεύξης	Schaffner/CDN 131/151	34306	02.01.2020
Μετρητής Πίεσης	Testo/511	39106014/109	04.06.2019
Μετρητής θερμοκρασίας και υγρασίας	Greisinger/GMH 3330	DK9301	04.06.2019

Περιβαλλοντικές συνθήκες

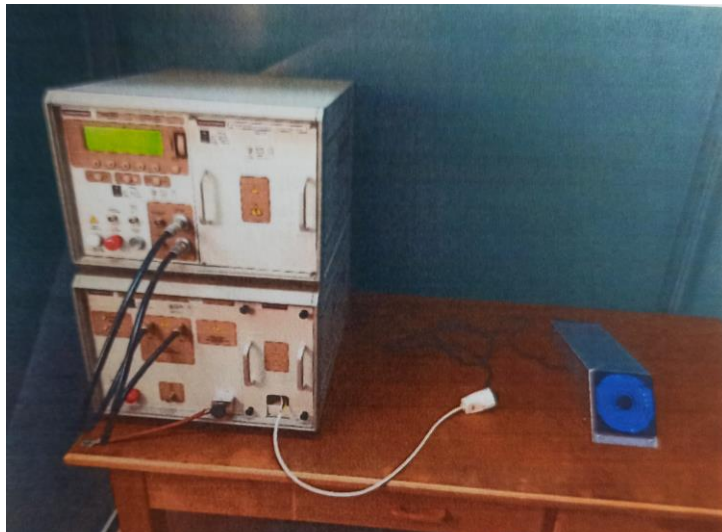
	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	Πίεση (mbar)	Τοποθεσία δοκιμής
Απαιτούμενη	15-35	10-75	860-1060	Εργαστήριο υψηλής τάσης HV
Πραγματική	23	48	991	

Τυπική εγκατάσταση της δοκιμής

Το EUT στήθηκε όπως φαίνεται στις εικόνες 59 και 60, σύμφωνα με το EN 61000-4-5 §7.



Εικόνα 61: Εγκατάσταση για δοκιμή υπερέντασης



Εικόνα 62: Εγκατάσταση για δοκιμή υπέρτασης

Διαδικασία δοκιμής: Σύμφωνα με EN 61000-4-5 §8.

Τρόπος λειτουργίας: Το EUT βρισκόταν στη συνήθη κατάσταση λειτουργίας (Ενεργοποιημένο) κατά τη διάρκεια της δοκιμής. Υπήρχε οπτικός έλεγχος του EUT.

Αναλυτικά αποτελέσματα

Πέντε (5) εκκενώσεις κάθε πολικότητας εφαρμόστηκαν σε κάθε επίπεδο τάσης. Ελάχιστο χρονικό διάστημα μεταξύ των εκκενώσεων είναι 60 δευτερόλεπτα (s).

Θύρα	Γωνία(°)	Τάση (kV)								Παρατηρήσεις
		+0.5	-0.5	+1	-1	+2	-2	+4	-4	
Γραμμή L-N	0	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Πέρασε
Γραμμή L-N	90	Δ/Ε	Δ/Ε	A	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Πέρασε
Γραμμή L-N	180	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Πέρασε
Γραμμή L-N	270	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	A	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Πέρασε
Γραμμή L-PE	0	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Πέρασε
Γραμμή L-PE	90	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	A	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Πέρασε
Γραμμή L-PE	180	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Πέρασε
Γραμμή L-PE	270	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	A	Δ/Ε	Δ/Ε	Πέρασε
Γραμμή N-PE	0	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Πέρασε
Γραμμή N-PE	90	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	A	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Πέρασε
Γραμμή N-PE	180	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Πέρασε
Γραμμή N-PE	270	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	Δ/Ε	A	Δ/Ε	Δ/Ε	Πέρασε

A: Το EUT ικανοποιεί το κριτήριο απόδοσης A σε αυτό το επίπεδο δοκιμής.

B: Το EUT ικανοποιεί το κριτήριο απόδοσης B σε αυτό το επίπεδο δοκιμής.

Δ/Ε: Αυτό το επίπεδο δοκιμής δεν εφαρμόζεται σε αυτό το EUT.

Παρατήρηση: Το EUT όπως δοκιμάστηκε πληρούσε τις απαιτήσεις των EN 55014-2 και EN 61000-4-5

3.1.15. Λίστα εξοπλισμού δοκιμών αγόμενου ηλεκτρομαγνητικού πεδίου

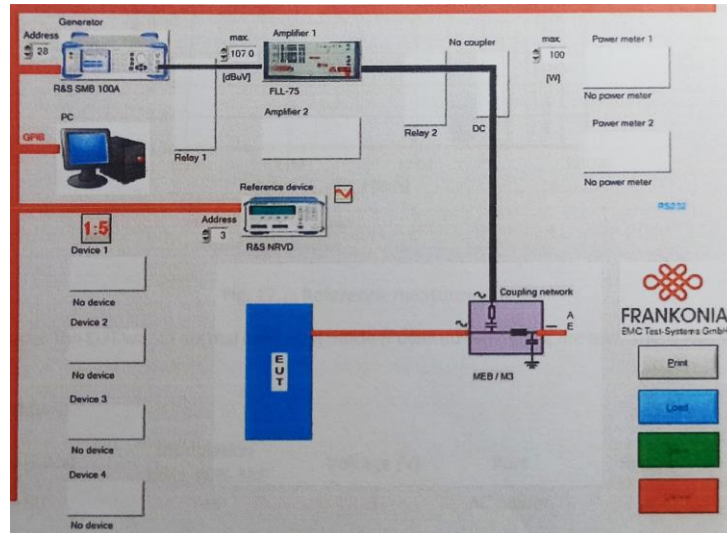
Εξοπλισμός	Κατασκευαστής/Μοντέλο Rohde Schwarz/SMB 100A	S.N.	Βαθμονόμηση
Γεννήτρια HF	Rohde Schwarz/SMB 100A	102231	06.08.2019
Ενισχυτής Εξασθεμιστής - 6dB/75Watt	Frankonia/FLL-75	0029	27.07.2018
Εξασθεμιστής - 6dB/75Watt	TESEQ/ATN 6075	42456	10.09.2018
Δίκτυο Ζεύξης	Messelektronik Berlin/M3	13379	15.01.2019
Μετρητής Ισχύος	Rohde Schwarz/NRVD	826224/021	12.08.2019
Αισθητήρες Τάσης	Greisinger/GMH 3330	10483	12.08.2019
Μετρητής Πίεσης	Rohde Schwarz/URV5-Z2	39106014/109	04.06.2019
Μετρητής θερμοκρασίας και υγρασίας	Greisinger/GMH 3330	DK9301	04.06.2019

Περιβαλλοντικές συνθήκες

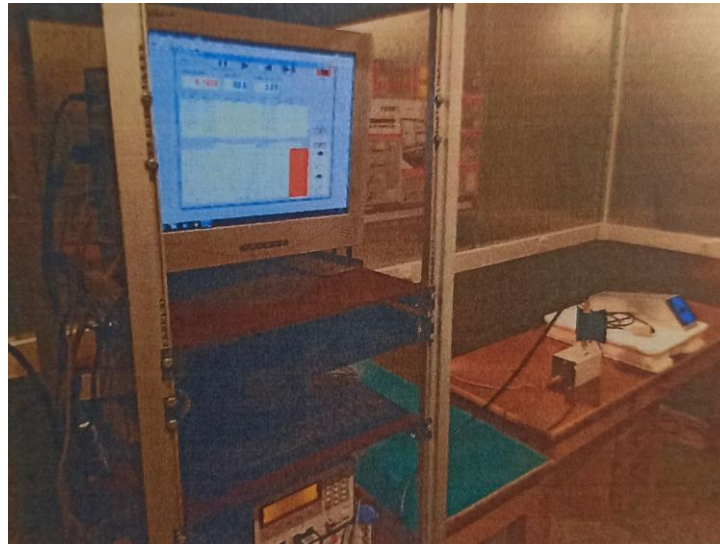
	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	Πίεση (mbar)	Τοποθεσία δοκιμής
Απαιτούμενη	-	-	-	Θωρακισμένος Θάλαμος
Πραγματική	24	48±1	991	

Τυπική εγκατάσταση της δοκιμής

Το EUT στήθηκε όπως φαίνεται στις εικόνες 61 και 62, σύμφωνα με το EN 61000-4-6 §7.

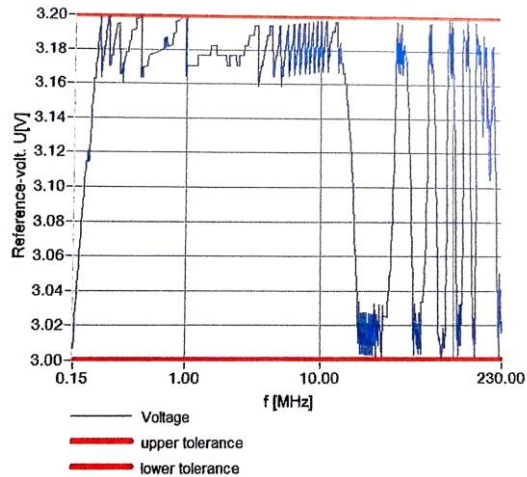


Εικόνα 63: Εγκατάσταση για δοκιμή αγόμενου ηλεκτρομαγνητικού πεδίου



Εικόνα 64: Εγκατάσταση για δοκιμή αγόμενου ηλεκτρομαγνητικού πεδίου

Διαδικασία δοκιμής: Σύμφωνα με EN 61000-4-6 §8, με τη χρήση Frankonia CD-LAB V5.008. Οι μετρήσεις αναφοράς παρουσιάζονται στην εικόνα 63.



Εικόνα 65: Αναφορά Μέτρησης

Τρόπος λειτουργίας: Το EUT βρισκόταν στη συνήθη κατάσταση λειτουργίας (Ενεργοποιημένο) κατά τη διάρκεια της δοκιμής. Υπήρχε οπτικός έλεγχος του EUT μέσω συστήματος βιντεοσκόπησης.

Αναλυτικά Αποτελέσματα

Συχνότητα (MHz)	Διαφοροποίηση 1kHz, 80%AM	Τάση (V)	Θύρα	Αποτέλεσμα	Παρατηρήσεις
0.150-80	Ναι	3	Ισχύς AC	A	Πέρασε

A: Το EUT ικανοποιεί το κριτήριο απόδοσης A σε αυτό το επίπεδο δοκιμής.

Παρατήρηση: Το EUT όπως δοκιμάστηκε πληρούσε τις απαιτήσεις των EN 55014-2 και EN 61000-4-6.

3.1.16. Λίστα εξοπλισμού δοκιμών αγόμενου ηλεκτρομαγνητικού πεδίου

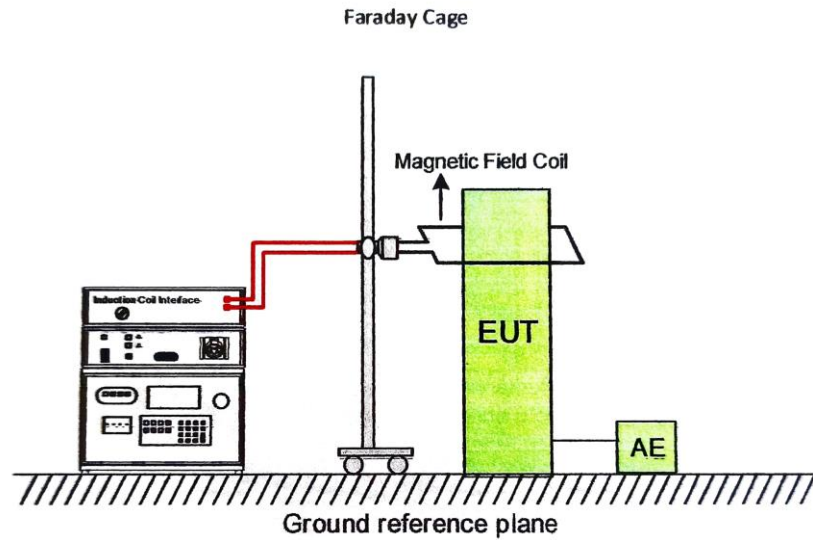
Εξοπλισμός	Κατασκευαστής/Μοντέλο	S.N.	Βαθμονόμηση
Μονάδα κλιματισμού σήματος - Ενισχυμένη Αντίσταση	Schaffner/CCN 1000-1	72204	25.01.2018
Πηγή ισχύος AC	Schaffner/NSG1007	55529	22.01.2020
Μαγνητικός Βρόχος	Schaffner/INA 702	112	22.01.2018
Βρόχος επαγωγικού πηνίου	Schaffner/INA 2141	6014	22.01.2018
Μετρητής Πίεσης	Testo/511	39106014/109	04.06.2019
Μετρητής Θερμοκρασίας και υγρασίας	Greisinger/GMH 3330	DK9301	04.06.2019

Περιβαλλοντικές συνθήκες

	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	Πίεση (mbar)	Τοποθεσία δοκιμής
Απαιτούμενη	15-35	25-75	860-1060	Κλωβός Faraday
Πραγματική	-	-	-	

Τυπική εγκατάσταση της δοκιμής

Το EUT στήθηκε όπως φαίνεται στην εικόνα 64, σύμφωνα με το EN 61000-4-8 §7.



Εικόνα 66: Εγκατάσταση για δοκιμή μαγνητικών πεδίων συχνότητας ισχύος

Διαδικασία δοκιμής: Σύμφωνα με EN 61000-04-8 §8, χρησιμοποιώντας Schaffner Profline WIN2120, V5.00.

Παρατήρηση: Σύμφωνα με τη δήλωση του κατασκευαστή, το EUT δεν περιέχει συσκευές ευαίσθητες σε μαγνητικά πεδία, όπως οθόνες CRT, στοιχεία HALL, ηλεκτροδυναμικά μικρόφωνα, αισθητήρες μαγνητικού πεδίου κ.λπ.

3.1.17. Λίστα εξοπλισμού δοκιμών βυθίσεων, βραχέων διακοπών και μεταβολών τάσης

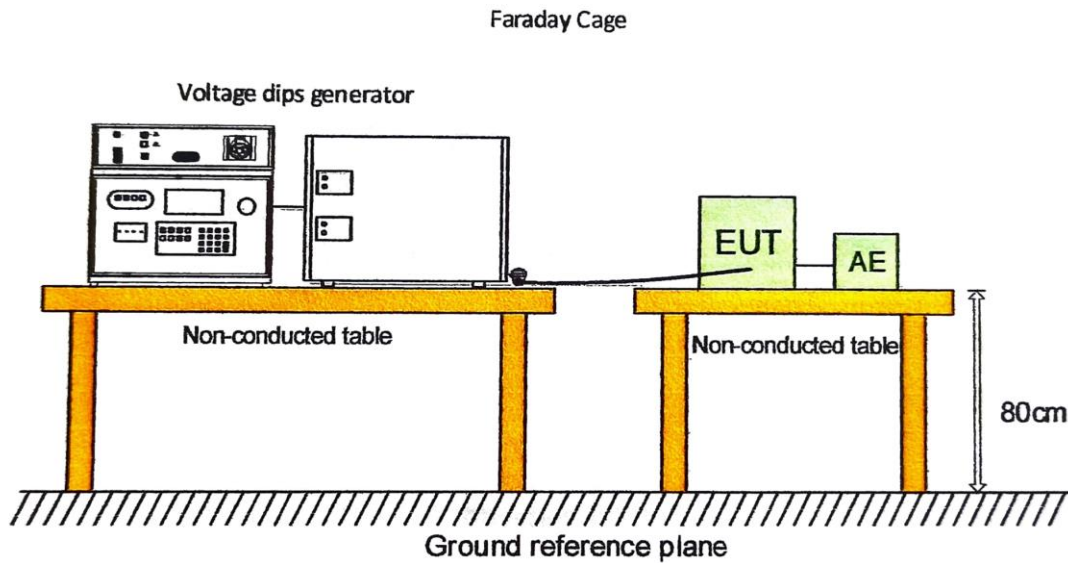
Εξοπλισμός	Κατασκευαστής/Μοντέλο	S.N.	Βαθμονόμηση
Γεννήτρια Μεταβολής Τάσης	EMC-PARTNER/Transient 3000	TRA3000F-S-S-V1288	12.08.2019
Μετρητής Πίεσης	Testo/511	39106014/109	04.06.2019
Μετρητής θερμοκρασίας και υγρασίας	Greisinger/GMH 3330	DK9301	04.06.2019

Περιβαλλοντικές συνθήκες

	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	Πίεση (mbar)	Τοποθεσία δοκιμής
Απαιτούμενη	15-35	25-75	860-1060	Εργαστήριο υψηλής τάσης HV
Πραγματική	24	47σσ	991	

Τυπική εγκατάσταση της δοκιμής

Το EUT στήθηκε όπως φαίνεται στις εικόνες 65 και 66, σύμφωνα με το EN 61000-4-11 §7.



Εικόνα 67: Εγκατάσταση για δοκιμή πτώσεων τάσης και βραχυπρόθεσμων διακοπών



Εικόνα 68: Εγκατάσταση για δοκιμή πτώσεων τάσης και βραχυπρόθεσμων διακοπών

Διαδικασία δοκιμής: Σύμφωνα με EN 61000-4-11 §8.

Τρόπος λειτουργίας: Το EUT βρισκόταν στη συνήθη κατάσταση λειτουργίας (Ενεργοποιημένο) κατά τη διάρκεια της δοκιμής. Υπήρχε οπτικός έλεγχος του EUT.

Αναλυτικά αποτελέσματα

Κάθε δοκιμή επαναλήφθηκε 3 φορές με 10 δευτερόλεπτα διάστημα.

Πίνακας αποτελεσμάτων

Δοκιμή	Μείωση	Γωνία	Περίοδο	Κριτήριο	Αποτέλεσμα	Παρατηρήσεις
Πτώσεις τάσης	100%	0°	0.5	C	A	Πέρασε
Πτώσεις τάσης	60%	0°	10	C	A	Πέρασε
Πτώσεις τάσης	30%	0°	25	C	A	Πέρασε

A: Το EUT ικανοποιεί το κριτήριο απόδοσης A σε αυτό το επίπεδο δοκιμής.

B: Το EUT ικανοποιεί το κριτήριο απόδοσης B σε αυτό το επίπεδο δοκιμής.

C: Το EUT ικανοποιεί το κριτήριο απόδοσης C σε αυτό το επίπεδο δοκιμής.

Παρατήρηση: Το EUT όπως δοκιμάστηκε πληρούσε τις απαιτήσεις των EN 55014-2 και EN61000-4-11

3.2. Πειραματική δοκιμή στο νοσοκομείο Αγία Όλγα

Σε δεύτερο χρόνο πραγματοποιήθηκε διπλά τυφλή διεργαστηριακή σύγκριση δοκιμών για τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας των φίλτρων πάνω στον ιό SARS-CoV-2.

Με τη μέθοδο μοριακής μεθόδου ανάλυσης PCR για να είναι θετικό το τεστ πρέπει να ανιχνευθεί ένας ορισμένος αριθμός ιικών σωματιδίων. Το τεστ προσδιορίζει αντιγόνα. Η μοριακή εξέταση PCR έχει ειδικότητα μεθόδου 100% και ευαισθησία μεθόδου 99.17%.

Τα επιχρίσματα συλλέχθηκαν από μολυσμένους ασθενείς από τον SARS-CoV-2, τα οποία στάλθηκαν για εξέταση με τη μέθοδο της μοριακής ανάλυσης σε πραγματικό χρόνο (Real Time PCR), στο τμήμα Covid του γενικού Νοσοκομείου της Νέας Ιωνίας Κωνσταντινούπολης, «Αγία Όλγα». Οι δοκιμές έλαβαν χώρα τις ημερομηνίες 18 έως 21 Ιανουαρίου 2021.



Εικόνα 69: Φωτογραφία της πρόσοψης του Γ.Ν.Ν. Ιωνίας «Αγία Όλγα»

Το πείραμα διεξήχθη στην κλινική Covid του νοσοκομείου. Υπεύθυνος για το πείραμα ήταν ο διευθυντής της καρδιολογικής κλινικής Δρ. Σωτήριος Πατσιλινάκος και υπεύθυνος ιατρός ο Ευάγγελος Λάμπας. Το εργαστήριο ηλεκτρονικών αισθητηρίων του ΕΜΠ συμμετείχε και πραγματοποίησε στις μετρήσεις με τον καθηγητή του Ευάγγελο Χριστοφόρου.



Εικόνα 70: Ο κ. Λάμπας πετάει απόβλητα από τις μετρήσεις



Εικόνα 71: Ο κ. Λάμπας μετά την ολοκλήρωση του πειράματος

3.2.1. Πειραματική διάταξη

Η διάταξη, αρχικά τοποθετήθηκε σε κάθετη κατεύθυνση, καθώς διευκόλυνε τη συλλογή του υγρού, στο τελικό στάδιο της διαδικασίας.



Εικόνα 72: Φωτογραφία πειραματικής διάταξης

Στο πρώτο στάδιο, ένας εκνεφωτής που περιέχει το κάθε ένα από τα επιχρίσματα ψεκάζει εντός της διάταξης μέσω της οπής που φαίνεται στην εικόνα:



Εικόνα 73: Φωτογραφία οπής για την είσοδο των επιχρισμάτων στην πειραματική διάταξη

Δεν χρησιμοποιήθηκε ανεμιστήρας μεταξύ εισόδου και πλεγμάτων για την βίαιη προσαγωγή των σταγονιδίων εντός της διάταξης των πλεγμάτων, καθώς αντικαταστάθηκε από το έντονο και κατευθυνόμενο εκνέφωμα από το στόμιο του ψεκαστήρα, μέσω της οπής.



Εικόνα 74: Φωτογραφία διάταξης πλεγμάτων από την είσοδο της διάταξης

Στη συνέχεια, τοποθετήθηκε η διάταξη των πλεγμάτων. Τα πλέγματα αυτά, ήταν δύο διάτρητα φύλλα αλουμινίου με οπές 6mm, επιτρέποντας την ελεύθερη διέλευση των σταγονιδίων -που έφεραν οργανικό φορτίο ιού SARS-CoV-2-, διαμέσω αυτών, στο εσωτερικό μεταξύ των δύο φύλλων. Η απόσταση των δύο φύλλων τέθηκε 4mm και 6mm, αντίστοιχα, ανάλογα της τάσης που προσφερόταν στη διάταξη.



Εικόνα 75: Φωτογραφία από τη διάταξη των πλεγμάτων σε απόσταση 4mm



Εικόνα 76: Φωτογραφία από τη διάταξη των πλεγμάτων σε απόσταση 4mm

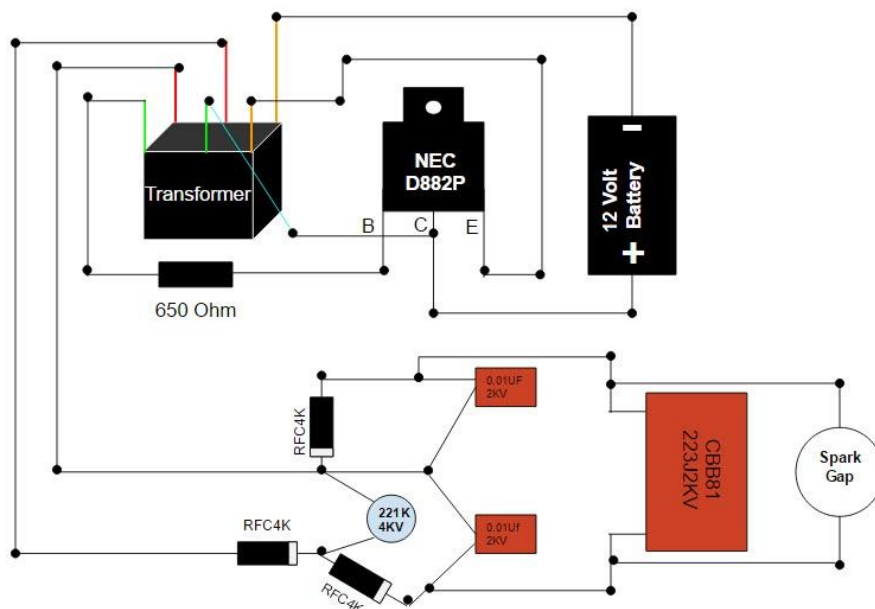
Τα δύο πλέγματα φορτίζονται με τάση 4,5kV ή 6kV και ανάλογα παραμετροποιείται και η απόσταση μεταξύ τους, ούτως ώστε μεταξύ τους δημιουργείται πεδίο έντασης 1MV.

Η τάση αυτή προσφέρεται μέσω της πλακέτας υψηλής τάσης.



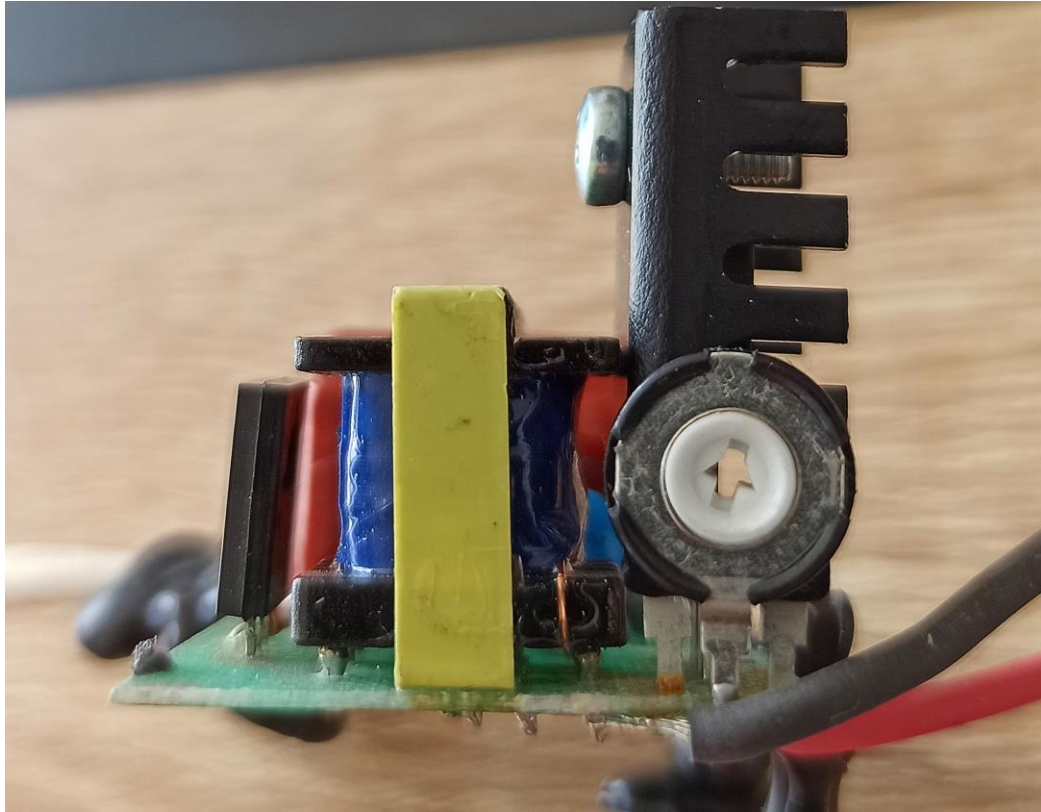
Εικόνα 77: Φωτογραφία πλακέτας υψηλής τάσης που χρησιμοποιήθηκε στην πειραματική διάταξη.

Η κυκλωματική ανάλυση της πλακέτας, αποτελείται από έναν μίνι μετασχηματιστή ώθησης υψηλής τάσης, ένα τρανζίστορ ηρη (NEC D882P), τρεις διόδους ανόρθωσης υψηλής τάσης (RFC4K), έναν πυκνωτή 220 pF 4KV και δύο πυκνωτές 2KV. Η είσοδος της πλακέτας είναι 12V σταθερής τάσης, που παρέχεται από μετασχηματιστή που είναι συνδεδεμένος με την τάση δικτύου 230V.



Εικόνα 78: Η κυκλωματική ανάλυση της πλακέτας

Για την παραμετροποίηση της τάσης εξόδου χρησιμοποιήθηκε μεταβλητή αντίσταση (trimmer) στο κύκλωμα.



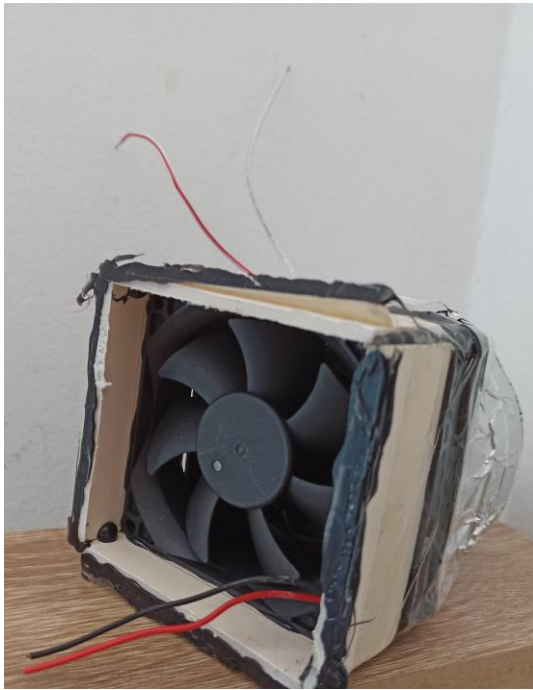
Εικόνα 79: Φωτογραφία από τη μεταβλητή αντίσταση (trimmer) που χρησιμοποιήθηκε στο κύκλωμα.

Για την έξοδο του κυκλώματος χρησιμοποιήθηκαν καλώδια υψηλής τάσης, διαφορετικά από αυτά της τροφοδοσίας από το δίκτυο.



Εικόνα 80: Φωτογραφία καλωδίων εξόδου από την πλακέτα υψηλής τάσης

Στη συνέχεια της διάταξης, βρίσκεται ένας ανεμιστήρας, για να κατευθύνει τα σταγονίδια τα οποία εξέρχονται της διάταξης των πλεγμάτων, στο τελικό στάδιο συλλογής.



Εικόνα 81: Φωτογραφία ανεμιστήρα ώθησης των σωματιδίων στο τελικό στάδιο της διάταξης



Εικόνα 82: Στόμιο που καταλήγει σε δοχείο συλλογής των σωματιδίων

Τέλος, το στόμιο της εξόδου, όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, καταλήγει σε αποστειρωμένο δοχείο συλλογής του τελικού υγρού.

3.2.2. Περιγραφή πειράματος

Αρχικά, συλλέγονται τα επιχρίσματα από τους μολυσμένους ασθενείς από τον ιό SARS-CoV-2. Οι ασθενείς κλήθηκαν να εκπνεύσουν και να βήξουν έντονα στο εσωτερικό ενός συλλέκτη.

Ο εκπνεόμενος αέρας είναι ένα αερόλυμα που περιέχει ενδογενώς δημιουργημένα σταγονίδια. Αυτά τα σταγονίδια περιέχουν νερό και μη πτητικό υλικό. Τα σωματίδια λοιπόν που χρησιμοποιήθηκαν ως είσοδο της πειραματικής διάταξης ήταν υγρά σταγονίδια με τυπική διάμετρο περίπου 1 μm ή μικρότερη.

Μετά τη συλλογή, τα επιχρίσματα στέλνονται για RT PCR έλεγχο.

Τα αποτελέσματα των δοκιμών ήταν θετικά και απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας τιμών CT επιχρισμάτων

Επίχρισμα	Τιμές CT	
ΧΜ	23.72	25.14
ΜΝ	18.23	20.88
ΔΕ	20.23	23.08

Κάθε ένα από τα επιχρίσματα τοποθετούνται σε έναν εκνεφωτή, οποίος τα εισάγει εντός της πειραματικής διάταξης.

Τα σωματίδια διέρχονται από τις οπές των φύλλων 6mm και βρίσκονται εντός του ηλεκτρικού πεδίου 1MV, σε κάθε περίπτωση των δύο διαφορετικών πειραματικών διατάξεων.

Σε αυτά ασκούνται δυνάμεις Coulomb στα φορτία του, όπως εξηγήθηκε στο κεφάλαιο 2. Η φορά αυτών των δυνάμεων είναι είτε προς το θετικό φορτισμένο πλέγμα είτε προς το αρνητικό ανάλογα το πρόσημο του εκάστοτε επιμέρους φορτίου του οργανικού φορτίου.

Με αυτόν τον τρόπο, ασκούνται ηλεκτρικές δυνάμεις σε διαφορετικές κατευθύνσεις πάνω στο οργανικό φορτίο επιτυγχάνοντας, δεδομένου της έντασης πεδίου, την καταστροφή του με μηχανικό τρόπο.

Στη συνέχεια, η νέα σύσταση των σωματιδίων, όταν εξέρχεται του ηλεκτρικού πεδίου, δηλαδή της διάταξης των πλεγμάτων, αναγκάζεται, με τη χρήση ενός ανεμιστήρα, σε πορεία προς το τελικό στάδιο της πειραματικής διάταξης. Τέλος, συλλέγονται σε αποστειρωμένο δοκιμαστικό σωλήνα, αυτά τα σωματίδια, τα οποία στέλνονται εκ νέου, για εξέταση με τη μέθοδο της μοριακής ανάλυσης (Real Time PCR).

3.2.3. Αποτελέσματα και εκτίμηση

Το αποτέλεσμα και για τα τρία επιχρίσματα προέκυψαν αρνητικά μετά την εκτέλεση του πειράματος με το φίλτρο υψηλής τάσης.

Επομένως, οι τελικές εκτιμήσεις σχετικά με την απόδοση του φίλτρου ενάντια στο οργανικό φορτίο του ιού SARS-CoV-2, καταλήγουν στο ότι φαίνεται να το εξουδετερώνει αποτελεσματικά.

Βιβλιογραφία

- [1] Κ. Χατζημπίρος, Οικολογία - Οικοσυστήματα και προστασία του περιβάλλοντος, Αθήνα: Εκδόσεις Συμμετρία, 2007.
- [2] «<https://www.materials.uoc.gr/el/undergrad/courses/ETY348/2018-19/chapter1.pdf>,» 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.materials.uoc.gr/el/undergrad/courses/ETY348/2018-19/chapter1.pdf>.
- [3] Ν. Παπαμανώλης, Δομική Φυσική και Αρχές Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού Κτιρίων, Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.
- [4] W. D. Callister, Επιστήμη και τεχνολογία υλικών, Θεσσαλονίκη: Τζιόλα, 2004.
- [5] «Air Quality in Cyprus,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.airquality.dli.mlsi.gov.cy>.
- [6] Z. Bolashikov, «Methods for air cleaning and protection of building occupants from airborne pathogens,» 17 Sep 2008.
- [7] «Institute for Health Metrics and Evaluation,» University of Washington, [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.healthdata.org/data-visualization/gbd-compare>.
- [8] Σ. Κυρτόπουλος, Ρύπανση του αέρα και υγεία, Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών, Ινστιτούτο Βιολογικών Ερευνών και Βιοτεχνολογίας (IBEB).
- [9] Y. Cheng, «Effects of Different Methods of Air Disinfection of Computed Tomography Rooms Dedicated to COVID-19 Cases,» 25 Nov 2020.
- [10] G. Soreanu, «Biotechnologies for improving indoor air quality,» *Start-Up Creation*, 2016.
- [11] NIOSH, «Filtration and Air-Cleaning Systems to Protect Building Environments from Airborne Chemical, Biological, or Radiological Attacks». *NIOSH Publications Dissemination*.
- [12] «Ετερογενής κατάλυση,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.materials.uoc.gr>.
- [13] N. Britigan, «Quantification of Ozone Levels in Indoor Environments Generated by Ionization and Ozonolysis Air Purifiers,» *Journal of the Air & Waste Management Association*, May 2006.
- [14] N. G. Reeda, «The History of Ultraviolet Germicidal Irradiation for Air Disinfection,» *Sagepub*, Jan-Feb 2010.
- [15] «EPA,» U.S. Environmental Protection Agency, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/ozone-generators-are-sold-air-cleaners>.
- [16] T. Meyer, «Greenhouse product news,» April 2009. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://gpnmag.com/article/cold-fogging-future/>.
- [17] Medical Advisory Secretariat, «Air cleaning technologies: an evidence-based analysis,» *NCBI*, 2005.

[18] «Τεχνολογία Επεξεργασίας Αποβλήτων,» Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας3C2, [Ηλεκτρονικό].
Available: <https://eclass.uth.gr/>.