

LIFE PureAgroH2O

LIFE17 ENV/GR/000387

“Pollutant Photo-NF remediation of Agro-Water”

Εφαρμογή της Φωτοκαταλυτικής Νανοδιήθησης
για τη διαχείριση υδατικών αποβλήτων



www.lifepureagroh2o.com



**ΜΠΕΝΑΚΕΙΟ
ΦΥΤΟΠΑΘΟΛΟΓΙΚΟ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ**



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA



ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

Δρ Αιμιλία Μαρκέλλου
Γεωπόνος-Ερευνήτρια
Συντονίστρια του Προγράμματος LIFE PureAgroH2O

Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο
Στεφάνου Δέλτα 8
15461 Κηφισιά Αττικής

Τηλ: 210 8180329
Fax: 210 8077506
E-mail: e.markellou@bpi.gr

Επισκεφτείτε:

www.lifepureagroh2o.com
<https://twitter.com/pureagroh2o>
<https://www.facebook.com/lifepureagroh2o>

Ιστοσελίδα του ΜΦΙ: <http://www.bpi.gr>

Προϋπολογισμός: 2.145.822 €
Χρονική Διάρκεια: 2018 - 2021
Χρηματοδότηση ΕΕ 60%: 1.279.435 €



1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
1.1 Περιγραφή του οράματος	6
1.2 Η ευρωπαϊκή νομοθεσία για τη διαχείριση του νερού	6
1.3 Περιγραφή του έργου	8
2. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	9
2.1 Τι είναι η Φωτοκαταλυτική Νανοδιήθηση	9
2.2 Επιτυχής αντιμετώπιση ανυπέρβλητων για άλλες διεργασίες προβλημάτων	9
2.3 Περιγραφή της τεχνολογίας Φωτοκαταλυτικής Νανοδιήθησης	11
3. ΤΑ ΟΦΕΛΗ	17
4. ΠΩΣ ΜΠΟΡΟΥΜΕ ΝΑ ΣΥΜΒΑΛΛΟΥΜΕ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΝΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ	21
5. ΕΤΑΙΡΟΙ	22





ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι υδατικοί πόροι αποτελούν ίσως τον σημαντικότερο φυσικό πόρο. Στο πλαίσιο της αειφόρου διαχείρισής τους και της εφαρμογής της κυκλικής οικονομίας, η διαθεσιμότητα νερού κατάλληλης ποιότητας, η σωστή διαχείριση των υδατικών αποβλήτων και ο περιορισμός της διαρροής τους στο περιβάλλον αποτελούν ζητήματα μείζονος σημασίας, τόσο για την ανάπτυξη των οικονομικών τομέων που εξαρτώνται από το νερό όσο και για την προστασία του περιβάλλοντος. Σύμφωνα με την πρόσφατη πρόταση Κανονισμού της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) για την επαναχρησιμοποίηση του νερού, η υπερβολική άντληση ύδατος για άρδευση, βιομηχανική χρήση και αστική ανάπτυξη αποτελεί μία από τις κύριες απειλές για το υδατικό περιβάλλον της ΕΕ. Επίσης, συγκεκριμένα για τον κλάδο της βιομηχανίας τυποποίησης και μεταποίησης γεωργικών προϊόντων, οι μέθοδοι διαχείρισης των υγρών αποβλήτων έχουν βαρύνουσα σημασία για την προστασία της ποιότητας του νερού, συμβάλλοντας στην διατήρηση των υδατικών πόρων.

Η επαναχρησιμοποίηση του νερού των επεξεργασμένων λυμάτων είναι μια αειφόρος στρατηγική με μικρό γενικά περιβαλλοντικό αντίκτυπο και με μια σειρά από περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά οφέλη. Επιπλέον, βοηθά στην επέκταση του κύκλου ζωής του νερού, συμβάλλοντας έτσι στη διατήρηση του υδατικού ισοζυγίου και στην πλήρη συμμόρφωση με τους στόχους της κυκλικής οικονομίας. Σε αυτή την κατεύθυνση, το μοναδικό στο είδος του Πρόγραμμα **LIFE PureAgroH2O** φιλοδοξεί να αναπτύξει ένα καινοτόμο και ενεργειακά αυτόνομο σύστημα αειφόρου διαχείρισης των υδατικών αποβλήτων και ανακύκλωσης-επαναχρησιμοποίησης του νερού, προσαρμοσμένο στις κοινές πρακτικές και τις ειδικές απαιτήσεις της μεσογειακής βιομηχανίας τροφίμων.

Για την επίτευξη αυτού του στόχου, στα πλαίσια του Προγράμματος πραγματοποιείται πειραματική επίδειξη μιας πρωτοποριακής τεχνολογίας καθαρισμού υδατικών αποβλήτων σε πραγματικό περιβάλλον, με απώτερο σκοπό τη μελλοντική αξιοποίηση της από την βιομηχανία. Η τεχνολογία αυτή συνίσταται σε έναν καινοτόμο αντιδραστήρα φωτοκαταλυτικής νανοδιήθησης που αξιοποιεί τα αποτελέσματα πρόσφατης βραβευμένης ευρεσιτεχνίας ομάδας ερευνητών από το Ερευνητικό Κέντρο ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος».

Ο πρωτοποριακός αντιδραστήρας συνδυάζει τεχνολογίες αιχμής όπως είναι η νανοδιήθηση και η φωτοκατάλυση, με αποτέλεσμα την επέκταση της δυνατότητας εφαρμογής τους, την ελαχιστοποίηση του λειτουργικού κόστους και τον περιορισμό του αποτυπώματος άνθρακα και της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος. Η χρήση του αντιδραστήρα αναμένεται να προσφέρει αυξημένη ενεργειακή απόδοση, βελτιωμένη απόδοση συγκράτησης ρύπων (>99,5%) και μείωση των αποβλήτων κατά 95%. Επιπλέον, ο σχεδιασμός του αντιδραστήρα εξασφαλίζει την αυτόνομη λειτουργία της όλης διεργασίας, διασφαλίζοντας σταθερή απόδοση ανεξαρτήτως των περιβαλλοντικών συνθηκών και της σύστασης του ρεύματος τροφοδοσίας.

Το πιλοτικό σύστημα θα λειτουργήσει στο Διαλογητήριο/Συσκευαστήριο του Αγροτικού Συνεταιρισμού Ζαγοράς (ΖΑΓΟΡΙΝ) και θα αξιολογηθεί συγκριτικά με τις συμβατικές διεργασίες. Παράλληλα, μια μονάδα προ-βιομηχανικής κλίμακας θα εγκατασταθεί από το Πανεπιστήμιο της Αλμερίας σε συνεργασία με το Ερευνητικό Κέντρο CIESOL, στη βιομηχανία CITRICOS del Andarax SA, στην Ισπανία, προς επίδειξη της τεχνολογίας του Προγράμματος και προκειμένου αυτή να δοκιμαστεί σε μία βιομηχανία επεξεργασίας φρούτων και λαχανικών μεγαλύτερης κλίμακας.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Περιγραφή του οράματος

Ο βασικός στόχος του έργου **LIFE PureAgroH2O** (LIFE17 ENV/GR/000387: Pollutant Photo-NF remediation of Agro-Water) είναι να αναπτυχθεί ένα καινοτόμο και ενεργειακά αυτόνομο σύστημα αειφόρου διαχείρισης των υδατικών αποβλήτων και ανακύκλωσης-επαναχρησιμοποίησης του νερού. Το σύστημα αυτό θα είναι προσαρμοσμένο στις κοινές πρακτικές και στις ειδικές απαιτήσεις της μεσογειακής βιομηχανίας τροφίμων.

Για την επίτευξη αυτού του στόχου, πραγματοποιείται πειραματική επίδειξη μιας πρωτοποριακής τεχνολογίας καθαρισμού υδατικών αποβλήτων σε πραγματικό περιβάλλον, με απώτερο σκοπό τη μελλοντική αξιοποίησή της από τη βιομηχανία.

Παράλληλοι στόχοι του LIFE PureAgroH2O είναι:

- Η εφαρμογή των βέλτιστων πρακτικών στη διαχείριση υδατικών αποβλήτων και την ανάκτηση ύδατος, σύμφωνα με την Οδηγία-Πλαίσιο 2000/60/EK της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) για τα Ύδατα.
- Η θέσπιση ενός ολοκληρωμένου Σχεδίου Δράσης για την ενσωμάτωση παρόμοιων τεχνολογιών όπως αυτή του LIFE PureAgroH2O στην Ευρωπαϊκή και την Εθνική περιβαλλοντική πολιτική.

1.2 Η ευρωπαϊκή νομοθεσία για τη διαχείριση του νερού

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση καταγράφεται συνεχής αύξηση της ζήτησης νερού για ευρύ φάσμα χρήσεων. Η **Οδηγία 2000/60/EK** –πλαίσιο κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων– θεσπίζει ένα πλαίσιο προστασίας και αποκατάστασης του καθαρού νερού στην ΕΕ και διασφαλίζει τη μακροπρόθεσμη βιώσιμη χρήση του. Συνδυάζει ποιοτικούς, οικολογικούς και ποσοτικούς στόχους για την προστασία των υδατινών οικοσυστημάτων και θέτει ως κεντρική ιδέα την ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων. Στη οδηγία περιλαμβάνονται:

- η προστασία όλων των μορφών υδάτων,
- η αποκατάσταση των οικοσυστημάτων μέσα και γύρω από τα υδατικά συστήματα,
- η μείωση της ρύπανσης στα υδατικά συστήματα,
- η διασφάλιση αειφόρου χρήσης των υδάτων από τα άτομα και τις επιχειρήσεις.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρουσίασε προσχέδιο (A Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources) για τη διαφύλαξη των υδατικών πόρων της Ευρώπης. Σε αυτό περιγράφεται μια ολοκληρωμένη στρατηγική για τη διασφάλιση της ποιότητας και της βιωσιμότητας του εν λόγω ζωτικής σημασίας πόρου στο σύνολο της ΕΕ. Στο προσχέδιο τονίζεται ότι η διαχείριση και προστασία των υδατικών πόρων είναι θεμελιώδης, όχι μόνο για λόγους υγείας και προστασίας του περιβάλλοντος, αλλά και για την οικονομική ευημερία της ΕΕ. Επιπρόσθετα, ένας υγιής και καινοτόμος τομέας διαχείρισης των υδάτων μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στην ανάπτυξη και τη δημιουργία θέσεων εργασίας.

Η διαθεσιμότητα νερού κατάλληλης ποιότητας αποτελεί κρίσιμη προϋπόθεση για την ανάπτυξη των οικονομικών τομέων που εξαρτώνται από το νερό. Σύμφωνα με την πρόσφατη πρόταση Κανονισμού για την επαναχρησιμοποίηση του νερού, η υπερβολική άντληση ύδατος για άρδευση, βιομηχανική χρήση και αστική ανάπτυξη αποτελεί μία από τις κύριες απειλές για το υδατικό περιβάλλον της ΕΕ. Στο πλαίσιο μιας ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδάτων, τα επεξεργασμένα λύματα από σταθμούς επεξεργασίας λυμάτων αποτελούν μια αξιόπιστη εναλλακτική πηγή ύδατος για διάφορους σκοπούς. Η επαναχρησιμοποίηση άνω του 50% της συνολικής ποσότητας νερού που είναι θεωρητικά διαθέσιμη από μονάδες επεξεργασίας λυμάτων στην ΕΕ θα οδηγούσε σε μείωση (μεγαλύτερη του 5%) της άντλησης νερού από υδατικά συστήματα. Η επαναχρησιμοποίηση του νερού των επεξεργασμένων λυμάτων έχει γενικά μικρότερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο και προσφέρει μια σειρά από περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά οφέλη. Επιπλέον, επεκτείνεται ο κύκλος ζωής του νερού, συμβάλλοντας έτσι στη διατήρηση των υδατινών πόρων



και στην πλήρη συμμόρφωση με τους στόχους της κυκλικής οικονομίας. Ο καθορισμός εναρμονισμένων ελάχιστων απαιτήσεων (κυρίως βασικών παραμέτρων για τους παθογόνους παράγοντες αναφοράς) σχετικά με την ποιότητα των αποκατασταθέντων υδάτων αναμένεται να εξασφαλίσει ίσους όρους ανταγωνισμού για όσους εμπλέκονται στην επαναχρησιμοποίηση των υδάτων της βιομηχανίας.

Τέλος, η **Οδηγία 91/271/ΕΟΚ (UWWTD)** του Συμβουλίου σχετικά με την επεξεργασία των αστικών λυμάτων στοχεύει στην προστασία του περιβάλλοντος μέσω στοχευμένων διαδικασιών συλλογής, επεξεργασίας και απόρριψης των υδατικών αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων αυτών που παράγονται από ορισμένους τομείς της βιομηχανίας.

1.3 Περιγραφή του έργου

Η τεχνολογία που αναπτύσσεται στο πλαίσιο του Προγράμματος συνίσταται σε έναν καινοτόμο αντιδραστήρα Φωτοκαταλυτικής Νανοδιήθησης (Photocatalytic Nanofiltration Reactor (PNFR)).

Ο πρωτοποριακός αυτός αντιδραστήρας αξιοποιεί τα αποτελέσματα της πρόσφατης ευρεσιτεχνίας μιας ομάδας ερευνητών από το Ερευνητικό Κέντρο ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος», η οποία έχει λάβει διεθνές βραβείο (Alternative Water Resources Prize). Ο αντιδραστήρας συνδυάζει τεχνολογίες αιχμής όπως είναι η νανοδιήθηση και η φωτοκατάλυση, με αποτέλεσμα την επέκταση της δυνατότητας εφαρμογής τους, την ελαχιστοποίηση του λειτουργικού κόστους, καθώς και τον περιορισμό του αποτυπώματος άνθρακα και της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος.

Η χρήση του PNFR αναμένεται να προσφέρει:

- ενεργειακή απόδοση (60% μείωση της διαμεμβρανικής πίεσης),
- διπλασιασμός του χρόνου ζωής των μεμβρανών,
- βελτιωμένη απόδοση συγκράτησης ρύπων (>99,5%) και μείωση των αποβλήτων κατά 95%.

Η καινοτομία του αντιδραστήρα είναι ότι επιτυγχάνει την εξάλειψη οργανικών ρύπων στην υδατική φάση. Η συνέργεια μεταξύ των δύο διεργασιών έχει ως αποτέλεσμα την εντατικοποίηση της διαδικασίας καθαρισμού, που με τη σειρά της οδηγεί σε μείωση των απαιτούμενων διαστάσεων του αντιδραστήρα (CAPEX, Capital Expenditure) και στην συνεπακόλουθη μείωση του κόστους λειτουργίας (OPEX, Operating Expenditure).

Ο σχεδιασμός του αντιδραστήρα εξασφαλίζει την αυτόνομη λειτουργία της όλης διεργασίας, διασφαλίζοντας σταθερή απόδοση ανεξάρτητα από τις περιβαλλοντικές συνθήκες (όπως ηλιοφάνεια) και τη σύσταση του ρεύματος τροφοδοσίας.

Το πιλοτικό σύστημα θα λειτουργήσει στο Διαλογητήριο/Συσκευαστήριο του Αγροτικού Συνεταιρισμού Ζαγοράς (εμπορική ονομασία ΖΑΓΟΠΙΝ) ως διαδικασία αυτόνομης λειτουργίας με φωτοβολταϊκά συστήματα. Στη συνέχεια, θα αξιολογηθεί συγκριτικά με τις συμβατικές διεργασίες, αξιοποιώντας τα δεδομένα που είναι διαθέσιμα από τη βιβλιογραφία, καθώς και από παλαιότερα ή τρέχοντα έργα.

Παράλληλα, **μια μονάδα προ-βιομηχανικής κλίμακας θα εγκατασταθεί από το Πανεπιστήμιο της Αλμερίας** στη βιομηχανία CITRICOS del Andarax SA, στην Ισπανία. **Η εγκατάσταση θα πραγματοποιηθεί σε συνεργασία με το Ερευνητικό Κέντρο CIESOL.** Στόχος του εγχειρήματος είναι η επίδειξη στο πλαίσιο της μεταφοράς της τεχνολογίας του Προγράμματος και η λειτουργία της τεχνολογίας αυτής σε μια βιομηχανία επεξεργασίας φρούτων και λαχανικών μεγαλύτερης κλίμακας.





2. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

2.1 Τι είναι η Φωτοκαταλυτική Νανοδιήθηση

Η Φωτοκαταλυτική Νανοδιήθηση είναι μια καινοτόμος τεχνολογία που αναπτύχθηκε για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των μικρο-ρυπαντών, με τελικό στόχο να επιτευχθεί έως και η πλήρης απομάκρυνσή τους από υγρά απόβλητα αστικής, αγροτικής και βιομηχανικής προέλευσης. Ως μικρο-ρυπαντές χαρακτηρίζονται μικρά, «επίμονα» οργανικά μόρια που δεν βιοδιασπώνται και είναι ιδιαίτερα επιβλαβή, τόσο για το περιβάλλον όσο και για την ανθρώπινη υγεία. Στην κατηγορία των μικρο-ρυπαντών συγκαταλέγονται χημικές ενώσεις που χρησιμοποιούνται καθημερινά σε προϊόντα προσωπικής φροντίδας, σε φαρμακευτικά σκευάσματα, σε φυτοφάρμακα κ.λπ. Καθώς οι εκροές των εγκαταστάσεων βιολογικής επεξεργασίας υγρών λυμάτων αποτελούν μία από τις κύριες διόδους για την έκλυση τέτοιων ουσιών προς το περιβάλλον, η αρχική σύλληψη και ο βασικός σχεδιασμός της τεχνολογίας της Φωτοκαταλυτικής Νανοδιήθησης έγιναν αφού πρωτίστως προσδιορίστηκαν και ερμηνεύτηκαν τα αίτια που καθιστούν αναποτελεσματικές άλλες, εξίσου προηγμένες τεχνολογίες που έχουν δοκιμαστεί ως μέσα αναβάθμισης σε συμβατικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών λυμάτων που εφαρμόζουν έως και δευτεροβάθμιο καθαρισμό. Μεταξύ των τεχνολογιών που έχουν μελετηθεί και αξιολογηθεί στην πράξη είναι αυτές της ρόφησης σε σκόνη ενεργού άνθρακα (Powdered Activated Carbon-PAC) ή σε κλίνη κοκκώδους ενεργού άνθρακα (Granular Activated Carbon-GAC), της επεξεργασίας με όζον και υπεροξειδίο του υδρογόνου, της ακτινοβολήσης με σκληρό UV (254 nm), αλλά και της Νανοδιήθησης και Φωτοκατάλυσης, όταν αυτές εφαρμόζονται ως αυτόνομες διεργασίες.

Καθώς η εναλλακτική λύση στο πρόβλημα της διαφυγής μικρο-ρυπαντών προς το περιβάλλον είναι η δημιουργία ενός «φράγματος» που θα αποτρέψει την είσοδό τους σε μια μονάδα βιολογικού καθαρισμού, δημιουργείται η επιπρόσθετη ανάγκη για τεχνολογίες που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν αποτελεσματικά ακόμη και στην πρωτογενή πηγή έκλυσης των μικρο-ρυπαντών, δηλαδή στη βιομηχανία που παράγει η χρησιμοποιεί τα αντίστοιχα σκευάσματα (χημική, φαρμακευτική, αγρο-βιομηχανία κ.ά.).

Η Φωτοκαταλυτική Νανοδιήθηση αποτελεί μία τέτοιου είδους αρκετά ευέλικτη τεχνολογία, που με την κατάλληλη προ-επεξεργασία του υδατικού λύματος (αναλόγως της προέλευσης και των φυσικοχημικών ιδιοτήτων της υδατικής φάσης), μπορεί να απομακρύνει πλήρως τους μικρο-ρυπαντές, καλύπτοντας έτσι ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών και παρέχοντας τη δυνατότητα για επαναχρησιμοποίηση του επεξεργασμένου νερού.

2.2 Επιτυχής αντιμετώπιση ανυπέρβλητων για άλλες διεργασίες προβλημάτων

Όπως προαναφέρθηκε, για να επιτευχθεί ο βασικός σχεδιασμός και η ανάπτυξη της νέας τεχνολογίας Φωτοκαταλυτικής Νανοδιήθησης, αλλά και για να εντοπιστούν οι πιθανές εφαρμογές της, ήταν απαραίτητο να γίνουν κατανοητά τα προβλήματα που πρέπει να επιλυθούν, έχοντας πάντα ως γνώμονα την εξυπηρέτηση των πραγματικών αναγκών της βιομηχανίας. Παράλληλα έπρεπε να αναλυθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, τόσο από την εφαρμογή όσο και λόγω της εφαρμογής της τεχνολογίας αυτής. Οποιαδήποτε και αν είναι η πηγή προέλευσης του υγρού λύματος και επομένως η σύσταση και οι φυσικοχημικές ιδιότητές του, η Φωτοκαταλυτική Νανοδιήθηση στοχεύει στην εξάλειψη των μικρο-ρυπαντών. Η στόχευση αυτή αποτελεί το συγκριτικό πλεονέκτημα της Φωτοκαταλυτικής Νανοδιήθησης έναντι άλλων προηγμένων τεχνολογιών καθαρισμού υγρών αποβλήτων. Η πρόκληση έγκειται στο γεγονός ότι η συγκέντρωση των μικρο-ρυπαντών σε απόβλητα υδατικής φάσης είναι συνήθως κατά 100 με 1000 φορές μικρότερη από αυτήν άλλων οργανικών ενώσεων φυσικής ή πετροχημικής προέλευσης. Ταυτόχρονα, η συγκέντρωση των μικρο-ρυπαντών παραμένει πολύ υψηλή για να είναι επιτρεπτή η έκλυσή τους προς το περιβάλλον. Τεχνολογίες όπως η ρόφηση σε ενεργό άνθρακα και η κατεργασία με όζον, δεν μπορούν να είναι αποτελεσματικές κάτω από τις συνθήκες ανταγωνιστικής δράσης του συνολικού οργανικού φορτίου. Επιπρόσθετα, η μεγάλη ποικιλία ενώσεων που απαρτίζουν την ευρύτερη ομάδα των μικρο-ρυπαντών, κάθε μία με διαφορετικές ιδιότητες (φορτίο, υδροφοβικότητα, ηλεκτρονιόφιλα/πυρηνόφιλα κέντρα), αυξάνει σημαντικά τη δυσκολία της αποτελεσματικής αντιμετώπισής τους, καθώς, για παράδειγμα, η διεργασία της ρόφησης βασίζεται στα ενεργά κέντρα της επιφάνειας του ροφητή, τα οποία μπορούν να δεσμεύουν αποτελεσματικά μία, ή μερικές μόνο από τις 20-30 ενώσεις-στόχους που απαντώνται συνήθως σε ένα υγρό λύμα. Ο βασικός σχεδιασμός

της Φωτοκαταλυτικής Νανοδιήθησης έγινε με στόχο να ξεπεραστούν οι αδυναμίες που εμφανίζουν άλλες σύγχρονες μέθοδοι καθαρισμού, αδυναμίες που αναδείχθηκαν στην πράξη κατά την εφαρμογή τέτοιων μεθόδων ως μέσων αναβάθμισης εγκαταστάσεων επεξεργασίας υδατικών αποβλήτων.

Συνοψίζοντας, τα προβλήματα και οι αδυναμίες των σύγχρονων μεθόδων τριτοβάθμιου καθαρισμού λυμάτων που καλείται να αντιπαρέλθει η νέα τεχνολογία Φωτοκαταλυτικής Νανοδιήθησης, με στόχο την αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση των μικρο-ρυπαντών είναι τα ακόλουθα:

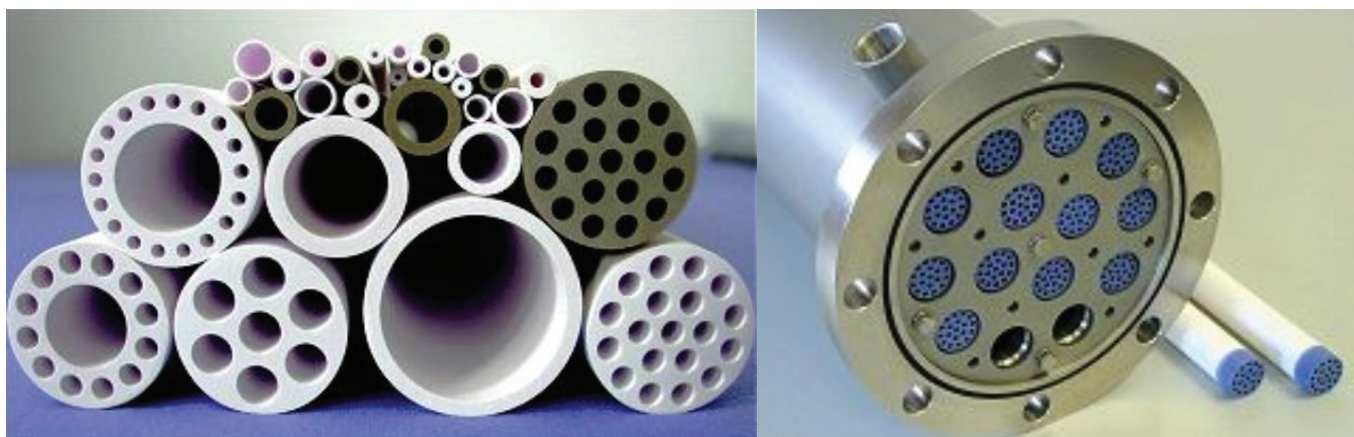
- Ανταγωνιστική δράση του οργανικού φορτίου φυσικής ή και πετροχημικής προέλευσης, που καταναλώνει τα ενεργά κέντρα ρόφησης και τις δραστικές οξειδωτικές ρίζες εις βάρος των μικρο-ρυπαντών.
- Εξάρτηση της απόδοσης από τις φυσικοχημικές και ηλεκτρικές ιδιότητες των μορίων των μικρο-ρυπαντών, σε συνδυασμό με την πληθώρα των διαφορετικών ειδών που μπορεί να υπάρχουν σε ένα λύμα.
- Δημιουργία παραπροϊόντων μερικής οξειδωσης που μπορούν να εντείνουν την τοξικότητα.
- Δυσκολίες στον τρόπο ανάκτησης των μέσων καθαρισμού όταν αυτά χρησιμοποιούνται σε μορφή σκόνης.
- Παραγωγή τοξικότερων συμπυκνωμάτων και αδυναμία ανάκτησης σημαντικού ποσοστού επεξεργασμένου νερού για επαναχρησιμοποίηση.
- Ανάγκη για συχνή ανάκτηση/αναγέννηση ή και αντικατάσταση του μέσου καθαρισμού.



2.3 Περιγραφή της τεχνολογίας Φωτοκαταλυτικής Νανοδιήθησης

Περιγραφή της τεχνολογίας

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 1, το βασικό λειτουργικό στοιχείο της νέας αυτής τεχνολογίας είναι μια πληθώρα πολυκάναλων μονόλιθων Νανοδιήθησης, οι οποίοι έχουν επιπρόσθετα ενισχυθεί με την ικανότητα να οξειδώνουν φωτοκαταλυτικά τις οργανικές ενώσεις που έρχονται σε επαφή με την επιφάνειά τους, είτε στην πλευρά του κελύφους τους είτε στο χώρο των αυλών τους (κοιλότητες/κανάλια).



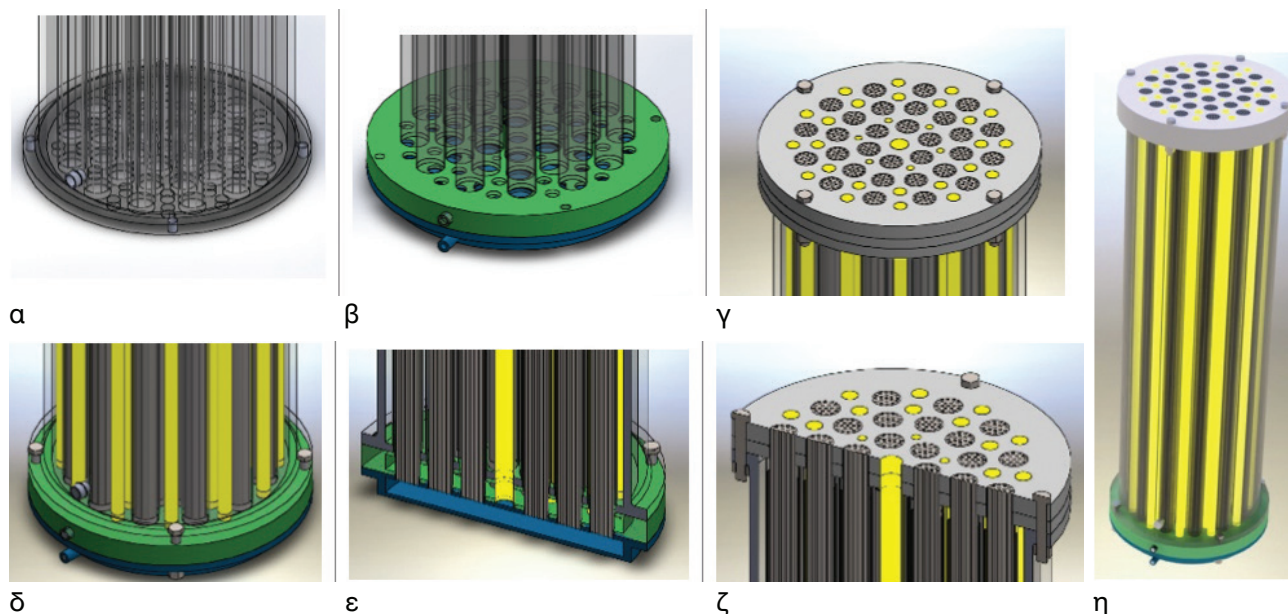
Εικόνα 1: Πολυκάναλοι κεραμικοί μονόλιθοι Νανοδιήθησης. Αριστερά, διακρίνεται η επτακάναλη διαμόρφωση που χρησιμοποιείται από την τεχνολογία της Φωτοκαταλυτικής Νανοδιήθησης. Δεξιά, φαίνονται τα υαλωμένα άκρα των μονόλιθων και ένα δομοστοιχείο μεμβράνης που ενσωματώνει 14 μονόλιθους.

Για να επιτευχθεί αυτή η ενίσχυση, οι αρχικά αδρανείς φωτοκαταλυτικά μονόλιθοι Αργιλίας ή Ζιρκονίας χρησιμοποιούνται ως υποστρώματα για την εναπόθεση και σταθεροποίηση λεπτών υμενίων Τιτανίας ή και άλλων φωτοκαταλυτών νέας γενιάς, που έχουν την ιδιότητα να ενεργοποιούνται με ακτινοβολία στην περιοχή του ορατού φωτός. Μέθοδοι όπως η χημική εναπόθεση ατμού (CVD), η κάλυψη με φωτοκαταλυτική επένδυση μέσω εμβάπτισης σε κόνιαμα του προπαρασκευασμένου φωτοκαταλύτη (wash coating) και η εμβάπτιση σε διάλυμα πήγματος της πρόδρομης φάσης του φωτοκαταλύτη (dip-coating, sol gel), μπορούν να μετατρέψουν με επιτυχία τους μονόλιθους σε προηγμένες φωτοκαταλυτικές μεμβράνες. Ένα κοινό χαρακτηριστικό της ανάπτυξης με τις προαναφερθείσες μεθόδους είναι ότι το φωτοκαταλυτικό υμένιο αναδύεται από μικρό βάθος μέσα από τους πόρους του υποστρώματος και καλύπτει τις εξωτερικές επιφάνειες (έχει δηλαδή «ρίζες» μέσα στους πόρους), γεγονός που ενισχύει τη σταθερότητά του και συμβάλλει στην ενίσχυση της φωτοκαταλυτικής δράσης, όπως θα εξηγηθεί στην ενότητα που ακολουθεί.

Η πρωτοποριακή και ιδιαίτερα καινοτόμος ιδέα που διέπει το σχεδιασμό και τη λειτουργία του

φωτοκαταλυτικού αντιδραστήρα μεμβράνης είναι ότι επιτυγχάνει τη δραστική ακτινοβολία των φωτοκαταλυτικών επιφανειών κελύφους και αυλών όλων των μονόλιθων που περιέχονται στο δομοστοιχείο του αντιδραστήρα (Εικόνα 2), ενώ ταυτόχρονα διεξάγει την διεργασία της Νανοδιήθησης σε διαμόρφωση εφαιπτομενικής ροής που είναι η καταλληλότερη για βιομηχανικές εφαρμογές. Όπως συμβαίνει σε κάθε διεργασία Νανοδιήθησης, η τεχνολογία της Φωτοκαταλυτικής Νανοδιήθησης παράγει και αυτή ένα συμπύκνωμα (retentate) και ένα διήθημα (permeate). Η διαφορά έγκειται στα εξής:

α) το συμπύκνωμα ουσιαστικά παύει να είναι συμπύκνωμα, διότι το φορτίο των μικρο-ρυπαντών σε αυτό αμβλύνεται λόγω της φωτοκαταλυτικής δράσης στην επιφάνεια του κελύφους των μονόλιθων,
β) το διήθημα είναι απαλλαγμένο ακόμα και από τους μικρο-ρυπαντές που καταφέρνουν να διαπεράσουν τους πόρους της μεμβράνης λόγω μικρού μοριακού μεγέθους. Αυτό επιτυγχάνεται επειδή τα διαπερνώντα μόρια υπόκεινται σε φωτοκαταλυτική οξειδωση καθώς έρχονται σε επαφή με τη δεύτερη φωτοκαταλυτική επιφάνεια μέσα στους αυλούς του μονόλιθου, στο χώρο δηλαδή όπου ρέει το διήθημα.

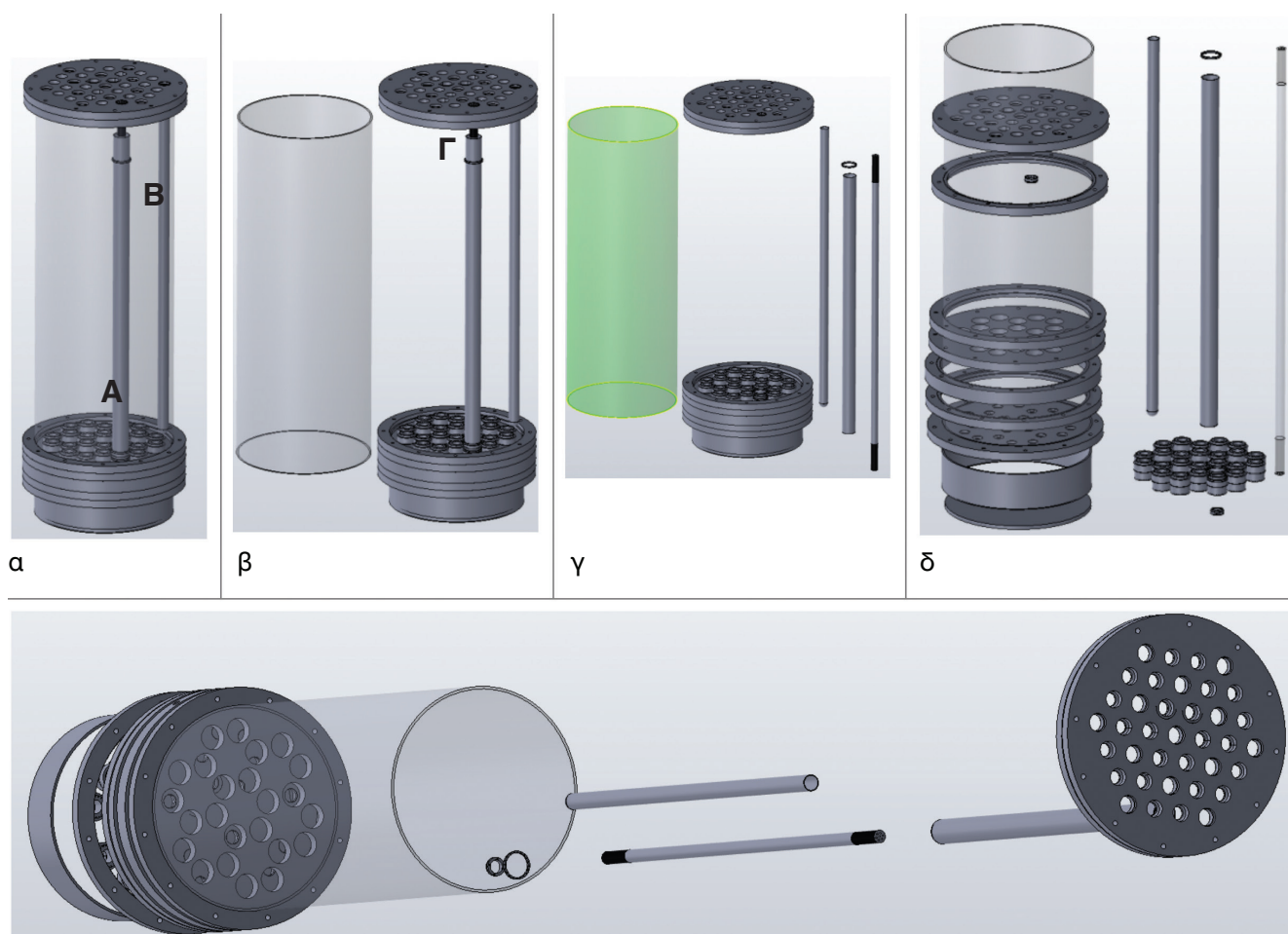


Εικόνα 2: (α) Λεπτομέρεια του αντιδραστήρα, που δείχνει το κάτω παρέμβυσμα και την πληθώρα των υάλινων σωλήνων που εξυπηρετούν: (1) την τοποθέτηση και προστασία των πηγών UVA, (2) τη δημιουργία των πρόσθετων καναλιών ροής και (3) την στήριξη των πολυμερικών ινών. Στο διάφανο κέλυφος του αντιδραστήρα φαίνεται και το στόμιο εισροής του επιμολυσμένου νερού. (β) Τα δύο παρεμβύσματα που εξασφαλίζουν τη στεγάνωση μεταξύ των χώρων όπου ρέουν το συμπύκνωμα και το διηθήμα. Με πράσινο χρώμα, φαίνεται το παρέμβυσμα εκροής του συμπυκνώματος και με μπλε χρώμα το παρέμβυσμα εκροής του διηθήματος. (γ) Λεπτομέρεια του άνω τμήματος του αντιδραστήρα που δείχνει τα παρεμβύσματα και τους δακτυλίους στεγάνωσης. Φαίνονται επίσης τα ανοιχτά κανάλια των μονόλιθων στα οποία τοποθετούνται οι πλευρικές ακτινοβολούσες οπτικές ίνες, ενώ με κίτρινο χρώμα φαίνονται τα σημεία στα οποία εισέρχονται οι πηγές UVA. (δ) Η εικόνα (β) με τους μονόλιθους (γκρι χρώμα) και τις πηγές UV (κίτρινο χρώμα) τοποθετημένα στο εσωτερικό των υάλινων σωλήνων και τις πορώδεις πολυμερικές ίνες (κατακόρυφες γραμμές γύρω από τους μονόλιθους) τοποθετημένες στο κέλυφος των υάλινων σωλήνων. (ε), (ζ) Τομές κατά μήκος του αντιδραστήρα κοντά στη βάση και την οροφή του, αντίστοιχα, όπου διακρίνεται το εσωτερικό των καναλιών των μονόλιθων και η κεντρική πηγή UVA. Στην εικόνα (ε) φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο διαχωρίζονται οι χώροι ροής του διηθήματος (ρέει στο εσωτερικό των καναλιών προς το μπλε παρέμβυσμα) και του συμπυκνώματος (ρέει γύρω από τους μονόλιθους προς το πράσινο παρέμβυσμα). Στην εικόνα (ζ) διακρίνεται και ο τρόπος στεγάνωσης της τροφοδοσίας από το περιβάλλον. (η) Εικόνα ενός πλήρως συναρμολογημένου δομοστοιχείου του αντιδραστήρα Φωτοκαταλυτικής Νανοδιήθησης.

Η ριζοσπαστική τεχνολογία που ενσωματώνεται στο δομοστοιχείο του φωτοκαταλυτικού αντιδραστήρα μεμβράνης περιλαμβάνει επίσης μερικά από τα πιο προηγμένα οπτικά συστήματα και πηγές ακτινοβολίας, όπως δεσμίδες (bundles) πλευρικής ακτινοβολούντων οπτικών ινών. Οι οπτικές αυτές ίνες εκπέμπουν από τα πλευρικά τους τοιχώματα την ακτινοβολία που δέχονται στην τομή των άκρων τους και συζευγνύονται με ενδιάμεσους κυματοδηγούς και συστοιχίες οπτικών διόδων υψηλής ισχύος ή και φακών Fresnel, με τελικό στόχο τη δραστική ακτινοβολία των φωτοκαταλυτικών επιφανειών μέσα στους αυλούς των μονόλιθων.

Ο καινοτόμος σχεδιασμός του φωτοκαταλυτικού αντιδραστήρα μεμβράνης συμπληρώνεται με την επίτευξη περεταίρω ενίσχυσης της φωτοκαταλυτικής δράσης στους χώρους του δομοστοιχείου όπου ρέει το συμπύκνωμα, μέσω της δημιουργίας πρόσθετων καναλιών ροής στα οποία ακινητοποιείται και ακτινοβολείται δραστικά ένας μεγάλος αριθμός πορώδων πολυμερικών ινών, που ενσωματώνουν και ακινητοποιούν στη μήτρα τους νανοσωματίδια Τιτανίας (TiO_2 -based mixed matrix fibers (TiO_2 -MMFs).

Για να ανταποκριθεί με επάρκεια στην ανάγκη μιας βιομηχανίας επεξεργασίας φρούτων, να επαναχρησιμοποιήσει τους 15 τόνους νερού που παράγονται καθημερινά στο διαλογητήριο κατά το ξέπλυμα μήλων (ημερήσια λειτουργία 8 ωρών), η διεργασία της Φωτοκαταλυτικής Νανοδιήθησης θα πρέπει να εμπλέξει 4 δομοστοιχεία φωτοκαταλυτικού αντιδραστήρα μεμβράνης, τα οποία μοιράζονται συνολική παροχή επιμολυσμένου νερού της τάξεως των 3 τόνων ανά ώρα (3 tons/hr) και παράγουν συνολικά 1,8 τόνους ανά ώρα (1,8 tons/hr) υπερκάθαρου διηθήματος. Κάθε δομοστοιχείο φιλοξενεί 24 επτακάναλους φωτοκαταλυτικούς μονόλιθους μήκους 1,2 m με υαλωμένα άκρα (0.1 m epoxy blue glazing σε κάθε άκρο) και διαμέτρου 25 mm, σε συνδυασμό με περίπου 500 m πορώδων πολυμερικών ινών (TiO_2 -MMFs) διαμέτρου 1,5 mm.

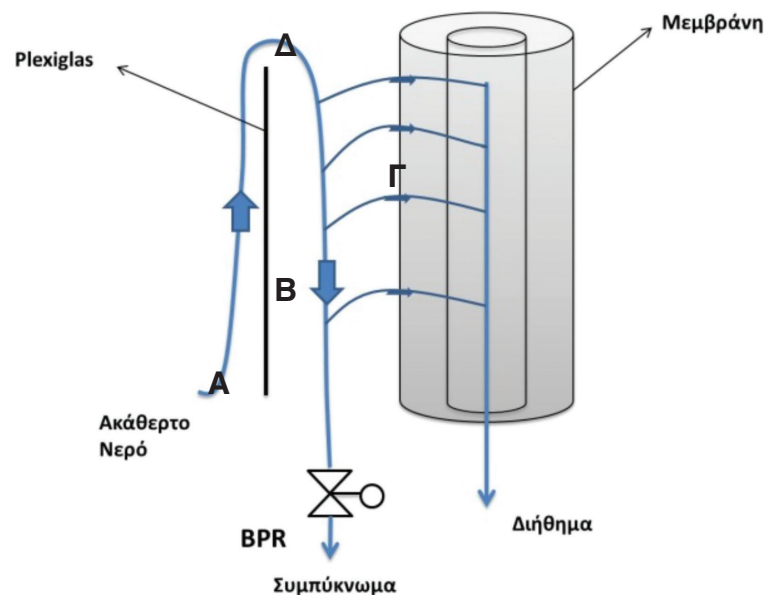


Εικόνα 3: (α) Εικόνα που δείχνει τα βασικά λειτουργικά στοιχεία του αντιδραστήρα Φωτοκαταλυτικής Νανοδιήθησης που επαναλαμβάνονται μέσα σε ένα δομοστοιχείο, όπου Α: Το υάλινο περίβλημα κάθε μονόλιθου, που δημιουργεί πρόσθετα κανάλια ροής και εξυπηρετεί τη στήριξη των πολυμερικών ινών και Β: Το υάλινο περίβλημα που προστατεύει τις πηγές UVA. Από το εσωτερικό του Α φαίνεται να προεξέχει το άνω άκρο ενός μονόλιθου. (β) Η εικόνα δείχνει τους διάτρητους μεταλλικούς δακτυλίους που προσαρμόζονται στο υάλινο περίβλημα και στηρίζουν τις πολυμερικές ίνες. Στο σημείο Γ φαίνεται το πώς επιτυγχάνεται η προσθήκη ενός ακόμα καναλιού ροής. Το νερό ρέει με κατεύθυνση από τη βάση προς την κορυφή του αντιδραστήρα και, καθώς φτάνει στο χείλος το υάλινο περιβλήματος, εισβάλλει στον διάκενο χώρο μεταξύ αυτού και του μονόλιθου (γ) Μεταλλικά παρεμβύσματα και δακτύλιοι στεγάνωσης χρησιμοποιούνται τόσο στην οροφή όσο και στη βάση του δομοστοιχείου, ώστε να επιτευχθεί η στεγάνωση μεταξύ της τροφοδοσίας και του περιβάλλοντα χώρου, αλλά και μεταξύ των χώρων όπου ρέουν το συμπύκνωμα και το διήθημα. (δ) Τα ειδικά σχεδιασμένα μεταλλικά εξαρτήματα (συνδέσμοι) που απομονώνουν τους χώρους διηθήματος και συμπυκνώματος και οδηγούν το συμπύκνωμα προς την έξοδο του αντιδραστήρα μέσω του αντίστοιχου παρεμβύσματος.

Επίσης, η Φωτοκαταλυτική Νανοδιήθηση περιλαμβάνει 26 πηγές UVA διαμέτρου μίας ίντσας (1 inch), μήκους 450 mm και ισχύος 25W, οι οποίες εισέρχονται ανά δύο κατά μήκος υάλινου σωλήνα κλειστού από το ένα άκρο, εμβαπτιζόμενου στην υγρή φάση (συμπύκνωμα) και χρησιμοποιούνται για την ακτινοβολία του κελύφους των μονόλιθων και των πορωδών πολυμερικών ινών (TiO_2 -MMFs) (Εικόνα 3). Τα πρόσθετα κανάλια ροής δημιουργούνται με την εισαγωγή 24 υάλινων σωλήνων, ανοιχτών και από τα δύο άκρα, οι οποίοι περιβάλλουν κάθε μονόλιθο και συνδυάζονται στη βάση τους με ειδικά σχεδιασμένους ανοξειδωτους συνδέσμους που διαχωρίζουν με στεγανό τρόπο τον χώρο ροής του συμπυκνώματος από τον χώρο ροής του διηθήματος. Κάθε τέτοιος σωλήνας φέρει στο πάνω και κάτω άκρο του διάτρητο μεταλλικό δακτύλιο για το πέρασμα και τη στήριξη των πορωδών πολυμερικών ινών TiO_2 -MMFs (20 ανά σωλήνα). Στην Εικόνα 3 φαίνονται τα βασικά συστατικά στοιχεία του δομοστοιχείου ενός φωτοκαταλυτικού αντιδραστήρα μεμβράνης.

Περιγραφή της διεργασίας

Η Εικόνα 4 δείχνει τα τρία κανάλια ροής (A, B, Γ) που αναπτύσσονται στο δομοστοιχείο ενός φωτοκαταλυτικού αντιδραστήρα μεμβράνης. Η περιγραφή γίνεται για έναν από τους 24 μονόλιθους που εσωκλείονται σε κάθε δομοστοιχείο. Το επιμολυσμένο νερό εισέρχεται από κατάλληλο στόμιο κοντά στη βάση του κελύφους του αντιδραστήρα και αρχικά ρέει από τη βάση προς την κορυφή του (όπως φαίνεται στην Εικόνα 4), στο χώρο που οριοθετείται μεταξύ του κελύφους του αντιδραστήρα και των υάλινων σωλήνων που περικλείουν τους μονόλιθους και τις πηγές UVA. Αυτός ο χώρος αποτελεί το κανάλι ροής A (Εικόνα 4), όπου η φωτοκαταλυτική δράση ασκείται από 500 περίπου μέτρα πολυμερικών ινών με ενσωματωμένη TiO_2 , οι οποίες στηρίζονται ανά 20 γύρω από τους υάλινους σωλήνες που περικλείουν τους μονόλιθους.



Εικόνα 4: Η ροή του νερού μέσα στα διάφορα κανάλια που περιλαμβάνει το δομοστοιχείο του φωτοκαταλυτικού αντιδραστήρα μεμβράνης. Η απεικόνιση γίνεται για έναν μονόλιθο.

Για την εφαρμογή του Προγράμματος LIFE PureAgroH2O, οι ίνες που εσωκλείονται σε κάθε δομοστοιχείο εκθέτουν περίπου $2,4 \text{ m}^2$ φωτοκαταλυτικής επιφάνειας. Στην κορυφή των υάλινων σωλήνων υπάρχει διάκενο (σημείο Γ στην Εικόνα 3β, σημείο Δ στην Εικόνα 4) που επιτρέπει στο νερό να εισέλθει στο χώρο μεταξύ του κελύφους του μονόλιθου και της κοιλότητας του υάλινου σωλήνα που τον περιβάλλει. Ο χώρος αυτός αποτελεί το κανάλι ροής B, όπου λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα η οξειδωτική διάσπαση του οργανικού φορτίου πάνω στο φωτοκαταλυτικό υμένιο που έχει εναποτεθεί στο κέλυφος του μονόλιθου, καθώς και η διεργασία της Νανοδιήθησης. Συγκεκριμένα, κατά τη ροή του νερού στο κανάλι B (με κατεύθυνση από την κορυφή προς τη βάση του δομοστοιχείου), το νερό φτάνει στους ειδικά σχεδιασμένους συνδέσμους (Εικόνα 3δ) που το οδηγούν προς το παρέμβυσμα εξόδου του συμπυκνώματος,



διαχωρίζοντας ταυτόχρονα το συμπύκνωμα από το διήθημα, με το τελευταίο να λαμβάνεται από τα κανάλια του ίδιου του μονόλιθου (κανάλι ροής Γ).

Πριν την τελική έξοδο από τη διεργασία, το συμπύκνωμα διέρχεται από έναν μηχανικό ρυθμιστή που διατηρεί πίεση της τάξεως των 10 bar στα κανάλια ροής Α και Β, εξασφαλίζοντας έτσι την ταυτόχρονη λειτουργία της Νανοδιήθησης. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, το 50% της ροής τροφοδοσίας ανακτάται ως υπερκάθαρο διήθημα και το υπόλοιπο ως «συμπύκνωμα» που ανακυκλώνεται στη δεξαμενή τροφοδοσίας.





NS 12.5%

GERMANY
DIN A 25 ml
1020°
0.04 ml



3. ΤΑ ΟΦΕΛΗ

Για την εξέλιξη της τεχνολογίας

Με τη νέα τεχνολογία της Φωτοκαταλυτικής Νανοδιήθησης επιτυγχάνεται η συνέργεια μεταξύ των δύο προηγμένων διεργασιών (Φωτοκατάλυσης και Νανοδιήθησης) που λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα μέσα στον ίδιο αντιδραστήρα. Η συνέργεια είναι αμφίδρομη και καταλήγει στα ακόλουθα οφέλη/πλεονεκτήματα, που αντιπαρέρχονται τα προβλήματα των άλλων σύγχρονων μεθόδων τριτοβάθμιου καθαρισμού, όπως περιγράφεται ακολούθως:

A) Η Φωτοκατάλυση ενισχύει τη δραστηριότητα της Νανοδιήθησης και επεκτείνει το εύρος συνηθών κάτω από τις οποίες μπορεί να εφαρμοστεί η Νανοδιήθηση.

- Ένα από τα κύρια μειονεκτήματα της Νανοδιήθησης σχετίζεται με την εκροή του ρεύματος συγκράτησης (retentate), ή αλλιώς «συμπυκνώματος», που φέρει πάντα μεγαλύτερη συγκέντρωση σε οργανικό φορτίο και μικρο-ρυπαντές από ό,τι η τροφοδοσία. Αυτό είναι το φυσιολογικό αποτέλεσμα της Νανοδιήθησης και συμβαίνει είτε γιατί τα μόρια κάποιων από τους μικρο-ρυπαντές είναι μεγαλύτερα από το στόμιο των νανοπόρων, είτε γιατί η διαπέρασή τους παρεμποδίζεται λόγω των απωστικών δυνάμεων που τους ασκούνται από την επιφάνεια της μεμβράνης. Οι απωστικές δυνάμεις αναπτύσσονται κυρίως όταν τα μόρια είναι πολικά ή φέρουν ίδιο φορτίο με το επιφανειακό φορτίο της μεμβράνης. Ο βαθμός συμπύκνωσης εξαρτάται από την ικανότητα ανάκτησης νερού, που με τη σειρά της εξαρτάται από τη διαπερατότητα της μεμβράνης και είναι συνήθως 40-50%. Αυτό σημαίνει ότι η συγκέντρωση του οργανικού φορτίου και κάποιων από τους μικρο-ρυπαντές στο ρεύμα συγκράτησης θα είναι διπλάσια από αυτή του ρεύματος τροφοδοσίας και επειδή η Νανοδιήθηση, όπως άλλωστε και κάθε διεργασία μεμβράνης, πρέπει να λειτουργεί υπό απόλυτα σταθερές συνθήκες (συγκέντρωσης, ροής και πίεσης) για να έχει σταθερή απόδοση, το συμπυκνωμένο αυτό ρεύμα δεν μπορεί να επιστρέψει στη δεξαμενή τροφοδοσίας. Έτσι, το 50% του προς επεξεργασία νερού δεν μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί. Επιπρόσθετα, λόγω του ότι το συμπύκνωμα μπορεί να φέρει μεγάλες συγκεντρώσεις από έναν πιθανώς τοξικό μικρο-ρυπαντή, η διαχείρισή του θα πρέπει να γίνεται με ειδικές και συνήθως δαπανηρές μεθόδους. Σε σχέση με το πρόβλημα αυτό, η Φωτοκατάλυση δρα υποστηρικτικά της Νανοδιήθησης αφού τα μόρια των μικρο-ρυπαντών που συγκρατούνται από τη μεμβράνη, κατά τη διαδρομή τους μέσα στο δομοστοιχείο του αντιδραστήρα από το σημείο εισροής του ρεύματος τροφοδοσίας έως το σημείο εκροής του ρεύματος συγκράτησης, υφίστανται διαδοχικά στάδια οξειδωτικής αποικοδόμησης στις διάφορες φωτοκαταλυτικές επιφάνειες με τις οποίες έρχονται σε επαφή, συμπεριλαμβανομένης της επιφάνειας των πολυμερικών ινών (TiO₂-MMFs) και της επιφάνειας στο κέλυφος των μονόλιθων. Ως αποτέλεσμα, η συγκέντρωση του μικρο-ρυπαντή στο ρεύμα συγκράτησης ελαττώνεται αντί να αυξάνεται, ή τουλάχιστον παραμένει σταθερή, και για το λόγο αυτό το ρεύμα συγκράτησης μπορεί να ανακυκλώνεται συνεχώς στο ρεύμα τροφοδοσίας, έως ότου καθαριστεί και ανακτηθεί το 95% των υδατικών αποβλήτων.
- Ένα δεύτερο μειονέκτημα της Νανοδιήθησης σχετίζεται με την ανεπάρκειά της να συγκρατεί κάθε είδους μικρο-ρυπαντή που μπορεί να βρίσκεται σε ένα αστικό, βιομηχανικό ή αγροτικό λύμα. Επειδή τα μόρια πολλών από τους μικρο-ρυπαντές είναι αρκετά μικρά, οι συνήθεις αποδόσεις συγκράτησης δεν υπερβαίνουν το 60-70%. Στην περίπτωση αυτή, τα μικρά μόρια του μικρο-ρυπαντή που διαπερνούν τους πόρους της μεμβράνης υφίστανται οξειδωτική αποικοδόμηση στις φωτοκαταλυτικές επικαλύψεις που έχουν εναποτεθεί στην επιφάνεια των καναλιών του μονόλιθου. Όμως, μέσω της συνέργειας Φωτοκατάλυσης και Νανοδιήθησης, η Φωτοκατάλυση ενισχύει την απόδοση της Νανοδιήθησης, η οποία μπορεί πλέον να αντιμετωπίσει δραστικά ένα ευρύτερο φάσμα μικρο-ρυπαντών.
- Η Τιτανία είναι περισσότερο υδρόφιλη από άλλα μεταλοξειδία (Αργιλία, Ζιρκονία) που συνήθως χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη των κεραμικών μονόλιθων Νανοδιήθησης. Έτσι, η εναπόθεση λεπτών υμενίων Τιτανίας στην επιφάνεια του κελύφους και των αυλών των κεραμικών μονόλιθων δεν έχει καμία επίδραση στη διαπερατότητα του νερού (η μεγάλη υδροφιλικότητα αντισταθμίζει την πρόσθετη αντίσταση στη ροή του νερού, η οποία προκαλείται από την επικάλυψη των φωτοκαταλυτικών υμενίων). Είναι επίσης ιδιαίτερα σημαντικό να τονιστεί ότι στις περισσότερες περιπτώσεις, η επικάλυψη της Τιτανίας οδηγεί σε αύξηση της διαπερατότητας του κεραμικού υποστρώματος Νανοδιήθησης, κυρίως κατά την ακτινοβολήση, λόγω φαινομένων φωτοεπαγόμενης υδροφιλικότητας.



B) Η Νανοδιήθηση ενισχύει την φωτοκαταλυτική δράση.

- Οι κεραμικοί μονόλιθοι Νανοδιήθησης που χρησιμοποιούνται ως υποστρώματα για την εναπόθεση Τιτανίας παρουσιάζουν ασύμμετρη πορώδη δομή. Πιο συγκεκριμένα, στην εξωτερική επιφάνεια (κέλυφος) του μονόλιθου βρίσκεται συνήθως ένα υπέρλεπτο υμένιο Νανοδιήθησης με μέγεθος πόρων από 0,9 έως 2 nm, το οποίο υποστηρίζεται από παχύτερα στρώματα αυξανόμενου μεγέθους πόρων καθώς βαίνουμε από το κέλυφος προς τα κανάλια του μονόλιθου. Όπως προαναφέρθηκε, οι μέθοδοι εναπόθεσης των φωτοκαταλυτικών επικαλύψεων οδηγούν στο σχηματισμό υμενίων που ξεκινούν από μικρό βάθος μέσα στους πόρους του υποστρώματος και επεκτείνονται καλύπτοντας την επιφάνεια του κελύφους και των αυλών. Η εμφύτευση αυτή του φωτοκαταλυτικού υλικού μέσα στους πόρους του υποστρώματος προκαλεί σημαντικό περιορισμό στη ροή, με αποτέλεσμα τα εμφυτεύματα αυτά να προάγουν τη δημιουργία συνθηκών τυρβώδους ροής. Έτσι, η ροή στην περιοχή του φωτοκαταλυτικού υλικού γίνεται τυρβώδης, με αποτέλεσμα την καλύτερη ανάμιξη με τον μικρο-ρυπαντή και την συνεπαγόμενη ενίσχυση της φωτοκαταλυτικής δράσης.
- Η σημαντικότερη συνέργεια της Νανοδιήθησης στην Φωτοκατάλυση είναι η άρση του προβλήματος ανταγωνιστικής δράσης από την οργανική ύλη φυσικής ή πετροχημικής προέλευσης που μπορεί να υπάρχει σε αστικά, βιομηχανικά και αγροτικά λύματα. Το πρώτο βήμα είναι πάντα η εφαρμογή μεθόδων προ-κατεργασίας, που κατεβάζουν το συνολικό οργανικό φορτίο σε συγκεντρώσεις επιτρεπτές για την εισαγωγή του λύματος στον αντιδραστήρα, ώστε να αποφευχθεί η αστοχία των μεμβρανών. Εντούτοις, ενώ συγκεντρώσεις οργανικής ύλης της τάξεως των 30 ppm είναι επιτρεπτές για την ομαλή λειτουργία της Νανοδιήθησης, παραμένουν πολύ υψηλές για την Φωτοκατάλυση, αφού τα συνήθως μεγάλα οργανικά μόρια ανταγωνίζονται με τους μικρο-ρυπαντές, τόσο για τα δραστικά κέντρα ρόφησης στην επιφάνεια του φωτοκαταλύτη όσο και για τις δραστικές ρίζες υδροξυλίου. Στην περίπτωση αυτή, με τη δράση της Νανοδιήθησης, τα μεγάλα οργανικά μόρια συγκρατούνται από το κέλυφος του φωτοκαταλυτικού μονόλιθου, με αποτέλεσμα η φωτοκαταλυτική επιφάνεια που έχει εναποτεθεί στους αυλούς να παραμένει καθαρή και ανεπηρέαστη από το οργανικό φορτίο, έτοιμη να αποικοδομήσει φωτοκαταλυτικά μόνο τα μόρια των μικρο-ρυπαντών που διαπερνούν τους πόρους της μεμβράνης.

Για τη βιομηχανία τροφίμων

- **Αυξημένη αποδοτικότητα στον καθαρισμό και την παραγωγή καθαρού νερού** σε σχέση με τις τρέχουσες τεχνολογίες. Η βιομηχανία τροφίμων αντιμετωπίζει αυξανόμενη πίεση για να διασφαλίσει ότι οι δραστηριότητές της είναι περιβαλλοντικά ευαίσθητες. Σήμερα, για να απομακρυνθούν από το νερό χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται στην αγρο-βιομηχανία, εφαρμόζεται η Νανοδιήθηση, με ικανότητα συγκράτησης 35-98%, ανάλογα με το μέγεθος των μορίων. Εμπορικές εφαρμογές μεγάλης κλίμακας που έχουν αναφερθεί είναι ο συνδυασμός Νανοδιήθησης και αντίστροφης όσμωσης χαμηλής πίεσης, ο οποίος επιτυγχάνει μεν 100% συγκράτηση, πλην όμως με μεγάλο ενεργειακό κόστος. Ταυτόχρονα, οι περισσότεροι από τους φωτοκαταλυτικούς αντιδραστήρες που χρησιμοποιούνται σήμερα παρουσιάζουν προβλήματα μη δραστικής ακτινοβολήσης και περιορισμένης μεταφοράς μάζας. Αντίθετα, το πρωτότυπο μικρής κλίμακας έχει ήδη αποδείξει την αυξημένη αποδοτικότητά του στον καθαρισμό και την παραγωγή καθαρού νερού
- **Δυνατότητα ανάκτησης του νερού.** Η ανάκτηση του νερού είναι μια βιώσιμη στρατηγική η οποία μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο στις επιχειρήσεις του κλάδου, μέσω της μείωσης του κόστους χρήσης του νερού και διάθεσης των αποβλήτων. Πρόσθετα οφέλη περιλαμβάνουν την καλή δημόσια εικόνα, λόγω της μείωσης χρήσης φυσικών πόρων.

Για τους άλλους τομείς οικονομικής δραστηριότητας

Το πρωτότυπο σύστημα PNFR μεγάλης κλίμακας θα παρέχει τη δυνατότητα αυτόματου ελέγχου των λειτουργικών παραμέτρων της διεργασίας και καταγραφής δεδομένων και θα μπορεί να αξιοποιηθεί σε πληθώρα εμπορικών εφαρμογών, όπως στην κατεργασία/καθαρισμό:



- του υδατικού αποβλήτου που προκύπτει από τα πλυσίματα του εξοπλισμού ψεκασμού και των χρησιμοποιημένων σκευασμάτων γεωργικών φαρμάκων,
- του γκρίζου νερού (αξιοποιήσιμου) από ξενοδοχειακές εγκαταστάσεις και δημόσια κτήρια,
- των απορροών των βιολογικών καθαρισμών για την εξάλειψη μη βιοαποικοδομήσιμων ενώσεων,
- του πόσιμου νερού, για να αντιμετωπιστούν προβλήματα οσμής και γεύσης,
- της απορροής του χωνευτήρα αναερόβιας ζύμωσης στην παραγωγή βιοαερίου ώστε να ανακυκλωθεί το νερό.

Για τις βιομηχανίες που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα

- Ανάκτηση νερού τουλάχιστον 95% του αρχικού όγκου λυμάτων.
- Ανάκτηση νερού τουλάχιστον στο 95% του αρχικού όγκου λυμάτων.
- Απομάκρυνση των ανόργανων και οργανικών ρύπων από τα απόβλητα της βιομηχανίας κατά περίπου 100%.
- Συγκριτική αξιολόγηση των κοινών πρακτικών στο χειρισμό των λυμάτων στη βιομηχανία φρούτων – υπογραμμίζοντας τους περιορισμούς στις τρέχουσες πρακτικές.
- Προώθηση του ενδιαφέροντος των βιομηχανικών φορέων, μέσω της επιδεικτικής λειτουργίας, στην προτεινόμενη τεχνολογία αιχμής, καθώς και δήλωση ενδιαφέροντος για την εφαρμογή της τεχνολογίας PNFR.
- Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας εάν η τεχνολογία εφαρμοστεί.
- Συμβολή στην πολιτική της ΕΕ για τα ύδατα.
- Δημιουργία ενός συστήματος καθαρισμού υγρών αποβλήτων που θα εξοικονομεί πόρους, θα προστατεύει το περιβάλλον και θα είναι χρήσιμο και ευρύτερα εφαρμοστέο στη βιομηχανία τροφίμων.



Για το περιβάλλον

Η καινοτόμος τεχνολογία που αναπτύσσεται στο πλαίσιο του LIFE PureAgroH2O συμβάλλει στην ανάκτηση του νερού (water reuse). Ο όρος αυτός αναφέρεται στη διαδικασία ανάκτησης νερού που έχει ήδη χρησιμοποιηθεί για ένα σκοπό, και της επεξεργασίας του για χρήση για έναν άλλο σκοπό, συνήθως χωρίς να επιστραφεί στο φυσικό περιβάλλον. Όλα τα είδη υδατικών αποβλήτων (οικιακά, δημοτικά και βιομηχανικά) θα μπορούσαν εν δυνάμει να επαναχρησιμοποιηθούν.

Η ανάκτηση του νερού από υδατικά απόβλητα υπάγεται στο πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας. Η κυκλική οικονομία έχει ως στόχο τη μείωση των αποβλήτων και τη συνεχόμενη χρήση των φυσικών πόρων. Το οικονομικό αυτό σύστημα προωθείται άμεσα τα τελευταία χρόνια από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Η ανάκτηση του νερού έχει μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από άλλες εναλλακτικές πηγές παροχής νερού (όπως η μεταφορά νερού ή η αφαλάτωση), αλλά έχει προς το παρόν περιορισμένη εφαρμογή στις χώρες της ΕΕ.

Το 2015, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υιοθέτησε ένα σχέδιο δράσης για να επιταχύνει την μετάβαση της Ευρώπης **στην κυκλική οικονομία**, να προωθήσει τη βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη και να δημιουργήσει νέες θέσεις εργασίας. Η μετάβαση αυτή ενισχύεται οικονομικά από τα προγράμματα LIFE και Horizon 2020, τα Ευρωπαϊκά Διαρθρωτικά και Επενδυτικά Ταμεία (ESI Funds) και το Ευρωπαϊκό Ταμείο Στρατηγικών Επενδύσεων (EFSI).

Η ανάκτηση νερού από τα υδατικά απόβλητα:

- επιτρέπει την αποθήκευση και την ορθή κατανομή των πηγών πόσιμου νερού, ιδιαίτερα στις περιοχές που έχουν προβλήματα ξηρασίας,
- μειώνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου, καθώς χρησιμοποιείται λιγότερη ενέργεια για τη διαχείριση των λυμάτων,
- μειώνει την κατανάλωση του νερού και το ενεργειακό κόστος της επεξεργασίας του,
- αυξάνει την ποσότητα στερεών αποβλήτων από τα εργοστάσια επεξεργασίας, τα οποία, με αποτελεσματικό ποιοτικό έλεγχο, μπορούν να αποτελέσουν πολύτιμα προϊόντα, όπως βιοκαύσιμα και θρεπτικά συστατικά για το έδαφος,
- αυξάνει έμμεσα τη διαθεσιμότητα πόσιμου νερού.





4. ΠΩΣ ΜΠΟΡΟΥΜΕ ΝΑ ΣΥΜΒΑΛΛΟΥΜΕ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΝΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Για να είναι εφικτή η υιοθεσία της νέας τεχνολογίας από άλλους παραγωγικούς τομείς, είναι σημαντικό να γίνουν τα ακόλουθα:

- **Καταγραφή των πρακτικών που εφαρμόζονται στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων της βιομηχανίας τροφίμων στην Ελλάδα και την Ισπανία, με στόχο τη βελτιστοποίηση της σχεδίασης και της παραγωγής του πρότυπου PNFR αντιδραστήρα.**

Η συγκεκριμένη δράση στοχεύει στη συλλογή πληροφοριών, μέσω της διανομής ανώνυμων ερωτηματολογίων, καθώς και μέσω προσωπικών συνεντεύξεων, για τη συλλογή απόψεων από διαφορετικούς κλάδους της βιομηχανίας τροφίμων σχετικά με τους τρόπους διαχείρισης των υγρών αποβλήτων που εφαρμόζονται σήμερα, προσδοκώντας μέσα από αυτή τη δραστηριότητα την ενεργητική συμμετοχή της βιομηχανίας στο σχεδιασμό και τη χρήση της νέας τεχνολογίας.

- **Επίδειξη της τεχνολογίας του PNFR στην Ελλάδα και την Ισπανία, καθώς και αξιολόγηση της αποτελεσματικότητάς της και των πιθανών περιορισμών για την εφαρμογή της.**

Η δράση αυτή έχει ως στόχο την επίδειξη της λειτουργίας του αντιδραστήρα μέσα από ελεύθερη πρόσβαση στις εγκαταστάσεις στις οποίες θα λειτουργεί στις δύο χώρες, με σκοπό τη συλλογή και την επεξεργασία των σχολίων των ενδιαφερόμενων μερών, τόσο για τη βελτιστοποίηση της όλης διεργασίας όσο και για την αξιολόγηση του κόστους της. Η τεχνοοικονομική ανάλυση και η διαβούλευση θα οδηγήσουν στην πιστοποίηση της νέας αυτής τεχνολογίας σε ευρωπαϊκό επίπεδο (EU Environmental Technology Verification).

- **Διερεύνηση πιθανής χρηματοδότησης της νέας τεχνολογίας για την εφαρμογή της σε άλλους κλάδους, υπό την αιγίδα της ΕΕ.**





5. ΕΤΑΙΡΟΙ



ΜΠΕΝΑΚΕΙΟ ΦΥΤΟΠΑΘΟΛΟΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

ΜΠΕΝΑΚΕΙΟ ΦΥΤΟΠΑΘΟΛΟΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ (ΜΦΙ)-ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ ΦΟΡΕΑΣ

WEB: <https://www.bpi.gr/>

Υπεύθυνος Επικοινωνίας: Dr Αιμιλία Μαρκέλλου
(e.markellou@bpi.gr)

Το Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο (ΜΦΙ) είναι ερευνητικός φορέας μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα που εποπτεύεται από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. Είναι

εξουσιοδοτημένο να διενεργεί την αξιολόγηση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων (ΦΠ) όσον αφορά την ταυτότητα, την τύχη και συμπεριφορά στο περιβάλλον, την τοξικολογία των θηλαστικών και την οικοτοξικολογία, τα υπολείμματα, καθώς και την εκτίμηση της επικινδυνότητας για τον χρήστη ΦΠ και τον καταναλωτή. Παρέχει επίσης επιστημονική γνώση και τεχνικές συμβουλές προς την Αρμόδια Αρχή για τα ΦΠ, τόσο σε εθνικό όσο και σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Το Ινστιτούτο συμμετέχει στο πρόγραμμα παρακολούθησης των υπολειμμάτων φυτοπροστατευτικών ουσιών στο νερό και στα γεωργικά προϊόντα. Επίσης, παρέχει διαγνωστικές υπηρεσίες, πληροφορίες, εκπαίδευση και τεχνική υποστήριξη σε γεωπόνους και αγρότες, και συμμετέχει σε πολλά ερευνητικά προγράμματα χρηματοδοτούμενα από εθνικούς πόρους και από την ΕΕ.





ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ “ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ” (ΕΚΕΦΕ ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ)

WEB: <http://www.demokritos.gr/>

Υπεύθυνος Επικοινωνίας: Dr Πολύκαρπος Φαλάρας
(p.falaras@inn.demokritos.gr)

Το Ινστιτούτο Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας (INN) του ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος» ενσωματώνει άριστες ερευνητικές υποδομές και ανθρώπινο δυναμικό, στοχεύοντας στην ανάπτυξη της καινοτομίας και στην αύξηση της ανταγωνιστικότητας της Χώρας σε Βασικές Τεχνολογίες Κλειδιά (Key Enabling Technologies), όπως νανοτεχνολογία, μικρο- και νανο-ηλεκτρονική, προηγμένα υλικά, βιοτεχνολογία και

φωτονική. Το INN παρέχει ένα μοναδικό περιβάλλον για την υποστήριξη και προώθηση της παγκοσμίου εμβέλειας διεπιστημονικής βασικής και εφαρμοσμένης έρευνας. Επιπλέον, έχοντας ισχυρούς δεσμούς με τον παραγωγικό τομέα, συμβάλλει στη μεταφορά της καινοτομίας στην οικονομία.

Το INN συμμετέχει στο πρόγραμμα LIFE με δύο εργαστήρια, τα οποία επωφελούνται μιας μακροχρόνιας και πολύ παραγωγικής συνεργασίας:

1. Το Εργαστήριο Υλικών και Μεμβρανών για Περιβαλλοντικούς Διαχωρισμούς.
2. Το Εργαστήριο Διεργασιών Νανοτεχνολογίας για μετατροπή Ηλιακής Ενέργειας και προστασία του Περιβάλλοντος.





LIFE PureAgroH2O



ΑΓΡΟΤΙΚΟΣ ΣΥΝΕΤΑΙΡΙΣΜΟΣ ΖΑΓΟΡΑΣ (ΖΑΓΟΡΙΝ)

WEB: <https://zagorin.gr/en/>

Υπεύθυνος Επικοινωνίας: κ. Αντώνιος Πολίτης
(aszagorin@gmail.com)

Ο Αγροτικός Συνεταιρισμός Ζαγοράς είναι ο σημαντικότερος φορέας εμπορικής δραστηριότητας και ανάπτυξης στην περιοχή του Βορειοανατολικού Πηλίου και ένας από τους πιο δυναμικούς πρωτογενείς συνεταιρισμούς στην Ελλάδα. Ιδρύθηκε το 1916 και είναι ο πρώτος αγροτικός συνεταιρισμός της χώρας με εκατονταετή συνεχή λειτουργία. Ο Συνεταιρισμός συλλέγει και διανέμει μια ποικιλία φρούτων που παράγονται στο Πήλιο, όπως τα μήλα, τα αχλάδια, τα ακτινίδια και τα κεράσια. Σήμερα, ο Συνεταιρισμός συλλέγει, διατηρεί, συσκευάζει και διανέμει σχεδόν όλη την παραγωγή μήλων της περιοχής (10.000-15.000 τόνους ετησίως) και είναι μία από τις σημαντικότερες οικονομικές μονάδες του νομού Θεσσαλίας. Με έντονο το ενδιαφέρον για την προστασία του περιβάλλοντος και τη συνεχή προσπάθεια για ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων της παραγωγικής του δραστηριότητας, ο Αγροτικός Συνεταιρισμός Ζαγοράς Πηλίου στοχεύει στην ενσωμάτωση του συστήματος καθαρισμού των υδατικών αποβλήτων στη γραμμή παραγωγής του, καθώς και στην προώθηση της ανταγωνιστικότητάς του και του προφίλ των Συνεταιρισμών ως μια «πράσινη» μονάδα συσκευασίας φρούτων.





UNIVERSIDAD DE ALMERÍA



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΑΛΜΕΡΙΑΣ/CIESOL

WEB: <http://cms.ual.es/UAL/en/>

Υπεύθυνος Επικοινωνίας: Dr Ana Aguera (aaguera@ual.es)

Το Πανεπιστήμιο της Αλμερίας (UAL) είναι δημόσιο πανεπιστήμιο που παρέχει 30 τίτλους σπουδών και απασχολεί 681 καθηγητές. Μέσα στο Πανεπιστήμιο λειτουργεί το Κέντρο Ερευνών για την Ηλιακή Ενέργεια (CIESOL), ένα ερευνητικό κέντρο που δημιουργήθηκε το 2005.

Η Plataforma Solar de Almeria (PSA) είναι ένα από τα Τμήματα του CIEMAT, που βρίσκεται στην Αλμερία και συγκεκριμένα στο CIESOL, το συνεργαζόμενο κέντρο του UAL. Σήμερα, 55 ερευνητές από το UAL και το CIEMAT συνεργάζονται για τις ερευνητικές και επιστημονικές τους δραστηριότητες στο κέντρο CIESOL. Οι δραστηριότητες αυτές στηρίζονται από το 2005 σε περισσότερα από 30 εθνικά και διεθνή προγράμματα και συμβάσεις με εταιρείες. Οι ερευνητικές μονάδες του CIESOL, «Ανακύκλωση Νερού» και «Περιβαλλοντική Ανάλυση», εμπλέκονται στην παρούσα πρόταση.





CITRICOS DEL ANDARAX, S.A.

WEB: <http://www.garciacarrion.es/>

Υπεύθυνος Επικοινωνίας: José Laureano Sánchez (jlaureano@jgc.es)

Η Citricos del Andarax S.A. είναι μια βιομηχανία μεταποίησης τροφίμων που δημιουργήθηκε το 1997 και βρίσκεται στην Αλμερία (νότια Ισπανία). Ανήκει σε έναν από τους κορυφαίους παρασκευαστές χυμών και κρασιών στην ισπανική αγορά, την εταιρεία JGC. Παράγει χυμό πορτοκαλιού, «γκασπάτσο» και κρέμες, όλα με 100% φυσικά προϊόντα, σε εγκαταστάσεις άνω των 15.000 m², εξοπλισμένες με την τελευταία λέξη της τεχνολογίας.

Το εργοστάσιο διαθέτει δυναμικό μετασχηματισμού άνω των 120.000 τόνων φρούτων και λαχανικών ετησίως, σύμφωνα με το σύστημα διαχείρισης ποιότητας ISO 9001 και τα πρωτόκολλα διεθνούς ασφάλειας τροφίμων BRC (British Retail Consortium) και IFS (International Food Standard), με τα υψηλότερα κριτήρια ελέγχων πιστοποίησης.





ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

Δρ Αιμιλία Μαρκέλλου
Γεωπόνος-Ερευνήτρια
Συντονίστρια του Προγράμματος LIFE PureAgroH2O

Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο
Στεφάνου Δέλτα 8
15461 Κηφισιά Αττικής

Τηλ: 210 8180329
Fax: 210 8077506
E-mail: e.markellou@bpi.gr

Επισκεφτείτε:

www.lifepureagroh2o.com
<https://twitter.com/pureagroh2o>
<https://www.facebook.com/lifepureagroh2o>

Ιστοσελίδα του ΜΦΙ: <http://www.bpi.gr>

Προϋπολογισμός: 2.145.822 €
Χρονική Διάρκεια: 2018 - 2021
Χρηματοδότηση ΕΕ 60%: 1.279.435 €

www.lifepureagroh2o.com