



ΜΠΕΝΑΚΕΙΟ  
ΦΥΤΟΠΑΘΟΛΟΓΙΚΟ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Η ΚΡΑΙΑ ΤΟΥ ΠΛΑΤΩΝΑ

**LIFE PureAgroH2O**

Καινοτόμες Τεχνολογίες Επεξεργασίας Αποβλήτων  
και Ανακύκλωσης Νερού για τη Βιομηχανία Τροφίμων

Αθήνα, 17 Ιανουαρίου 2020

[www.lifepureagroh2o.com](http://www.lifepureagroh2o.com)



# Καινοτόμος τεχνολογία φωτοκαταλυτικής νανοδιήθησης για την αποτελεσματική απομάκρυνση μικρο-ρυπαντών από τα υδατικά απόβλητα της Αγρο- Βιομηχανίας-LIFE PureAgroH2O

Δρ Γιώργος Ρωμανός, Ινστιτούτο Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας,  
ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος», Ελλάδα

1/17/2020



ΜΠΕΝΑΚΕΙΟ  
ΦΥΤΟΠΑΘΟΛΟΓΙΚΟ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ



# Αγρο-Βιομηχανία-Χαρακτηριστικά μεγέθη

- Η Βιομηχανία τροφίμων και ποτών καταναλώνει το 1.8% του νερού που χρησιμοποιείται στην ΕU και καταλαμβάνει την τρίτη θέση σε ότι αφορά τον ρυθμό κατανάλωσης νερού.
- Μια τυπική βιομηχανία κατεργασίας φρούτων στην **Ελλάδα μπορεί να καταναλώνει ετησίως 5.000** κυβικά μέτρα νερού, ενώ μεγαλύτερες εταιρείες π.χ. (Ισπανία) μπορούν να φτάσουν σε καταναλώσεις της τάξεως των **150.000 κυβικών μέτρων**.
- Το νερό αυτό μπορεί να έχει COD της τάξεως των 500 ppm ενώ μπορεί να περιέχει μικρορυπαντές όπως φυτοφάρμακα σε συγκεντρώσεις της τάξεως των **20 ppb έως και 1 ppm**.



LIFE PureAgroH2O



# Αγρο-Βιομηχανία-Χαρακτηριστικά μεγέθη

- Το νερό αυτό δυστυχώς δεν επαναχρησιμοποιείται και συνήθως καταλήγει σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού.
- Τα περισσότερα από τα φυτοφάρμακα δεν βιοδιασπώνται.
- Υπάρχει **ανάγκη για νέες προηγμένες και ευέλικτες τεχνολογίες** που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν για την τριτογενή επεξεργασία νερού σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού ή ακόμη και απευθείας στην πηγή έκλυσης των μικρορυπαντών δηλαδή στην βιομηχανία επεξεργασίας φρούτων και λαχανικών.



LIFE PureAgroH2O





# Pollutant Photo-NF remediation of Agro-Water

## LIFE17 ENV/GR/000387 LIFE Pure AgroH2O

Τόπος υλοποίησης: Ελλάδα, Ζαγορά  
Ισπανία, Αλμερία

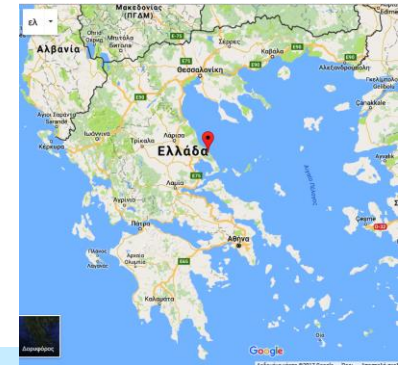


Προϋπολογισμός:

Συνολικά: **2,163,728€**

% EC συγχρηματοδότηση: **1,290,177€**

Διάρκεια: Έναρξη: 02/07/2018 - Λήξη: 31/12/2021



Φορείς Υλοποίησης:

ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ: Μπενάκειο

Φυτοπαθολογικό

Ινστιτούτο

Συνεργαζόμενοι φορείς:



1/17/2020



ΜΠΕΝΑΚΕΙΟ  
ΦΥΤΟΠΑΘΟΛΟΓΙΚΟ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

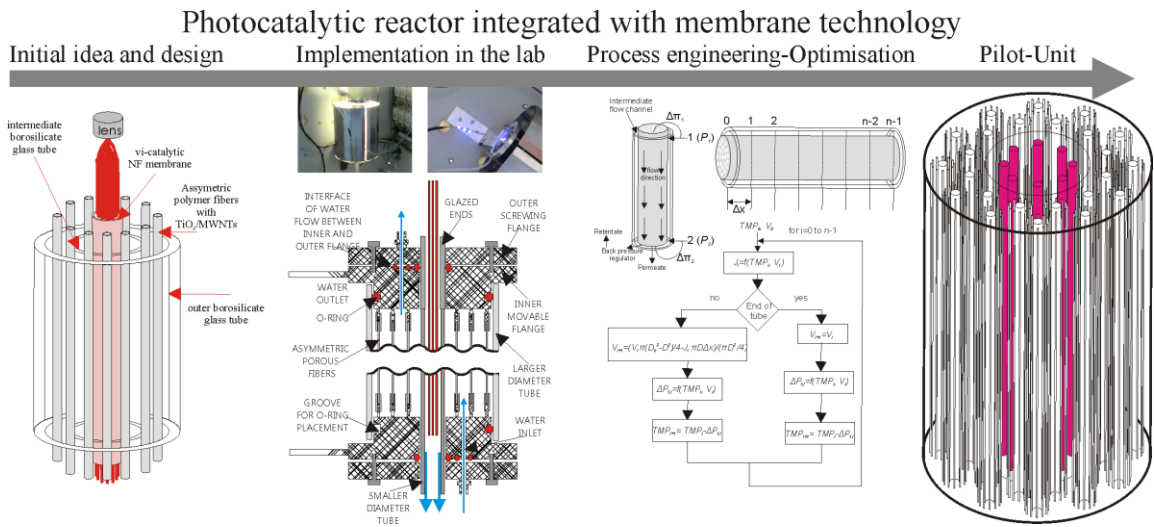


# Αντικείμενο & Στόχοι

Ο κύριος στόχος του LIFE PureAgroH2O είναι η ανάπτυξη ενός φωτοκαταλυτικού αντιδραστήρα νανοδιήθησης σε πιλοτική κλίμακα για την επεξεργασία των υδατικών αποβλήτων της Αγρο-Βιομηχανίας



- Εφαρμογή αναλυτικών μεθόδων για την ανίχνευση και τον προσδιορισμό φυτοφαρμάκων, μεταβολιτών και βαρέων μετάλλων.
- Οικονομική και περιβαλλοντική αξιολόγηση του PNFR κατά τη λειτουργία στη Ζαγορίν.



# Αναμενόμενα Οφέλη

- Ανακύκλωση/επαναχρησιμοποίηση του 95% των υδατικών αποβλήτων της φρουτοβιομηχανίας.
- Πρόληψη της διαφυγής ανόργανων και οργανικών ρύπων προς το περιβάλλον (φυτοφάρμακα/ενώσεις υψηλής προτεραιότητας και βαρέα μέταλλα) κατά 99-100%.
- Μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος της διαδικασίας διαχείρισης υδατικών αποβλήτων κατά 41%.
- Κοινωνικο-οικονομικά οφέλη – Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας +10%.
- Επιδράσεις στη Νομοθεσία και τους κανονισμούς. Τεχνολογία ETV.





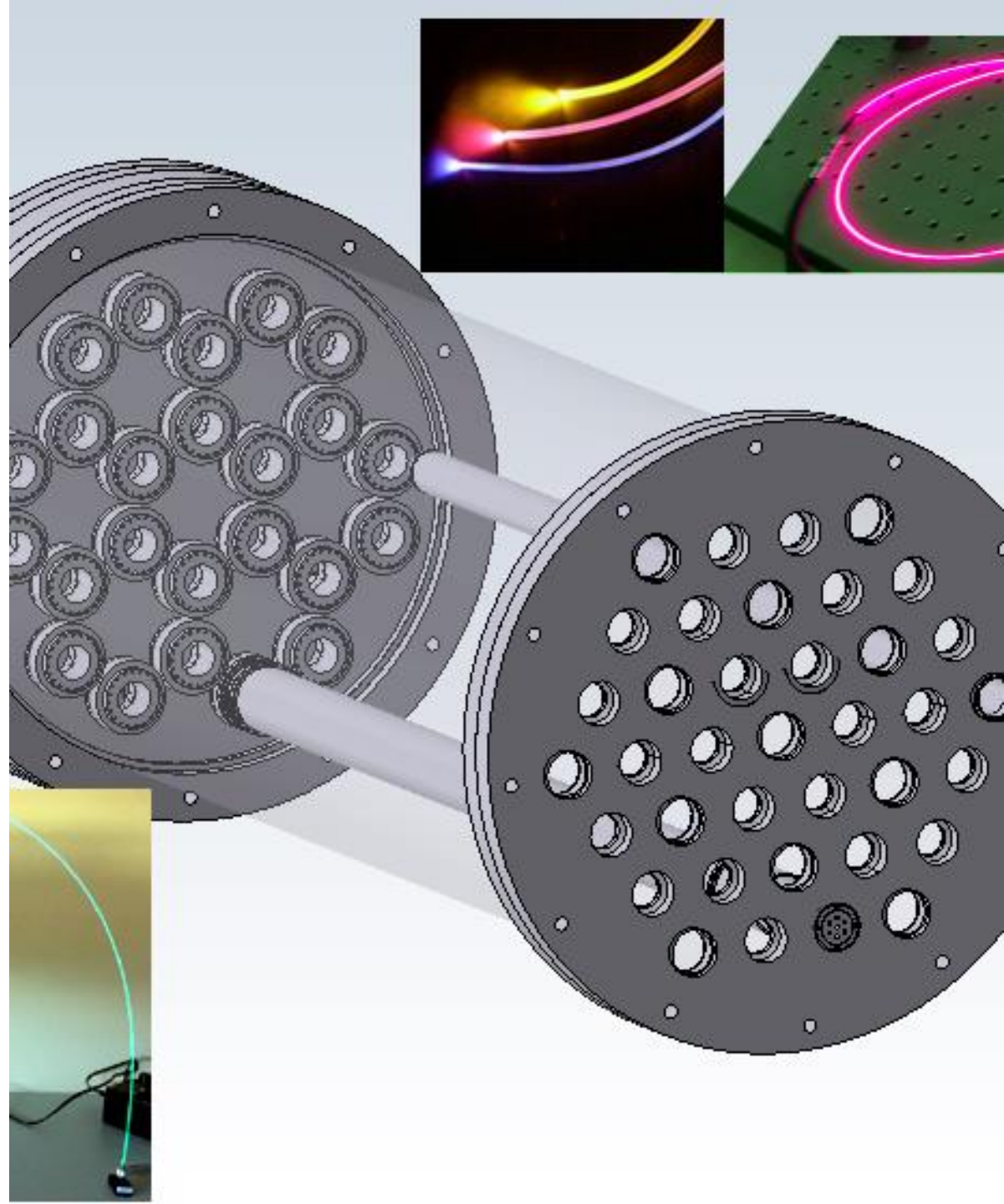


LIFE PureAgroH2O

## Περιγραφή της τεχνολογίας

- Η νέα τεχνολογία Φωτοκαταλυτικής Νανοδιήθησης συνδυάζει και ολοκληρώνει σε έναν αντιδραστήρα τις πιο δραστικές τεχνολογίες αντιμετώπισης μικρορυπαντών. Η φωτοκατάλυση και η νανοδιήθηση συνδυάζονται με τρόπο που οδηγεί σε αυξημένη αποτελεσματικότητα λόγω συνέργειας μεταξύ των δύο διεργασιών.

1/17/2020



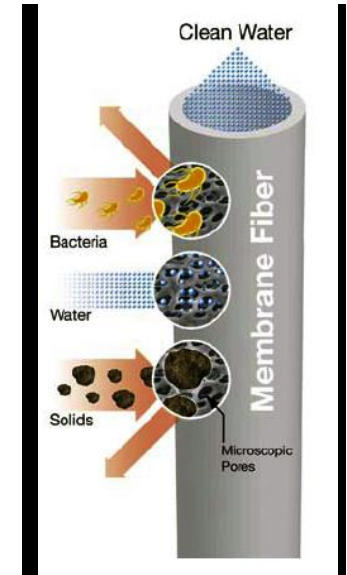
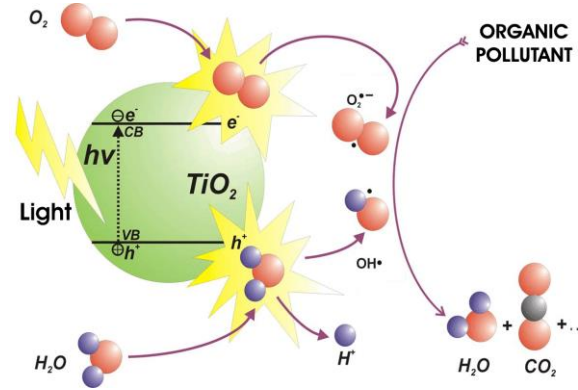


LIFE PureAgroH2O

# Φωτοκατάλυση

## Φωτοκατάλυση

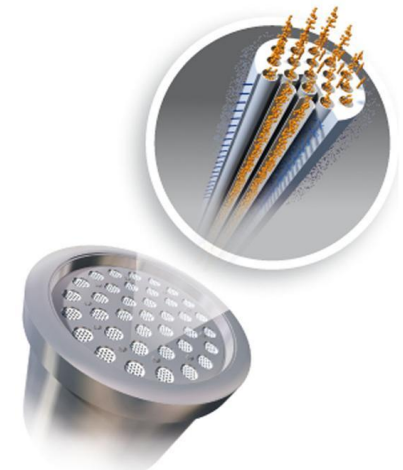
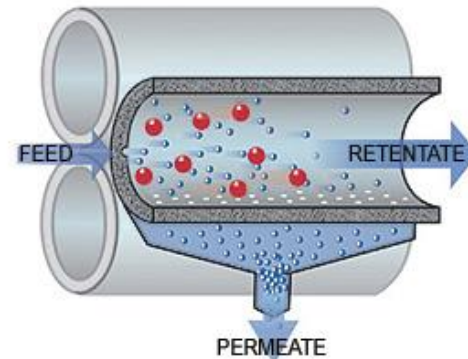
- Βασίζεται στην δημιουργία δραστικών, οξειδωτικών ριζών κατά την ακτινοβολήση του φωτοκαταλύτη. Προκαλούν την οξειδωτική διάσπαση του μικρο ρυπαντή.



## Νανοδιήθηση

- Συγκράτηση των μικρο-ρυπαντών από μεμβράνες με νανοπόρους.

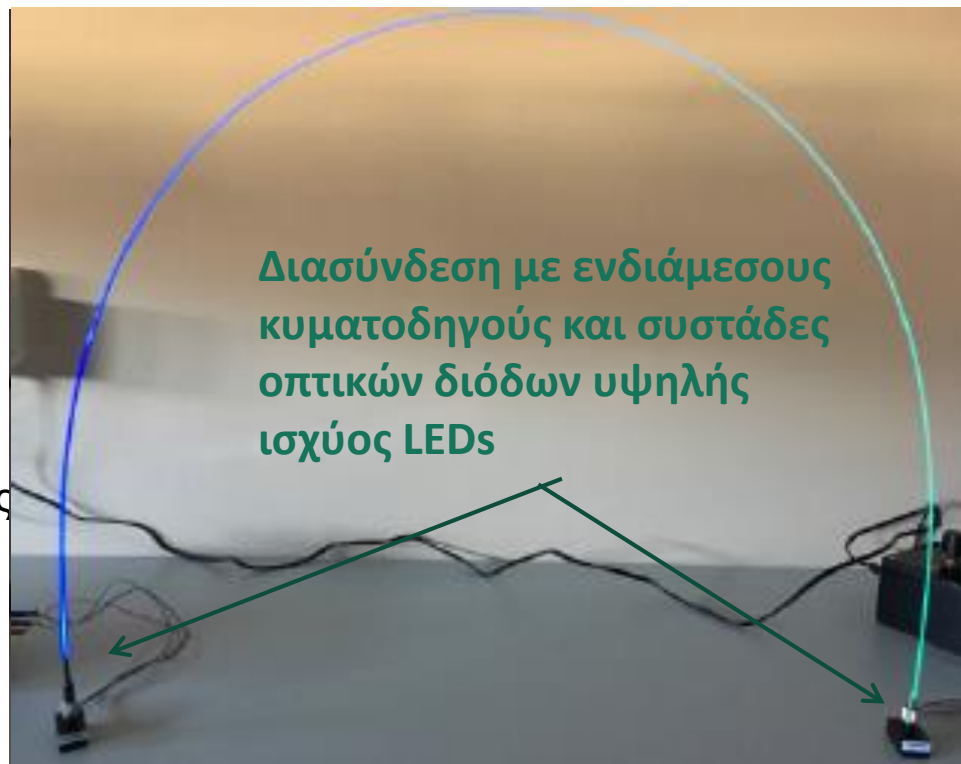
# Νανοδιήθηση





# Τα βασικά στοιχεία της τεχνολογίας

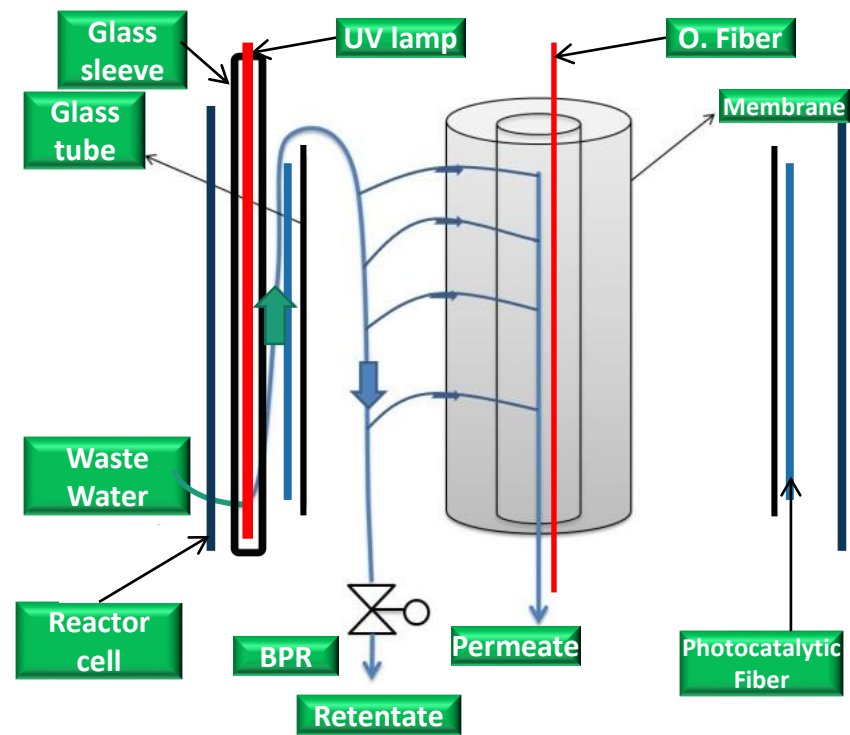
- ❑ Πολυκάναλοι (Αλούμινα) μονόλιθοι NF (μεμβράνες), που ενισχύονται περεταίρω με φωτοκαταλυτική δραστικότητα.
- ❑ Τροποποιημένοι φωτοκαταλύτες,  $TiO_2$  με δραστικότητα στην περιοχή του ορατού φωτός (VLA), εναποτίθενται και σταθεροποιούνται στο κέλυφος και στα τοιχώματα των καναλιών κάθε μονόλιθου. Έναρξη των επιχρισμάτων.
- ❑ Wash coating , sol-gel dip coating, chemical vapor deposition (CVD).
- ❑ Επιτυγχάνεται η ακτινοβολήση του κελύφους και της επιφάνειας των καναλιών των μονόλιθων καθώς διεξάγεται η διεργασία νανοδιήθησης.
- ❑ Οπτικές ίνες που ακτινοβολούν πλευρικά συνδέονται με ενδιάμεσους κυματοδηγούς και συστάδες οπτικών διόδων η φακών τύπου Fresnel.
- ❑ Επιπρόσθετα κανάλια ροής (στην πλευρά του κελύφους) φιλοξενούν μεγάλο αριθμό πολυμερικών πορωδών ινών που ενσωματώνουν νανοσωματίδια φωτοκαταλύτη.



Διασύνδεση με ενδιάμεσους κυματοδηγούς και συστάδες οπτικών διόδων υψηλής ισχύος LEDs



# Περιγραφή της διεργασίας



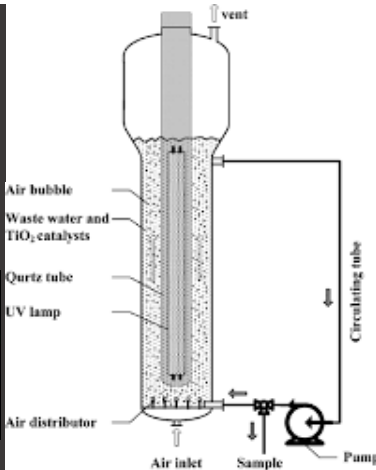
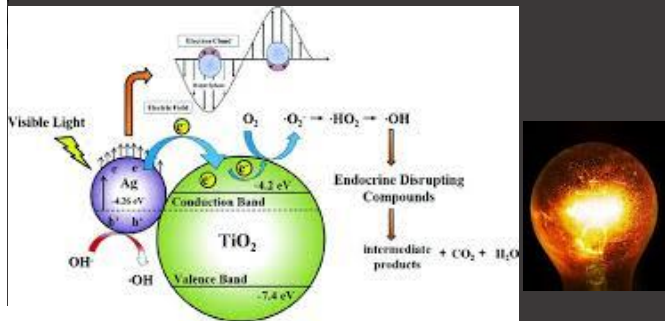
- Συνέργεια μεταξύ NF και Φωτοκατάλυσης

1. Τα υδατικά απόβλητα εισέρχονται στο κέλυφος του αντιδραστήρα (κοντά στη βάση).
2. Το απόβλητο ρέει με φορά από τη βάση προς την κορυφή του αντιδραστήρα και έρχεται σε επαφή με τις φωτοκαταλυτικές ίνες.
3. Υπερχειλίση στην κορυφή του υάλινου σωλήνα που περικλείει κάθε μονόλιθο και ροή με φορά προς τη βάση.
4. Ρυθμιστής πίεσης που προκαλεί αύξηση στα 10 bar. Κλάσμα της ροής του νερού διαπερνά τη μεμβράνη και ρέει προς τα κάτω σε επαφή με την φωτοκαταλυτική επιφάνεια στα κανάλια του μονόλιθου.



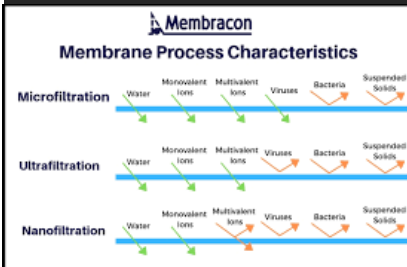
LIFE PureAgroH2O

- Φωτοκατάλυση-Slurry reactors.



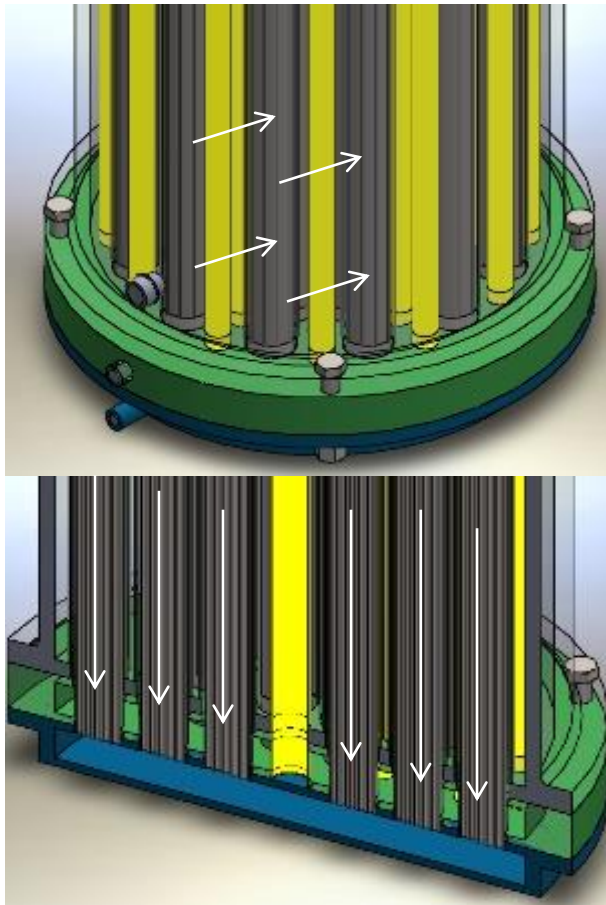
- Ανταγωνιστική δράση του οργανικού φορτίου. Καταναλώνονται τα κέντρα ρόφησης και οι οξειδωτικές ρίζες.
- Εξάρτηση από τις φυσικοχημικές και ηλεκτρικές ιδιότητες των μορίων των μικρορυπαντών.
- Δημιουργία πιθανώς τοξικότερων παραπροϊόντων.
- Δυσκολία στην ανάκτηση του φωτοκαταλύτη και του ενεργού άνθρακα από το ελαιώρημα.
- Παραγωγή τοξικών συμπυκνωμάτων και αδυναμία ανάκτησης μεγάλου μέρους του νερού.
- Ανάγκη για συχνή αναγέννηση ή αντικατάσταση του ροφητικού μέσου και του φωτοκαταλύτη.

- Νανοδιήθηση



# Αντιμετώπιση μικρορυπαντών- Τα κύρια προβλήματα





## Πρόβλημα 1

- Ανταγωνιστική δράση του οργανικού φορτίου. Καταναλώνονται τα κέντρα ρόφησης και οι οξειδωτικές ρίζες.

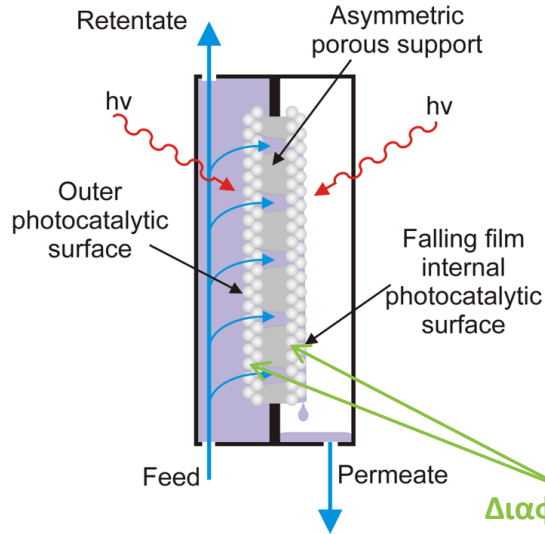
- Προκατεργασία (CFS και ρόφηση PAC) μειώνουν το COD στα 100 ppm.
- NF συγκρατεί μεγάλα μόρια NOM. Μόνο τα μικρότερα μόρια των μικρορυπαντών μπορούν να περάσουν μέσα από τους πόρους της μεμβράνης και υφίστανται φωτοκαταλυτική οξείδωση στην επιφάνεια των καναλιών του μονόλιθου.

Συνέργεια μεταξύ  
φωτοκατάλυσης και NF. Τι  
επιτυγχάνεται

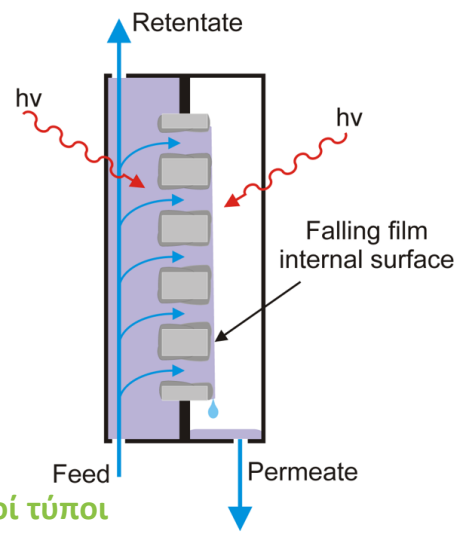


LIFE PureAgroH2O

Membrane with deposited  $\text{TiO}_2$  nanoparticles developed via CVD



Membrane with nanocrystalline  $\text{TiO}_2$  films developed layer by layer via CVD



Διαφορετικοί τύποι φωτοκαταλυτών με μεγάλη διαφορά στο ισοηλεκτρικό τους σημείο.

Συνέργεια μεταξύ φωτοκατάλυσης και NF. Τι επιτυγχάνεται

## Πρόβλημα 2

- Εξάρτηση από τις φυσικοχημικές και ηλεκτρικές ιδιότητες των μορίων των μικρορυπαντών

- Σε pH (6-8)  $\text{TiO}_2$  φέρει αρνητικό φορτίο.
- NOM επίσης αρνητικό φορτίο.
- Μόνο τα μικρότερα και θετικά φορτισμένα μόρια των μικρορυπαντών μπορούν να περάσουν από τη μεμβράνη.



LIFE PureAgroH2O

Συνέργεια μεταξύ  
φωτοκατάλυσης και NF. Τι  
επιτυγχάνεται

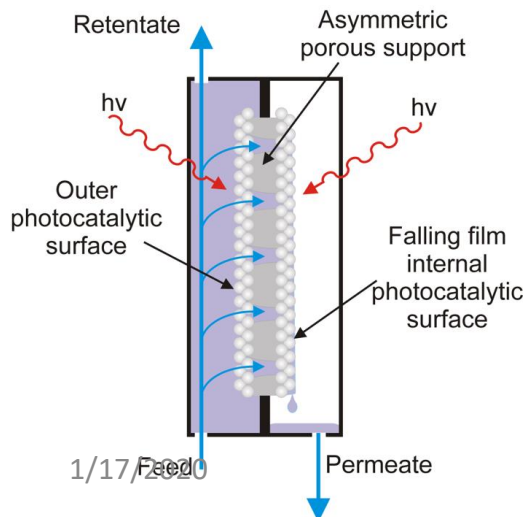
### Πρόβλημα 3

- Δημιουργία τοξικότερων παραπροϊόντων.
- Η οζόνωση δημιουργεί παραπροϊόντα λόγω μερικής οξείδωσης και αντιδράσεων με αλογονωμένες ενώσεις

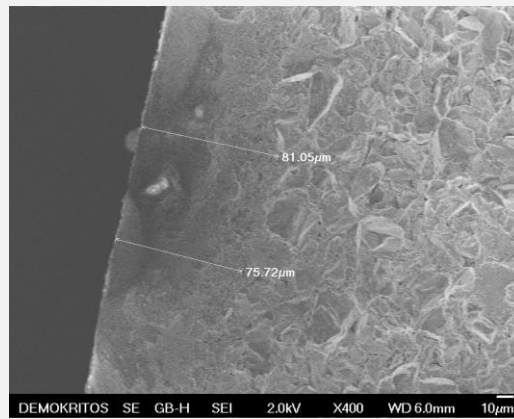
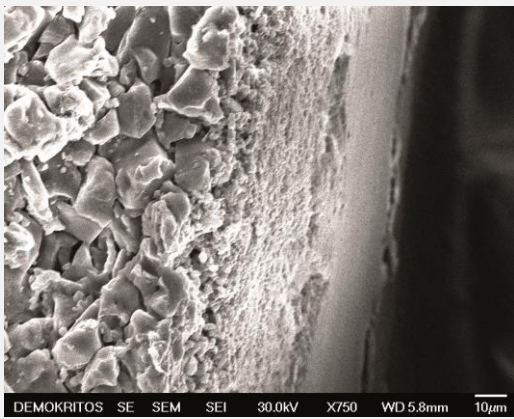
- Οι μεγάλες αλογονωμένες ενώσεις συγκρατούνται από την μεμβράνη.
- Η μεγάλη επιφάνεια του φωτοκαταλύτη εξασφαλίζει δραστικότερα και διαδοχικά βήματα οξείδωσης.



Membrane with deposited  $\text{TiO}_2$  nanoparticles developed via CVD







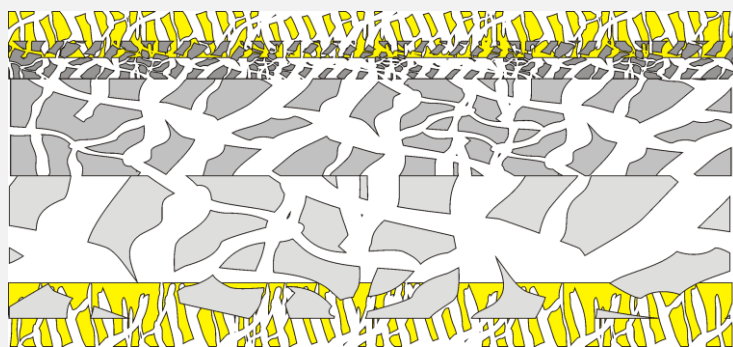
LIFE PureAgroH2O

## Πρόβλημα 4

- Δυσκολία στην ανάκτηση του PAC και του φωτοκαταλύτη από το εναιώρημα.

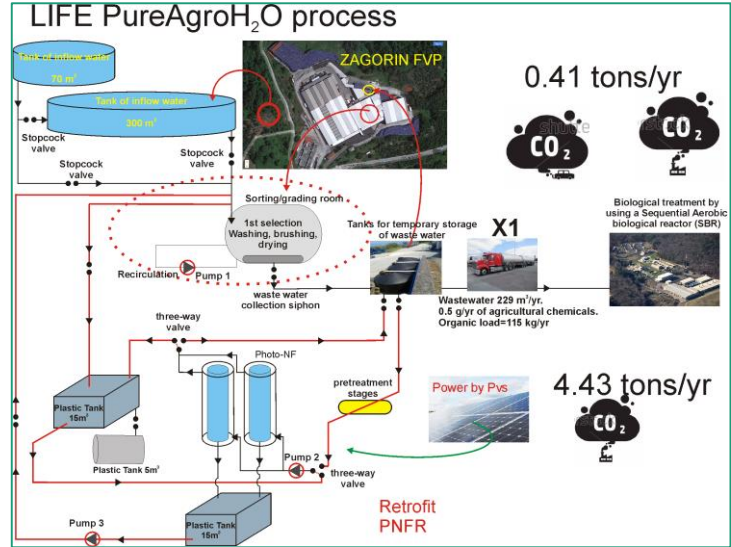
- Ο φωτοκαταλύτης σταθεροποιείται στο κέλυφος και την επιφάνεια των καναλιών του μονόλιθου.

- Η σταθερότητα ενισχύεται καθώς το επίχρισμα ξεκινά (έχει ρίζες) μέσα από τους πόρους του υποστρώματος.

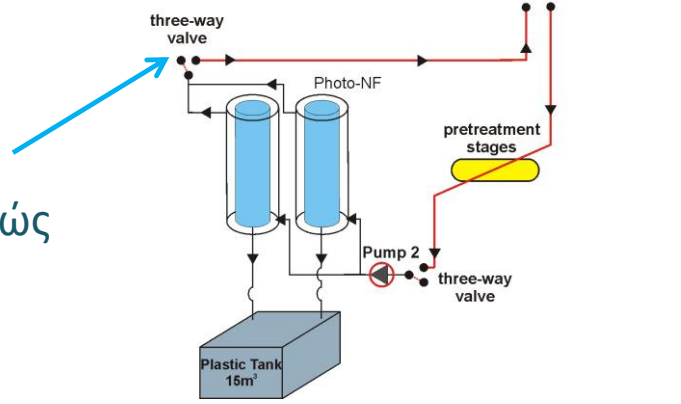


←  $\text{TiO}_2$  επίχρισμα  
← NF υμένιο  
← Meso-υπόστρωμα  
← Macro-υπόστρωμα  
←  $\text{TiO}_2$  επίχρισμα

Συνέργεια μεταξύ φωτοκατάλυσης και NF.  
Τι επιτυγχάνεται



- Το ρεύμα συγκράτησης ανακυκλώνεται συνεχώς στην δεξαμενή τροφοδοσίας.



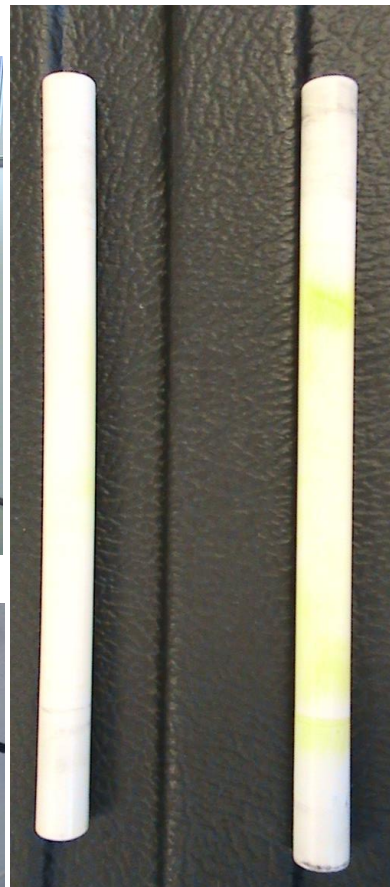
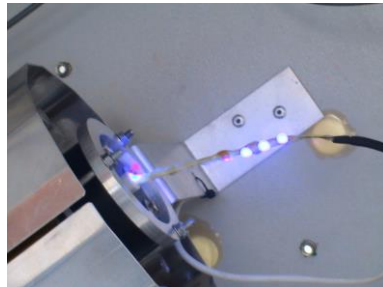
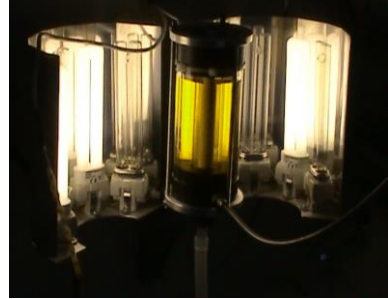
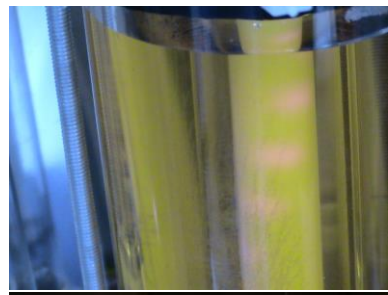
## Πρόβλημα 5

• Παραγωγή τοξικών συμπυκνωμάτων και αδυναμία ανάκτησης μεγάλου μέρους του νερού.

• Η δράση των φωτοκαταλυτικών ινών και της φωτοκαταλυτικής επιφάνειας στο κέλυφος του μονόλιθου καταλήγει σε ρεύμα συγκράτησης που φέρει μικρότερη συγκέντρωση μικρορυπαντών σε σύγκριση με την τροφοδοσία.

• Με τον τρόπο αυτό ανακτάται περισσότερο από το 95% του νερού.

Συνέργεια μεταξύ φωτοκατάλυσης και NF. Τι επιτυγχάνεται



LIFE PureAgroH2O

## Πρόβλημα 6

- Ανάγκη για συχνή αναγέννηση ή και αντικατάσταση του ροφητικού μέσου και του φωτοκαταλύτη.
- Τα οργανικά μόρια που επικάθονται στην επιφάνεια των μεμβρανών υφίστανται φωτοκαταλυτική οξείδωση.

Συνέργεια μεταξύ φωτοκατάλυσης και NF. Τι επιτυγχάνεται





LIFE PureAgroH2O

*Ευχαριστούμε για την προσοχή σας !*

*Thank you for attention !*



ΜΠΕΝΑΚΕΙΟ  
ΦΥΤΟΠΑΘΟΛΟΓΙΚΟ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

