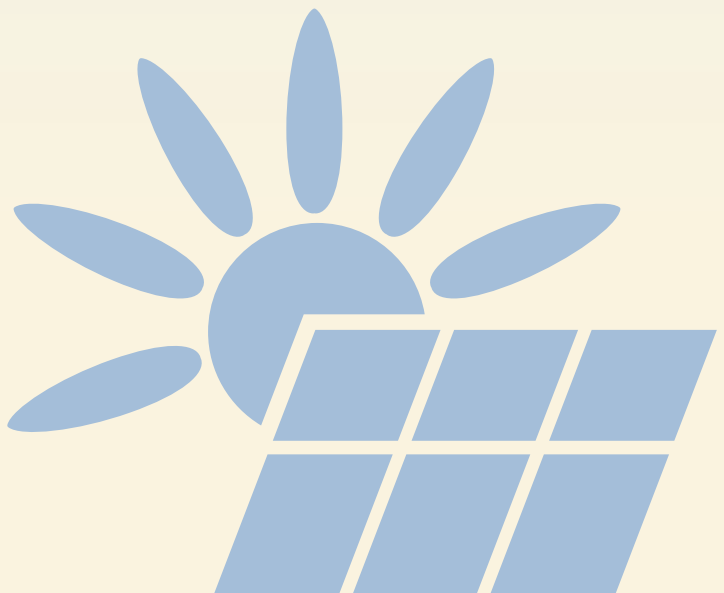


Επίδειξη καινοτόμου μεθόδου
για την αποτοξίνωση λυμάτων
από φαρμακοβιομηχανίες

Layman's Report



Επίδειξη καινοτόμου μεθόδου για την αποτοξίνωση λυμάτων από φαρμακοβιομηχανίες

Το έργο PHARMADETOX με λίγα λόγια

Το LIFE PHARMA-DETOX «Επίδειξη μιας καινοτόμου μεθόδου αποτοξικοποίησης υγρών αποβλήτων από βιομηχανίες φαρμάκων», είναι ένα έργο που χρηματοδοτείται από το πρόγραμμα LIFE της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Συντονίζεται από τη Medochemie και υλοποιείται από μια κοινοπραξία κορυφαίων εταιρών από τον βιομηχανικό και ακαδημαϊκό κλάδο και από τον κλάδο των μικρομεσαίων επιχειρήσεων, συμπεριλαμβανομένου του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ), του Πανεπιστημίου της Κατάνιας, της Nevis Πρότυπες Περιβαλλοντικές Εφαρμογές Α.Ε. και του Πανεπιστημίου του Άαρχους. Η κοινοπραξία αυτή συνδυάζει συμπληρωματική τεχνογνωσία στη φαρμακευτική παραγωγή, την περιβαλλοντική μηχανική, τις προηγμένες τεχνολογίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, την επικοινωνία και διάδοση των αποτελεσμάτων, καθώς και την επιχειρηματική αξιοποίηση των αποτελεσμάτων του έργου.

Στο πλαίσιο του έργου αναπτύχθηκε, εφαρμόστηκε και δοκιμάστηκε ένα καινοτόμο, οικονομικά βιώσιμο και αποδοτικό σύστημα για τη μετατροπή φαρμακευτικών ενώσεων, που περιέχονται στα λύματα, σε μη τοξικές ουσίες (καινοτόμος διαδικασία αποτοξικοποίησης).

Το σύστημα είναι σε θέση να επεξεργάζεται τα λύματα που παράγονται από τις παραγωγικές δραστηριότητες, διασφαλίζοντας ότι καμία δραστική φαρμακευτική ουσία (API) δεν θα καταλήξει στο αποχετευτικό δίκτυο χωρίς να έχει υποστεί επεξεργασία και αποτοξικοποίηση ό το σύστημα που έχει αναπτυχθεί.

Η υψηλή τεχνική απόδοση που επέδειξε το LIFE PHARMA-DETOX άνοιξε τον δρόμο για την κατοχύρωση με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας της καινοτόμου καταλυτικής διεργασίας υδρογόνωσης που ανέπτυξε το έργο, συμπεριλαμβανομένων του επεξεργασμένου καταλύτη, του ειδικά σχεδιασμένου μίγματος αερίων και των βελτιστοποιημένων συνθηκών λειτουργίας. Πέρα από την τεχνολογική επικύρωση, το έργο διαμόρφωσε ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο για τη μεταφορά, την αναπαραγωγή και την εμπορική αξιοποίηση της τεχνολογίας, μέσω ενός εξειδικευμένου οδικού χάρτη επιχειρηματικής εκμετάλλευσης που προσδιορίζει τις μελλοντικές ευκαιρίες εμπορικής αξιοποίησης και τις προοπτικές ευρύτερης εφαρμογής της.

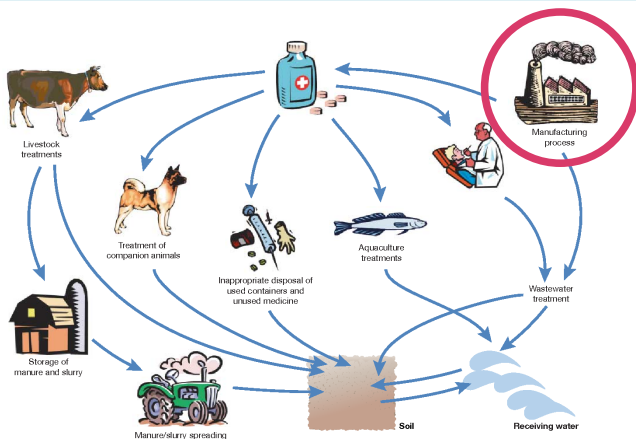
Τα Περιβαλλοντικά Ζητήματα που Αντιμετωπίζει το Έργο

Οι Δραστικές Φαρμακευτικές Ουσίες (Active Pharmaceutical Ingredients – APIs) αποτελούν μία από τις σημαντικότερες προκλήσεις στην επεξεργασία φαρμακευτικών λυμάτων. Αυτές οι βιοδραστικές ενώσεις, απαραίτητες για την παραγωγή φαρμάκων, μπορούν να έχουν σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις όταν απελευθερώνονται σε επιφανειακά ύδατα, ακόμη και σε ελάχιστες συγκεντρώσεις. Οι Δραστικές Φαρμακευτικές Ουσίες είναι ουσίες υπεύθυνες για τη θεραπευτική δράση των φαρμάκων. Σχεδιασμένες να αλληλεπιδρούν με συγκεκριμένους βιολογικούς στόχους στον άνθρωπο και στα ζώα, αυτές οι ενώσεις διατηρούν τη βιολογική τους δραστηριότητα ακόμη και μετά την απελευθέρωσή τους στο περιβάλλον. Όταν καταλήγουν στα υδάτινα οικοσυστήματα μέσω των βιομηχανικών λυμάτων, μπορούν να προκαλέσουν επιβλαβείς επιπτώσεις στην υδρόβια χλωρίδα και πανίδα, να διαταράξουν

τις ισορροπίες του οικοσυστήματος και να συμβάλουν στο ανησυχητικό φαινόμενο της αντοχής στα αντιβιοτικά, να δράσουν ως ενδοκρινικοί διαταράκτες και να προκαλέσουν μακροχρόνια χρόνια τοξικότητα στην υδρόβια ζωή.

Η βιοσυσσώρευση των δραστικών φαρμακευτικών συστατικών (API) μπορεί να οδηγήσει σε:

- Την πιθανή πρόκληση αντιμικροβιακής αντοχής σε μικροοργανισμούς.
- Την εκδήλωση ιδιοτήτων που διαταράσσουν το ενδοκρινικό σύστημα.
- Μακροπρόθεσμες αρνητικές επιπτώσεις στην υδρόβια ζωή λόγω χρόνιας τοξικότητας.



Σε παγκόσμιο επίπεδο, πάνω από το 80% των λυμάτων που παράγονται από τις δραστηριότητες της φαρμακευτικής βιομηχανίας απορρίπτονται χωρίς επεξεργασία, ενώ οι περιοχές με υψηλή συγκέντρωση υπολειμμάτων κοντά σε εγκαταστάσεις παραγωγής συνδέονται με την αντιμικροβιακή αντοχή (AMR) — η οποία κατατάσσεται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας ως μία από τις δέκα κορυφαίες παγκόσμιες απειλές για τη δημόσια υγεία.



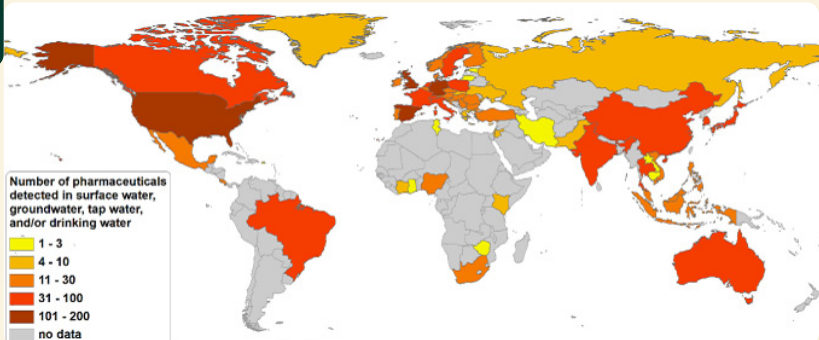
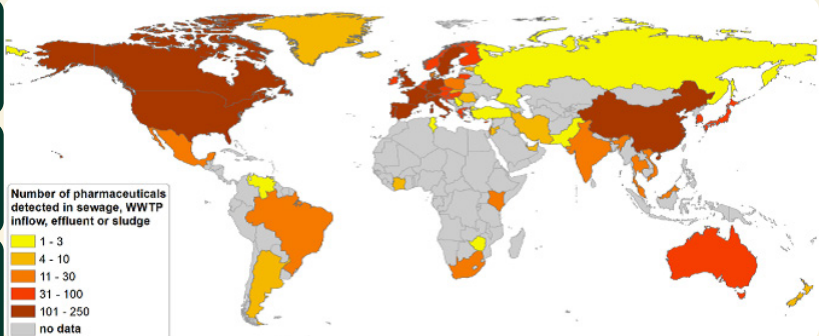
Το 92% της υπολειμματικής τοξικότητας στα αστικά λύματα προέρχεται από τους τομείς των φαρμακευτικών προϊόντων και των καλλυντικών («Η κατάσταση των υδάτων στην Ευρώπη 2024»)

Οι φαρμακευτικές ουσίες στο περιβάλλον

559 διαφορετικές φαρμακευτικές ουσίες έχουν ανιχνευθεί παγκοσμίως

100 διαφορετικές φαρμακευτικές ουσίες έχουν εντοπιστεί σε αρκετές ευρωπαϊκές χώρες και στις Ηνωμένες Πολιτείες.

Φαρμακευτικές ουσίες στο περιβάλλον: Παγκόσμια παρουσία και δυνατότητες συνεργατικής δράσης στο πλαίσιο της Στρατηγικής Προσέγγισης για τη Διεθνή Διαχείριση Χημικών Ουσιών (SAICM). Αναφορά: T. aus der Beek, F.-A. Weber, A. Bergmann, S. Hickmann, I. Ebert, A. Hein, και A. Küster, 2019, Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Περιβάλλοντος της Γερμανίας (Umweltbundesamt).



Προκλήσεις για τη Φαρμακευτική Βιομηχανία



01



Δεν υπάρχει καμία τεχνολογία που να είναι κατάλληλη για όλες τις περιπτώσεις

Καμία μεμονωμένη εμπορικά διαθέσιμη τεχνολογία δεν μπορεί να απομακρύνει όλες τις κατηγορίες φαρμακευτικών ενώσεων από τα υγρά απόβλητα της φαρμακευτικής παραγωγής.

02



Το κόστος είναι σημαντικά υψηλότερο από αυτό που είχαν εκτιμήσει οι ρυθμιστικές αρχές

Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Περιβάλλοντος της Γερμανίας: ετήσιο κόστος της τεταρτοβάθμιας επεξεργασίας των λυμάτων ανέρχεται σε 885–1.025 εκατ. €/ έτος - τέσσερις φορές υψηλότερο από την εκτίμηση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, η οποία ανερχόταν στα 238 εκατ. €

03



Κανονιστική αβεβαιότητα, αλλά πλέον η υποχρέωση έχει επιβεβαιωθεί

Η φαρμακευτική βιομηχανία προειδοποίησε ότι ενδέχεται να προκύψουν ελλείψεις φαρμάκων και απόσυρση ορισμένων προϊόντων από την αγορά σε ορισμένες χώρες.

04



Οι κανονισμοί Ορθής Παρασκευαστικής Πρακτικής (Good Manufacturing Practice – GMP) επιβάλλουν αυστηρά πρότυπα ποιότητας για όλο το νερό που χρησιμοποιείται στη φαρμακευτική παραγωγή και στον καθαρισμό του εξοπλισμού

05



Πολυπλοκότητα λόγω πολλαπλών δραστικών φαρμακευτικών ουσιών (APIs)

Η Medochemie διαθέτει 13 μονάδες παραγωγής, καθεμία με διαφορετικές γραμμές παραγωγής, διαφορετικά προφίλ δραστικών φαρμακευτικών ουσιών (APIs) και διαφορετικούς όγκους παραγόμενων υγρών αποβλήτων.

Στόχοι του έργου

Στόχοι:

-  Αποτοξικοποίηση των λυμάτων της φαρμακευτικής βιομηχανίας και αποφυγή της απόρριψης δραστικών φαρμακευτικών ουσιών (API) στο αποχετευτικό δίκτυο.
-  Προώθηση της έννοιας της κυκλικής οικονομίας στη φαρμακευτική βιομηχανία μέσω της ανάκτησης νερού που, διαφορετικά, θα είχε απορριφθεί στο αποχετευτικό δίκτυο.

Επίτευξη μέσω:

-  Ανάπτυξης και εφαρμογής ενός καινοτόμου και οικονομικά αποδοτικού συστήματος για τη μετατροπή των φαρμακευτικών ενώσεων που περιέχονται στα λύματα σε μη τοξικές ουσίες.
-  Χρήση του ανακτηθέντος νερού σε μη κρίσιμες εφαρμογές (συστήματα ανταλλαγής θερμότητας, καθαρισμός, άρδευση).

Ειδικοί στόχοι και βασικοί δείκτες απόδοσης (KPIs)

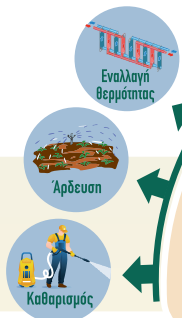
- **Αποτροπή** της απόρριψης δραστικών φαρμακευτικών ουσιών (APIs) στο δίκτυο αποχέτευσης.
- **Μετατροπή** 1.606 kg δραστικών φαρμακευτικών ουσιών (APIs) σε μη τοξικές ενώσεις.
- **Εξοικονόμηση** 913 m³ πόσιμου νερού ετησίως.
- **Επαναχρησιμοποίηση** και ανακύκλωση καθαρού νερού για τις ανάγκες των μονάδων παραγωγής ή για σκοπούς άρδευσης.
- **Ελαχιστοποίηση** του περιβαλλοντικού αποτυπώματος του συστήματος μέσω της χρήσης 100% ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- **Μεταφορά** και αξιοποίηση των αποτελεσμάτων του έργου από άλλες φαρμακευτικές εταιρείες σε ολόκληρη την Ευρώπη.
- **Ενημέρωση** και ευαισθητοποίηση του κοινού σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, συμπεριλαμβανομένων των αρμόδιων αρχών, των πανεπιστημίων και της φαρμακευτικής βιομηχανίας.
- **Διαμόρφωση προτάσεων πολιτικής** προς την Ευρωπαϊκή Ένωση.
- **Δημιουργία** μιας αποτελεσματικής αλυσίδας αξίας μέσω του κοινωνικο-οικονομικού αντίκτυπου των προτεινόμενων δράσεων.



Διασикаσία - Πιλοτικό Σύστημα

Τα υγρά απόβλητα της φαρμακευτικής μονάδας διέρχονται αρχικά από μονάδα αντίστροφης όσμωσης και στη συνέχεια οδηγούνται σε έναν καταλυτικό αντιδραστήρα, ο οποίος τροφοδοτείται με υδρογόνο που παράγεται επιτόπου μέσω μονάδας ηλεκτρόλυσης, αξιοποιώντας ηλεκτρική ενέργεια από φωτοβολταϊκά συστήματα. Εκεί, οι δραστικές φαρμακευτικές ουσίες μετατρέπονται σε μη τοξικές ενώσεις. Το καθαρό νερό που ανακτάται στο τέλος της διαδικασίας επαναχρησιμοποιείται σε μη κρίσιμες εφαρμογές, όπως συστήματα **ανταλλαγής θερμότητας**, εργασίες καθαρισμού και άρδευση, συμβάλλοντας στην κυκλική διαχείριση των υδάτινων πόρων της εγκατάστασης.

- **Οι δύο ροές** ανακτημένου νερού μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν για άρδευση, σε συστήματα ανταλλαγής θερμότητας ή για εργασίες καθαρισμού



PHARMA DETOX ΠΙΛΟΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

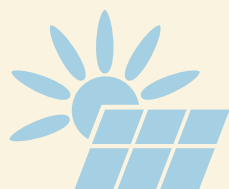
- Τα υγρά απόβλητα που παράγονται κατά τον καθαρισμό του εξοπλισμού προέρχονται από:
 - 1 - Μονάδα παραγωγής ενέσιμων αμπούλων.
 - 2 - Μονάδα παραγωγής πόσιμων σκευασμάτων πενικιλίνης.
 - 3 - Μονάδα παραγωγής ενέσιμων σκευασμάτων πενικιλίνης.

- **Καταλυτική υδρογόνωση:** Μείωση και αποτοξικοποίηση των φαρμακευτικών ενώσεων μέσω μίγματος υδρογόνου (H_2) και οξυγόνου (O_2).



- **Αντίστροφη όσμωση:** Μείωση του όγκου των υγρών αποβλήτων κατά 80–90%

- **Μονάδα ηλεκτρόλυσης νερού:** Παραγωγή υδρογόνου (H_2) μέσω ηλεκτρόλυσης που τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια από φωτοβολταϊκά συστήματα



Προέλευση των υγρών αποβλήτων



Μονάδα παραγωγής ενέσιμων
αμπούλων – Γραμμές 1 και 2



Μονάδα παραγωγής
ενέσιμων σκευασμάτων
πενικιλίνης



Μονάδα παραγωγής πόσιμων
σκευασμάτων πενικιλίνης

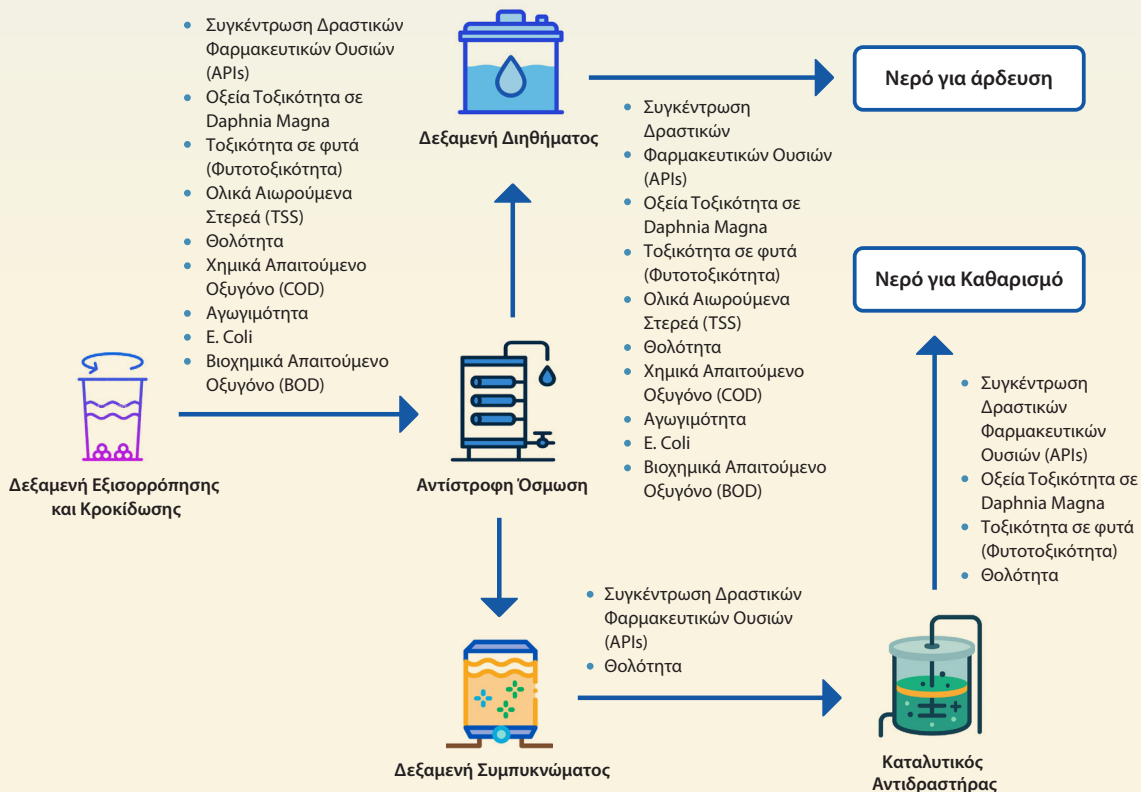


Νερό από την έκπλυση του εξοπλισμού
και των φίλτρων, το οποίο περιέχει
εργαστηριακό απορρυπαντικό



Νερό από την πλύση του εργαστηριακού
ρουχισμού σε πλυντήρια,
το οποίο περιέχει απορρυπαντικό πλυντηρίου

Σημεία παρακολούθησης



Υλοποίηση

1^η Φάση Επίδειξης στη Λεμεσό, Κύπρος

Η αρχική εγκατάσταση της πιλοτικής μονάδας επεξεργασίας φαρμακευτικών υγρών αποβλήτων ολοκληρώθηκε στις εγκαταστάσεις της Medochemie στη Λεμεσό της Κύπρου.

Το πιλοτικό σύστημα είναι πλήρως εγκατεστημένο σε container και χωρίζεται σε δύο διακριτές λειτουργικές ενότητες. Στην πρώτη ενότητα βρίσκεται η μονάδα αντίστροφης όσμωσης, η οποία απομακρύνει φυσικά τις οργανικές ενώσεις και τα ανόργανα ιόντα από τα υγρά απόβλητα. Η δεύτερη ενότητα περιλαμβάνει τον καταλυτικό αντιδραστήρα και το σύστημα ηλεκτρόλυσης νερού, το οποίο παράγει το υδρογόνο που απαιτείται για τη λειτουργία του

αντιδραστήρα. Η ενότητα αυτή έχει σχεδιαστεί σύμφωνα με τις προδιαγραφές ATEX, εξασφαλίζοντας την ασφαλή λειτουργία του συστήματος σε περιβάλλον όπου υπάρχει παρουσία αερίου υδρογόνου.

Η πιλοτική μονάδα λειτουργήσε υπό πραγματικές βιομηχανικές συνθήκες και η πειραματική αυτή φάση επέτρεψε στην ερευνητική ομάδα να προσδιορίσει τις βέλτιστες παραμέτρους λειτουργίας του συστήματος. Η κύρια δραστική φαρμακευτική ουσία (API) που υποβλήθηκε σε επεξεργασία κατά τη διάρκεια της φάσης αυτής ήταν η αμοξικιλίνη.

Το σύστημα PHARMA-DETOX στη Λεμεσό



Δεξαμενή εξισορρόπησης και κροκίδωσης



Μονάδα αντίστροφης όσμωσης



Καταλυτικός αντιδραστήρας



Μονάδα ηλεκτρόλυσης νερού



Πεδίο φωτοβολταϊκών

Το σύστημα PHARMA-DETOX



Container



Ζώνη εκτός ATEX



Ζώνη ATEX

**SAFETY
FIRST**

Ζώνη εκτός ATEX

Περιλαμβάνει τη μονάδα αντίστροφης όσμωσης (RO), η οποία αποτελεί την ασφαλή περιοχή για την προκατεργασία των υγρών αποβλήτων μέσω μεμβρανών και την ανάκτηση νερού.

Ζώνη ATEX

Περιλαμβάνει τον καταλυτικό αντιδραστήρα, τη μονάδα ηλεκτρόλυσης και τις φιάλες αερίου υδρογόνου (H_2). Πρόκειται για περιοχή που ταξινομείται ως δυνητικά εκρηκτική και έχει σχεδιαστεί σύμφωνα με τις προδιαγραφές ασφαλείας ATEX.

Υλοποίηση



2^η Φάση Επίδειξης στο Duiven, Ολλανδία

Μετά την ολοκλήρωση των πειραματικών εργασιών στη Λεμεσό, το σύστημα LIFE PHARMA-DETOX μεταφέρθηκε στις εγκαταστάσεις της FAL Duiven B.V. στο Duiven της Ολλανδίας. Μετά την εγκατάσταση και τη σύνδεσή του με τη φαρμακευτική μονάδα, το πιλοτικό σύστημα λειτουργήσε υπό τις πραγματικές συνθήκες της εγκατάστασης υποδοχής.

Η δεύτερη φάση επίδειξης επέτρεψε τη δοκιμή του συστήματος σε διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας, με πρόσθετες ομάδες δραστικών φαρμακευτικών ουσιών (APIs) και διαφορετικά ρεύματα υγρών αποβλήτων που προέρχονταν από εναλλακτικές διαδικασίες σύνθεσης, πέραν εκείνων που είχαν εξεταστεί στη Λεμεσό. Τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν την αξιοπιστία και την ανθεκτικότητα του συστήματος, καθώς και την ικανότητά του να προσαρμόζεται αποτελεσματικά σε διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας, διαφορετικές συνθέσεις υγρών αποβλήτων και διαφορετικές ομάδες δραστικών φαρμακευτικών ουσιών.



Αποτελέσματα λειτουργίας του πιλοτικού συστήματος

Μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για τις δοκιμές ασφάλειας του νερού

01

Υπολείμματα φαρμάκων

Ακριβής μέτρηση των υπολειμμάτων φαρμακευτικών ουσιών σε κάθε στάδιο της επεξεργασίας.

Εργαστηριακή μέθοδος: HPLC

02

Δοκιμή τοξικότητας

Η *Daphnia magna* χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο της καθαρότητας του νερού.

Διεθνές πρότυπο ISO 6341

03

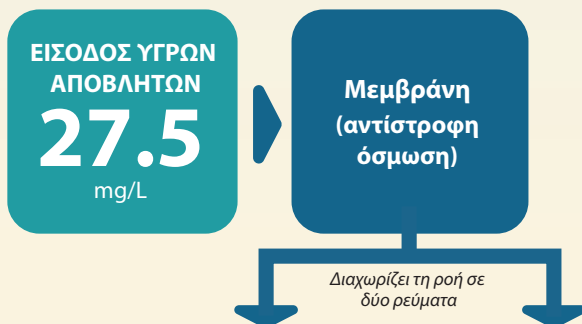
Φυτοτοξικότητα

Τρία διαφορετικά φυτικά είδη χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της ποιότητας του νερού.

Διεθνές πρότυπο ISO 18763

Δύο χρησιμοποιούμενα ρεύματα

Η μεμβράνη διαχωρίζει τα υγρά απόβλητα σε δύο ρεύματα. Στη συνέχεια, κάθε ρεύμα υποβάλλεται στη δική του διαδικασία επεξεργασίας.



Επαναχρησιμοποίηση εντός της εγκατάστασης για εργασίες καθαρισμού

Η Οδηγία (ΕΕ) 2024/3019 για την Επεξεργασία Αστικών Λυμάτων απαιτεί τουλάχιστον 80% απομάκρυνση. Η μονάδα αντίστροφης όσμωσης επιτυγχάνει 88%, ενώ ο καταλυτικός αντιδραστήρας 98%, με τις καλύτερες δοκιμές να ξεπερνούν το 99%.

ΡΕΥΜΑ 1

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΟΣΜΩΣΗ (RO)

88%

λιγότερα υπολείμματα φαρμακευτικών ουσιών $27.5 \pm 3.3 \text{ mg/L}$ • Τα υπολείμματα συγκρατούνται από τη μεμβράνη
Επαναχρησιμοποίηση για άρδευση καλλιερχειών

ΡΕΥΜΑ 2

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΝ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑ

98%

λιγότερα υπολείμματα φαρμακευτικών ουσιών $64.0 \pm 1.9 \text{ mg/L}$ • Οι φαρμακευτικές ενώσεις διασπώνται
Επαναχρησιμοποίηση εντός της εγκατάστασης για εργασίες καθαρισμού

KEY RESULT

Αποτελέσματα

Και τα δύο ρεύματα δοκιμάστηκαν σε ζωντανούς οργανισμούς, με τη χρήση διεθνώς τυποποιημένων μεθόδων

ΡΕΥΜΑ 1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΟΣΜΩΣΗ (RO)

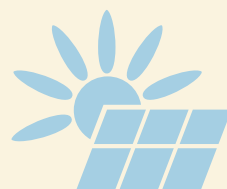
-  **Νερόψυλλοι (*Daphnia magna*)**
Μη τοξικό
Δοκιμή οξείας τοξικότητας σύμφωνα με το πρότυπο ISO 6341.
-  **Φυτά (τρία είδη)**
Δεν παρατηρήθηκαν επιβλαβείς επιδράσεις
Δοκιμή φυτοτοξικότητας σύμφωνα με το πρότυπο ISO 18763

Επιβεβαιώθηκε για επαναχρησιμοποίηση και για απόρριψη.

ΡΕΥΜΑ 2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΝ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑ

-  **Νερόψυλλοι (*Daphnia magna*)**
Έως και 90% μικρότερη τοξικότητα
Δοκιμή οξείας τοξικότητας σύμφωνα με το πρότυπο ISO 6341
-  **Φυτά (τρία είδη)**
Έως και 85% μικρότερη τοξικότητα
Δοκιμή φυτοτοξικότητας σύμφωνα με το πρότυπο ISO 18763

Η υπολειπόμενη τοξικότητα προσεγγίζει το χαμηλότερο επίπεδο που μπορούν να ανιχνεύσουν οι δοκιμές



Περιβαλλοντικά και κοινωνικοοικονομικά οφέλη



Περιβαλλοντικά οφέλη



Καθαρότερα ποτάμια και οικοσυστήματα

Μειώνονται τα υπολείμματα φαρμακευτικών ουσιών και η τοξικότητα πριν από την απόρριψη των υγρών αποβλήτων.



Ανάκτηση νερού για επαναχρησιμοποίηση

Το επεξεργασμένο νερό μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί για άρδευση, καθαρισμό και ψύξη.



Μικρότερη πίεση στους πόρους γλυκού νερού

Η επαναχρησιμοποίηση του νερού συμβάλλει στην εξοικονόμηση πολύτιμου πόσιμου νερού.



Επεξεργασία με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Το σύστημα αξιοποιεί ηλεκτρική ενέργεια από φωτοβολταϊκά και παραγωγή ανανεώσιμου υδρογόνου.



Κυκλική αξιοποίηση των πόρων

Μετατρέπει τα υγρά απόβλητα σε πολύτιμο πόρο και υποστηρίζει τις αρχές της κυκλικής οικονομίας.

Κοινωνικοοικονομικά οφέλη



Μικρότερη κατανάλωση νερού και χαμηλότερο κόστος

Η επαναχρησιμοποίηση του νερού μπορεί να μειώσει την κατανάλωση γλυκού νερού και το σχετικό λειτουργικό κόστος.



Καλύτερη προετοιμασία για τις κανονιστικές απαιτήσεις

Βοηθά τις επιχειρήσεις να ανταποκριθούν στις αυστηρότερες περιβαλλοντικές απαιτήσεις.



Μειωμένος περιβαλλοντικός κίνδυνος

Η μικρότερη απόρριψη ρύπων μπορεί να περιορίσει τους κινδύνους συμμόρφωσης και τις επιπτώσεις στη φήμη των επιχειρήσεων.



Λύση με δυνατότητα εφαρμογής σε όλη την Ευρώπη

Η αρθρωτή (modular) σχεδίαση του συστήματος μπορεί να προσαρμοστεί και σε άλλες φαρμακευτικές εγκαταστάσεις.



Καινοτομία και εξειδικευμένες θέσεις εργασίας

Ενισχύει την ανάπτυξη τεχνογνωσίας στους τομείς της επεξεργασίας νερού, των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της περιβαλλοντικής παρακολούθησης.



Καλύτερη διαχείριση της μικροβιακής αντοχής στα αντιμικροβιακά (AMR)

Το ευρωπαϊκό κανονιστικό πλαίσιο

Γιατί αλλάζουν οι κανόνες

Για πολλές δεκαετίες, η ευρωπαϊκή νομοθεσία για τα αστικά λύματα περιλάμβανε περιορισμένες μόνο διατάξεις σχετικά με τα υπολείμματα φαρμακευτικών ουσιών. Το έργο LIFE PHARMA-DETOX ξεκίνησε για να καλύψει αυτό το κανονιστικό κενό, επιδεικνύοντας μια καινοτόμο λύση για την επεξεργασία των φαρμακευτικών υγρών αποβλήτων στην πηγή τους. Κατά τη διάρκεια της υλοποίησης του έργου, το κανονιστικό πλαίσιο εξελίχθηκε σημαντικά. Το 2024, η Ευρωπαϊκή Ένωση υιοθέτησε την αναθεωρημένη Οδηγία για την Επεξεργασία Αστικών Λυμάτων, εισάγοντας για πρώτη φορά υποχρεωτικές απαιτήσεις για την απομάκρυνση των υπολειμμάτων φαρμακευτικών ουσιών από τα λύματα. Το νέο αυτό κανονιστικό πλαίσιο έχει τρεις βασικές επιπτώσεις:



Η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει»: ενισχύεται η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει», σύμφωνα με την οποία οι παραγωγοί φαρμακευτικών και καλλυντικών προϊόντων υποχρεούνται να καλύπτουν τουλάχιστον το 80% του κόστους της πρόσθετης επεξεργασίας που απαιτείται για την απομάκρυνση των μικρορύπων.



Υπάρχει συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα: θεσπίζεται σαφές χρονοδιάγραμμα εφαρμογής, σύμφωνα με το οποίο οι μεγαλύτερες μονάδες επεξεργασίας αστικών λυμάτων θα πρέπει να εισάγουν σταδιακά προηγμένες τεχνολογίες επεξεργασίας έως το 2045.



Αναμένεται μεγαλύτερη διαφάνεια: ενισχύεται σημαντικά η εταιρική διαφάνεια, καθώς οι μεγάλες επιχειρήσεις υποχρεούνται να δημοσιοποιούν στοιχεία σχετικά με τη διαχείριση των υδάτων και τις περιβαλλοντικές τους επιδόσεις. Παράλληλα, η φαρμακευτική βιομηχανία προωθεί την υιοθέτηση ειδικών προτύπων για την απόρριψη υγρών αποβλήτων.

Ο αντίκτυπος της νέας νομοθεσίας δεν περιορίζεται μόνο στους παραγωγούς φαρμακευτικών προϊόντων, αλλά επεκτείνεται σε κάθε βιομηχανικό κλάδο του οποίου οι δραστηριότητες οδηγούν στην απελευθέρωση φαρμακευτικών ουσιών ή παρόμοιων μικρορύπων στο υδάτινο περιβάλλον. Στο πλαίσιο αυτό, η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων στην πηγή, πριν οι ρύποι καταλήξουν στα δημόσια δίκτυα αποχέτευσης, αποτελεί την αποτελεσματικότερη, πιο βιώσιμη και οικονομικά αποδοτική προσέγγιση. Αυτή ακριβώς είναι η λύση που απέδειξε στην πράξη το LIFE PHARMA-DETOX, προσφέροντας στη βιομηχανία μια ρεαλιστική και εφαρμόσιμη λύση για την κάλυψη των νέων κανονιστικών απαιτήσεων, την προστασία των υδάτινων πόρων και τη στήριξη της μετάβασης της Ευρώπης προς ένα καθαρότερο και πιο βιώσιμο μέλλον.

Αναπαραγωγή και δυνατότητα μεταφοράς της τεχνολογίας

Το LIFE PHARMA-DETOX έχει σχεδιαστεί ως ένα αρθρωτό (modular), πλήρως εγκατεστημένο σε εμπορευματοκιβώτιο (containerised) σύστημα επιτόπιας επεξεργασίας, το οποίο μπορεί να εγκατασταθεί σε υφιστάμενες βιομηχανικές εγκαταστάσεις χωρίς σημαντικές αλλαγές στις παραγωγικές τους διαδικασίες. Ο ευέλικτος σχεδιασμός του επιτρέπει την προσαρμογή του συστήματος σε διαφορετικούς όγκους υγρών αποβλήτων, διαφορετικές γραμμές παραγωγής και διαφορετικές φαρμακευτικές ενώσεις.

Το σύστημα έχει ήδη μεταφερθεί στη FAL Duiven B.V. στο Duiven της Ολλανδίας, όπου εγκαταστάθηκε και λειτουργήσε σε διαφορετικό βιομηχανικό περιβάλλον. Η επιτυχής αυτή μεταφορά αποδεικνύει ότι η τεχνολογία μπορεί να μεταφερθεί, να ενσωματωθεί και να λειτουργήσει και πέρα από την αρχική εγκατάσταση επίδειξης.

Το PHARMA-DETOX δοκιμάστηκε επίσης σε υγρά απόβλητα που περιείχαν διαφορετικές ομάδες δραστικών φαρμακευτικών ουσιών (APIs), επιβεβαιώνοντας ότι η τεχνολογία επεξεργασίας δεν περιορίζεται σε μία μόνο δραστική ουσία (API), μία μόνο κατηγορία φαρμάκων ή μία μόνο γραμμή παραγωγής.

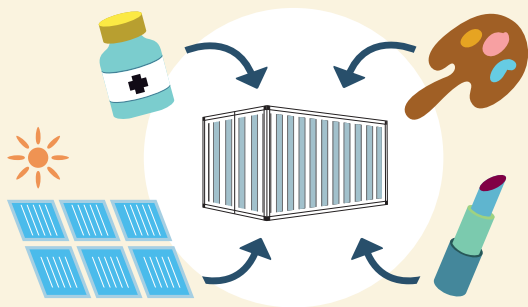
Παράλληλα, πραγματοποιούνται μελέτες σκοπιμότητας για την αναπαραγωγή της τεχνολογίας στην Ελλάδα και την Ιταλία. Οι μελέτες αυτές αξιολογούν τα χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων, τις τεχνικές απαιτήσεις, τις παραμέτρους σχεδιασμού και το αναμενόμενο κόστος εφαρμογής του συστήματος σε επιπλέον φαρμακευτικές εγκαταστάσεις.

Ο αρθρωτός σχεδιασμός του επιτρέπει την προσαρμογή του σε διαφορετικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων, διαφορετικές δυναμικότητες επεξεργασίας και διαφορετικά περιβάλλοντα παραγωγής, όπως:

-  μονάδες σύνθεσης δραστικών φαρμακευτικών ουσιών (APIs),
-  μονάδες παραγωγής αντιβιοτικών και σκευασμάτων πενικιλίνης,
-  μονάδες παραγωγής στερίων ενέσιμων φαρμάκων,
-  φαρμακευτικά εργαστήρια και μονάδες φαρμακευτικής παραγωγής,
-  οργανισμούς παραγωγής φαρμάκων κατ' ανάθεση (CMOs).

Πέρα από τη φαρμακευτική βιομηχανία, η τεχνολογία διαθέτει επίσης σημαντικές δυνατότητες μεταφοράς και εφαρμογής σε νοσοκομεία, μονάδες υγειονομικής περίθαλψης και εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων, όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα επιπλέον προηγμένο στάδιο επεξεργασίας για την απομάκρυνση φαρμακευτικών υπολειμμάτων και άλλων επίμονων οργανικών ενώσεων.

Η βασική καταλυτική διεργασία βρίσκεται στο στάδιο προετοιμασίας για την κατοχύρωσή της με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας, υποστηρίζοντας τη μελλοντική αναπαραγωγή, την αδειοδότηση και την εμπορική αξιοποίηση της τεχνολογίας.



Προγραμματισμένες δραστηριότητες μετά το έργο LIFE

Μετά την ολοκλήρωση του έργου LIFE PHARMA-DETOX, το πιλοτικό σύστημα θα παραμείνει εγκατεστημένο και σε λειτουργία στις εγκαταστάσεις της Medochemie, όπου θα λειτουργεί από το προσωπικό της εταιρείας. Η Medochemie εξετάζει επίσης το ενδεχόμενο εγκατάστασης αντίστοιχων μονάδων και σε άλλες παραγωγικές εγκαταστάσεις της εκτός Κύπρου. Παράλληλα, θα συνεχίσει να προωθεί και να παρουσιάζει το σύστημα στον ευρύτερο φαρμακευτικό κλάδο, ενώ προγραμματίζει να δημοσιεύσει επιπλέον αποτελέσματα σχετικά με τις επιδόσεις του, μόλις χορηγηθεί το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για τη βασική καταλυτική διεργασία υδρογόνωσης.

- ✓ Η ιστοσελίδα του έργου θα παραμείνει ενεργή για πέντε (5) ακόμη έτη μετά την ολοκλήρωση του έργου, παρέχοντας στους επισκέπτες πλήρη πρόσβαση σε όλες τις πληροφορίες, τις δραστηριότητες και τα αποτελέσματά του. Επιπλέον, θα φιλοξενεί τις επιστημονικές δημοσιεύσεις και τις τεχνικές εργασίες που προέκυψαν από το έργο, αναδεικνύοντας τα αποτελέσματα και τα επιτεύγματα του στην επιστημονική κοινότητα.
- ✓ Η ενημερωτική πινακίδα του έργου θα παραμείνει στις εγκαταστάσεις των εταιρών για δύο (2) ακόμη έτη μετά την ολοκλήρωση του έργου. Με τον τρόπο αυτό, μια συνοπτική παρουσίαση της φιλοσοφίας του έργου, η οποία αναδεικνύει ότι το καινοτόμο σύστημα δεν περιορίζεται μόνο στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων αλλά δημιουργεί αξία από αυτά, θα παραμείνει ορατή σε ένα ευρύ δίκτυο ερευνητικών ιδρυμάτων, πανεπιστημίων και βιομηχανιών που έχουν αναπτύξει οι εταίροι του έργου.
- ✓ Θα συσταθεί ομάδα εργασίας αποτελούμενη από τους εταίρους του έργου με σκοπό τη διάδοση των αποτελεσμάτων του και την ενίσχυση των συνεργασιών με εκπροσώπους της φαρμακευτικής βιομηχανίας σε ολόκληρη την Ευρώπη.
- ✓ Τα αποτελέσματα και τα επιτεύγματα του LIFE PHARMA-DETOX θα παρουσιαστούν σε σχετικά συνέδρια και εκδηλώσεις που αφορούν την επεξεργασία υγρών αποβλήτων, καθώς και σε άλλες επιστημονικές και βιομηχανικές εκδηλώσεις σχετικές με τις δραστικές φαρμακευτικές ουσίες (APIs), όπως το Διεθνές Συνέδριο για τη Διαχείριση των Στερεών Αποβλήτων, το οποίο διοργανώνεται επίσης από το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ).

ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ ΕΡΓΟΥ



ΕΤΑΙΡΟΙ



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA

**Μείνετε ενημερωμένοι
για τα Νέα και τις Εκδηλώσεις
του Pharma DETOX!**

Επισκεφτείτε την
ιστοσελίδα μας

www.pharmadetox.eu

Ακολουθείστε μας στα
Μέσα Κοινωνικής
Δικτύωσης

LinkedIn



Twitter

