



يسعى
المشروع
إلى تطوير
وتطبيق الحلول
المتكاملة على الصعيد
التكنولوجي والإداري لمعالجة
مياه الصرف وإعادة استخدامها
بكفاءة في الزراعة، وفقاً لاحتياجات
الدول المتوسطة الأفريقية

www.madforwater.eu

القرءاء الأعزاء،

مرحباً بكم في النشرة الإخبارية الثانية لمشروع MADFORWATER ، الذي يندرج تحت برنامج أفق 2020 للبحث والابتكار والممول ضمن خطة المياه 2015-5c-WATER بهدف " تطوير إمدادات المياه وتكنولوجيا الصرف الصحي والنظم والأدوات و / أو المنهجيات". وتتولى جامعة بولونيا (إيطاليا) تنسيق هذا المشروع الذي يمتثل هدفه العام في تصميم مجموعة من الحلول التكنولوجية والإدارية المتكاملة لمعالجة مياه الصرف وإعادة استخدامها بكفاءة في الزراعة في مصر والمغرب وتونس. هذا ويركز المشروع على مياه الصرف الصحي البلدية والصناعية، وكذلك على مياه أحد قنوات الصرف في دلتا النيل. ويتم تطوير هذه التقنيات والموافقة عليها بالتزامن مع صياغة استراتيجيات الإدارة المتكاملة للمياه، المصممة بما يتناسب مع السياق المحلي لأحواض مائية مختارة في مصر والمغرب وتونس.

انطلق مشروع MADFORWATER في 1 يونيو 2016 ، وها قد مضى على نشاطه 24 شهراً حتى الآن. خلال هذين العامين الأولين، قام الشركاء في المشروع بتطوير تقنيات على مستوى المختبر لمعالجة مياه الصرف الصحي والري بالمياه العادمة المعالجة، كما قاموا بوضع الأساس الذي تقوم عليه صياغة استراتيجيات الإدارة المتكاملة للمياه. من ناحية أخرى، سيتم خلال العامين الأخيرين من المشروع تطبيق تقنيات مختارة في 4 محطات تجريبية للمعالجة المتكاملة للمياه العادمة والري بالمياه العادمة المعالجة، كما سيتم الانتهاء من الاستراتيجيات المتكاملة لإدارة المياه.

وتركز هذه النشرة الإخبارية بشكل رئيسي على عرض النتائج المتعلقة بتطوير التقنيات على مستوى المختبر، كما سوف تشمل تحليلاً مقتضباً حول استخدام الأدوات الاقتصادية في إدارة المياه في مصر والمغرب وتونس، بالإضافة إلى تقديم لمجموعة الشركاء/كونسورتيوم في مشروع MADFORWATER . وسوف تصدر النشرة الإخبارية القادمة في مايو 2019.

نتمنى لكم قراءة ممتعة! لمزيد من المعلومات أو لتنظيم إجراءات التعاون، يرجى الاتصال بنا:

المنسق: داريو فراسكاري (dario.frascari@unibo.it)

المنسق المشارك: جيوليو زانارولي (giulio.zanaroli@unibo.it)

مسئول النشر: فالنتينا شنتي (V.Cinti@ciaotech.com)

www.madforwater.eu الموقع الإلكتروني

محتويات

2	تقنيات معالجة مياه الصرف المطورة بواسطة مشروع MADFORWATER
16	تقنيات الري المطورة من قبل مشروع MADFORWATER
21	استخدام أدوات اقتصادية في إدارة المياه في مصر، والمغرب، وتونس
22	كونسورتيوم مشروع MADFORWATER

النهج المبتكرة لمعالجة مياه الصرف الصحي البلدية

أهم الملوثات التي ينبغي التخلص منها لإعادة استخدام المياه لأغراض الزراعة: المركبات العضوية، والنيتروجين، والفوسفور، ومجموع الجوامد المعلقة، والعوامل الممرضة

التقنيات المستخدمة بشكل أساسي في مصر والمغرب وتونس لمعالجة مياه الصرف المعنية تستخدم معظم محطات معالجة مياه الصرف الصحي البلدية الموجودة في تونس و مصر أسلوب المعالجة التقليدية بواسطة الحمأة المنشطة بالهواء (في الأحمال المنخفضة والمتوسطة) كمعالجة ثانوية. هناك عدد أقل من المحطات التي يوجد بها معالجة ثلاثية مثل البحيرات المهواة لإزالة النيتروجين والفوسفور. كما يُستخدم التعقيم بواسطة الأشعة فوق البنفسجية كمعالجة ثلاثية في المحطات التجريبية فقط. ويُعد العيب الرئيسي لأسلوب المعالجة بواسطة الحمأة المنشطة في أنه يستهلك الطاقة الكهربائية في التهوية، أما العيب الرئيسي للبحيرات المهواة فهو انخفاض كفاءة إزالة نيتروجين الأمونيا والفوسفور. بالإضافة إلى أن نسبة احتواء مياه الصرف الصحي البلدية المعالجة بالطرق المذكورة أعلاه على طلب الأكسجين الكيميائي (COD) وطلب الأكسجين البيوكيميائي لمدة 5 أيام (BOD5) تتعدى الحدود المقررة حسب المعايير المحلية (مثل NT 106.03) ومعايير الأيزو (ISO) لإعادة استخدام مياه الصرف المُعالجة لأغراض الري. بالإضافة إلى أن المحتوى الميكروبيولوجي لمياه الصرف المُعالجة يشكل خطرًا على الصحة في حالة استخدامها في الري الزراعي.

عرض مُختصر للتقنيات المطورة بواسطة MADFORWATER لمعالجة مياه الصرف المعنية.

يتتمثل التحدي في تطوير مراحل للمعالجة تكون قادرة على الوصول إلى مستويات عالية من الكفاءة والموثوقية في المعالجة، مع خفض تكاليف رأس المال، التشغيل، والصيانة.

يعمل MADFORWATER حاليًا على تطوير إحدى التقنيات والتي تتمثل في نترتة مرشحات المياه مع استخدام حوامل أسطح مبتكرة عالية الجودة، في المعالجة الثانوية لمياه الصرف الصحي البلدية. وبالنسبة للمعالجة الثلاثية، يتم اختبار نوعين من التقنيات: (أ) إنشاء أراض رطبة اصطناعية للتخلص من النيتروجين، والفوسفور، والمعادن الثقيلة، والملوثات الناشئة، و(ب) المفاعلات الحيوية التي تعمل بالإنزيمات المُقيدة لتحليل الملوثات الناشئة. تُعرض هذه التقنيات بشكل مُختصر في الجداول التالية.

نترتة المرشحات السيلانية بواسطة ناقلات سطحية مبتكرة عالية الجودة

الملوثات الخاصة المستهدفة بهذه التقنية:

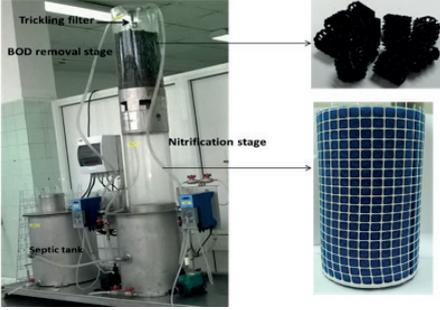
مخلفات طلب الأكسجين البيوكيميائي، النيتروجين، والفوسفور، والعوامل الممرضة.

وصف التقنية

يتكون مرشح المياه من وسط ذي قابلية للنفاذ مصنوع من عامود من البلاستيك (من الصخر أو الخبث) وتُوزع عليها مياه الصرف لترشح من خلالها. كما يتضمن أيضًا نظام للتوزيع. عادة ما تُستخدم تقنية التوزيع الهيدروليكي الدوار في هذه المعالجة تهدف هذه التقنية لتحقيق الآتي:

- تقليل فترات المعالجة عن طريق زيادة سمك الغشاء الحيوي،
- تحسين أداء عمليات النترتة / إزالة النيتروجين.

مرشحات المياه على نطاق مختبري مُصممة بحيث تعمل على نظام مرحلتين. في المرحلة الأولى، تتم عملية إزالة طلب الأكسجين البيوكيميائي، ويليه المرحلة الثانية حيث تتم عملية النترتة.



مرشحات مياه معالجة مياه الصرف الصحي البلدية على نطاق تجريبي.

الخصائص المحددة التي تجعل هذه التقنية مناسبة لظروف مصر، وتونس، و/أو المغرب، والوصول للمعيار ISO 16075 المتعلق بإعادة استخدام مياه الصرف لأغراض الزراعة.

قد تكون مرشحات المياه مناسبة للدول المستهدفة بفضل انخفاض تكاليف الصيانة، وانخفاض تكاليف التركيب، وزيادة الثبات في مواجهة تذبذب الأحمال الهيدروليكية والعضوية. كما يتسم أسلوب المعالجة بواسطة مرشحات المياه أيضًا بأنها لا تحتاج لإمدادات خارجية من الهواء، وهو ما يؤدي لانخفاض استهلاك الطاقة، حيث يمر الهواء بصورة طبيعية بفعل اختلاف درجات الحرارة بين الداخل والخارج. بالإضافة إلى أن النظام المقترح يجمع بين المعالجة الثانوية والثلاثية مما يسمح بالتخلص من طلب الأكسجين البيوكيميائي ونيتروجين الأمونيا، ما يجعل الأمر مناسبًا للحصول على مياه صالحة للري.

النتائج التي حققتها MADFORWATER

تم الوصول بكفاءة إزالة طلب الأكسجين الكيميائي إلى 85% مع زمن احتجاز للماء مدته ٠٢ يومًا. أظهرت النتائج كفاءة إزالة بنسبة 88% تقريبًا، مع مخلفات طلب الأكسجين البيوكيميائي بمقدار 25 مغ/ل تقريبًا. تتوافق المياه المُعالجة مع المعيار التونسي (NT 106.03) ومعيار ISO 16075 المتعلقين بإعادة استخدام مياه الصرف لأغراض الزراعة بحيث يكون طلب الأكسجين الكيميائي (>90 مغ/ل) والبيوكيميائي (>30 مغ/ل).

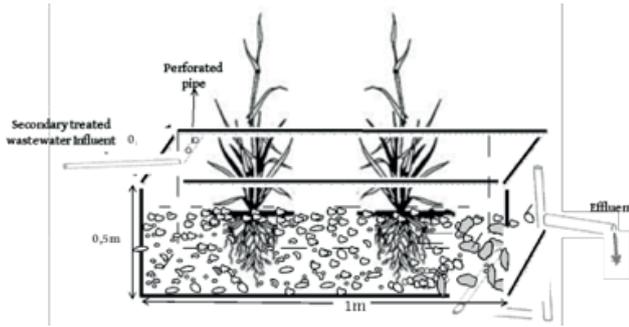
العقبات المتعلقة بتطبيق هذه التقنية في مصر، وتونس، و/أو المغرب، وإنتاج مياه الصرف المُعالجة الصالحة للري وفقًا لمعيار ISO16075 تعتبر هذه التقنية معالجة ثانوية وجزء من المعالجة الثلاثية. ويجب إدماج المزيد من المعالجات للتخلص من العوامل المُمرضة.

الأراضي الرطبة المُنشأة

الملوثات الخاصة المستهدفة بهذه التقنية:

لمعادن الثقيلة (النيكل، والكاديوم، والزنك) والملوثات العضوية الناشئة (ثنائي الفينول A ، سيبروفلوكساسين ، سالفاميثوكسازول Ciproflaxin ، سالفاميثوكسازول Sulfamethoxazol

وصف التقنية

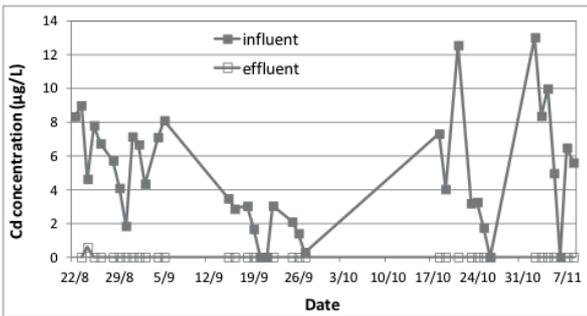


تمثيل لنظام السطح الأفقي المغمور، لمعالجة مياه الصرف الصحي البلدية الملوثة بالملوثات العضوية الناشئة والمعادن الثقيلة.

يتضمن استخدام الأراضي الرطبة المُنشأة لمعالجة مياه الصرف استخدام نظم هندسية مُصممة ومُعدة خصيصًا لاستخدام العمليات الطبيعية. وقد صُممت هذه النظم لمحاكاة نظم أراضي المستنقعات الطبيعية، عن طريق استخدام النباتات التي تنمو في المستنقعات، وكذلك التربة والكائنات الدقيقة المرتبطة بها، لإزالة الملوثات من تدفقات مياه الصرف الخارجة. ويمكنها تحقيق أهداف متعددة من إزالة الملوثات مثل إزالة مجموع الجوامد المعلقة، وطلب الأكسجين البيوكيميائي، والمركبات العضوية، والمكونات غير العضوية لتلبية الأهداف التنظيمية. ويتم تغذية البيئة المحاكاة للطبيعة في الأراضي الرطبة المُنشأة ذات السطح الأفقي المغمور والمصنوعة من الحديد المقاوم للصدأ، والمملوءة بالحصى، ومزروعة بنبات الأسل المدبب *Juncus acutus* الذي ينمو في حوض البحر المتوسط، يتم تغذيتها بمياه الصرف الصحي البلدية والمُلوثة بالمعادن الثقيلة والملوثات العضوية الناشئة.

الخصائص المحددة التي تجعل هذه التقنية مناسبة لظروف مصر، وتونس، و/أو المغرب، والوصول للمعيار ISO 16075 المتعلق بإعادة استخدام مياه الصرف لأغراض الزراعة.

تتميز الأراضي الرطبة المُنشأة بانخفاض تكاليفها، وانخفاض استهلاكها للطاقة، إلى جانب سهولة تشغيلها وصيانتها مقارنة بنظم المعالجة التقليدية، كما يمكنها إزالة الملوثات بما يحقق الأهداف التنظيمية، وتتسم أيضًا بإمكانية تطبيقها بشكل واسع في الدول النامية، خاصة في المجتمعات الريفية الصغيرة. بالإضافة إلى ذلك، يعتبر إختيار الأنواع النباتية المناسبة أحد المعايير المهمة بالنسبة للكفاءة، حيث ثبت أن النباتات الملحية التي تنمو في حوض البحر المتوسط مرشحة لأن تكون مثالية.



تركيز الكاديوم في التدفق الداخل والخارج بالأراضي الرطبة المُنشأة

النتائج التي حققتها MADFORWATER

مع وجود تراكيزات للمعادن الثقيلة في مياه الصرف الصحي البلدية الداخلة بنسب تصل إلى ضعف الحدود المُقررة لإعادة استخدام مياه الصرف لأغراض الري، لوحظ وصول قدرة الإزالة بواسطة الأراضي الرطبة المُنشأة إلى 99% بالنسبة للكاديوم، و51% للنيكل، و45% للزنك. ومع تراكيزات الملوثات العضوية الناتجة في المياه الداخلة والتي تحتوي على 100 ميكروغرام/ل من ثنائي الفينول أ، 1 مغ/ل من سيبروفلاكسين، و5 مغ/ل من سالفاميثوكسازول، سجلت كفاءة الإزالة بواسطة الأراضي الرطبة 76% و94% و27% بالنسبة للمكونات الثلاث على التوالي. وقد تحققت هذه النتائج بدون إضافة البكتريا المعززة للنمو.

العقبات المتعلقة بتطبيق هذه التقنية في مصر، وتونس، و/أو المغرب، وإنتاج مياه الصرف المُعالجة الصالحة للري وفقًا لمعيار ISO 16075 لا يوجد

مفاعلات حيوية بالإنزيم المُقيد

الملوثات الخاصة المستهدفة بهذه التقنية:
المواد الصيدلانية، والملوثات العضوية الدقيقة.

وصف التقنية

تستخدم هذه التقنية إنزيم اللاكيز *esaccaL* المُقيد على جزيئات الراتنج ذات ضغط سقوط منخفض داخل مفاعل عمودي معبأ يتم تغذيته بدفق مستمر من مياه الصرف. تم اختيار اللاكيز بسبب قدرته على تحفيز عملية الأكسدة في مجموعة كبيرة من مركبات الليغنين (الخشبن) الفينولية وغير الفينولية، وتشمل العديد من المواد الصيدلانية والملوثات العضوية الدقيقة والناشئة التي تتواجد عادة في مياه الصرف الصحي البلدية وهي لا تتحلل عادة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي البلدية التقليدية. كما يمكن عزل اللاكيز وتنقيتها ببساطة نسبياً من فطر العفن الأبيض. وقد ثبت أن عملية تثبيت الإنزيم على الأسطح الصلبة تعمل على زيادة ثبات الإنزيم إلى جانب أنها تساعد على استغلالها بصفة مستمرة و/أو متكررة.



مفاعل حيوي معبأ بإنزيم اللاكيز المقيد على جزيئات الراتنج

الخصائص المحددة التي تجعل هذه التقنية مناسبة لظروف مصر، وتونس، و/أو المغرب، والوصول للمعيار ISO 16075 المتعلق بإعادة استخدام مياه الصرف لأغراض الزراعة.

مفاعل العمود المعبأ سهل التشغيل ولا يتطلب استخدام أي أدوات معقدة، أو إعدادات أو مضخات ضغط عالي، وقد يكون مناسباً أكثر مقارنة بأنواع أخرى من المفاعلات، مثل المفاعلات الغشائية المستخدمة في معالجة مياه الصرف بالنسبة للبلدان الأفريقية.

النتائج التي حققتها MADFORWATER

تم تقييد إنزيمات اللاكيز المأخوذة من فطر *P. sanguineus* (1J) وفطر *T. versicolor* (2J) على جزيئات الراتنج أو جزيئات السيليكا النانوية كما تم اختبارها في مفاعل دفعي في مياه صرف بلدية ملوثة (500 نانوغرام/ل لكل مركب). أزال إنزيم لاكيز الأعلى كفاءة (المستخرج من فطر *P. sanguineus*) من 7 إلى 83 % من المواد الصيدلانية بعد مرور 5 أيام. أجريت عملية معالجة مياه الصرف الصحي البلدية الحقيقية بواسطة إنزيم لاكيز المستخرج من فطر *P. sanguineus* في مفاعل العمود المعبأ بمعدل تدفق مستمر. لوحظ امتصاص الملوثات الدقيقة داخل حاملات الإنزيم في الاختبارات التحضيرية، مما يعيق عملية تحديد حجم تحليل الملوثات. وهناك المزيد من التجارب التي يتم إجراؤها في هذا الشأن.

المغرب		تونس	المركب (نانوغرام/لتر)
تزنيت	دراجرا	لم يتحدد	
112	163	لم يتحدد	4-أسيثاميد انتي بيرين
101	لم يتحدد	78	أميسولبريد
219	117	384	أتينولول
90	124	151	حمض الأتينولول
443	245	237	كاربامازيبين
162	99	50	كاربندازيم
19	لم يتحدد	180	سيليبيرولول
583	719	279	كليمبازول
407	512	164	فلوكونازول
46	101	461	إربيسارتان
218	389	383	حمض النفلوميك
178	70	161	سولبيريد

تركيزات المواد الصيدلانية في عينات حقيقية من مياه الصرف من تونس والمغرب

العقبات الخاصة بتطبيق هذه التقنية في مصر، وتونس، و/أو المغرب، وإنتاج مياه الصرف المُعالجة الصالحة للري وفقاً لمعيار ISO 16075 تعتبر هذه التقنية ضمن المعالجة الثلاثية. يجب دمج المعالجة الأولية والمعالجة البيولوجية الثانوية. تكاليف الإنزيمات والراتنج المستخدم في عملية التقييد مرتفعة نسبياً.

النهج المبتكر لمعالجة وتثمين مياه الصرف الناتج عن معاصر الزيتون

أهم الملوثات التي ينبغي التخلص منها لإعادة استخدامها لأغراض الزراعة:

المركبات العضوية (طلب الأكسجين الكيميائي 100-20 غ/ل)، مركبات البولي فينول (10-1 غ/ل)

التقنيات المستخدمة بشكل أساسي في مصر والمغرب وتونس لمعالجة مياه الصرف المعنية:

وفقاً للتشريعات التونسية، تتمثل الممارسة الرئيسية في التعامل مع مياه الصرف من معاصر الزيتون في تصريفها في برك التبخر. وتهدف المعالجة إلى الحد من تأثير مياه الصرف الناتجة عن معاصر الزيتون على البيئة، إلا أن طفو مخلفات المواد الزيتية على سطح مياه الصرف من معاصر الزيتون، يحول دون عملية التبخر، ويخلق ظروفاً لا هوائية تتسبب في انبعاث الروائح الكريهة خاصة بالنسبة لتلك القرية من المناطق السكنية.

عرض مُختصر للتقنيات المطورة من قبل MADFORWATER لمعالجة مياه الصرف المعنية:

تعمل MADFORWATER حالياً على تطوير بديلين لمراحل معالجة مياه الصرف الناتجة عن معاصر الزيتون: يعتمد البديل الأول على إزالة الجوامد العالقة عن طريق الترشيح الدقيق، واسترجاع البوليفينول من المشرحات عن طريق الامتزاز، وإزالة طلب الأكسجين البيوكيميائي نهائياً عن طريق إنتاج الميثان الحيوي؛ ويتمثل البديل الثاني في معالجة بيولوجية هوائية داخل مفاعل دفعي متتابع، مع إضافة الجير. هذه التقنيات معروضة بشكل مُختصر في الجداول التالية.

الترشيح الدقيق واسترجاع الفينول بالامتزاز

الملوثات الخاصة المستهدفة بهذه التقنية:

الجوامد المعلقة ومركبات البولي فينول

وصف التقنية

تهدف المرحلة الأولية للفترة الدقيقة لإزالة الجوامد المعلقة، ويلبها مرحلة الامتزاز/الالتقاط التي تهدف لاسترجاع مركبات البولي فينول. ويسفر عن ذلك إنتاج ما يلي: أ) خليط غني بمركب البولي فينول يمكن استخدامه في العديد من عمليات المعالجة الصناعية أو في التركيبات الخاصة ببعض المنتجات بفضل قدرته العالية على مقاومة الأكسدة، وب) ماء منزوع الفينول والذي يمكن معالجته بيولوجياً بكفاءة أكبر. ويعمل عامودان بشكل متوازي: فينوما يمتص العامود الأول مركب البولي فينول من مياه الصرف القادمة من مطاحن الزيتون، يعمل الآخر على التفاظ مضادات الأكسدة التي جُمعت في الدورة السابقة. ومن المعتاد أن يُعاد تدوير مذيب الالتقاط (وعادة ما يكون مركب الإيثانول) بشكل كامل أثناء عملية المعالجة، عن طريق التبخر وإعادة التكثيف.



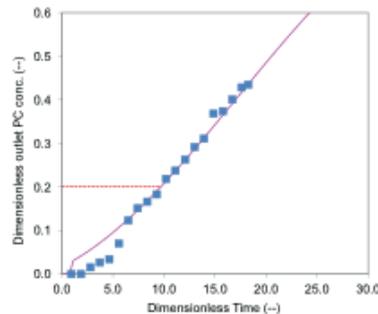
محطات تجريبية للترشيح الدقيق وامتزاز مياه الصرف من مطاحن الزيتون

الخصائص المحددة التي تجعل هذه التقنية مناسبة لظروف مصر، وتونس، و/أو المغرب، والوصول للمعيار ISO 16075 المتعلق بإعادة استخدام مياه الصرف لأغراض الزراعة.

تتناسب هذه التقنية مع ظروف بلدان شمال أفريقيا بفضل قدرتها على إنتاج خليط مقاوم للأكسدة قد يكون ذي قيمة سوقية معتبرة. وفي الوقت ذاته، تعتبر إزالة مركبات البولي فينول من مياه صرف مطاحن الزيتون أمراً هاماً لتجنب إصابة المحاصيل بأي أضرار محتملة عند إعادة استخدامها للري.

النتائج التي حققتها MADFORWATER فيما يتعلق بهذه التقنية

كانت نسبة إزالة الجوامد المعلقة مرتفعة جداً (98%) وكانت تتسم بنسبة محدودة ومقبولة من فقد مركبات البولي فينول (9%) مع الجوامد. تم اختبار أنواع مختلفة من الراتنج من أجل الخطوة الخاصة باسترجاع البولي فينول. وتم اختيار نوع الراتنج محايد الامتزاز (XAD 16) بوصفه أكثر الأنواع كفاءة. ويؤدي إلى استرجاع خليط البولي فينول الذي يتميز بقدرته الهائلة على مقاومة الأكسدة. تساوي نسبة إزالة البولي فينول 90% تقريباً، مما يسفر عن وجود تركيز متبقي من البولي فينول في السوائل الخارجة يساوي 0,1 غ/ل.



تركيز البولي فينول مقابل الزمن في اختبار امتزاز. بيانات تجريبية وأنسب محاكاة

العقبات المتعلقة بتطبيق هذه التقنية في مصر، وتونس، و/أو المغرب، وإنتاج مياه الصرف المُعالجة الصالحة للري وفقاً لمعيار ISO 16075

- لإنتاج مياه صالحة للري، يجب إدماج التقنية المُقترحة بمرحلة معالجة تعمل على تحلل المركبات العضوية بيولوجيًا (مثل عملية الهضم اللاهوائي).
- يتطلب تشغيل هذه التقنية المُقترحة فريقًا من العاملين يتمتع بالمهارات الفنية المناسبة، ولديه القدرة على إدارة عمليات الامتزاز، والتبخير، والتكثيف.
- تتعلق بعض مشكلات السلامة بالحاجة لتخزين الإيثانول. لذلك يجب مراعاة الحرس في تطبيق التشريعات المحلية المتعلقة بالسلامة في أماكن العمل.

الهضم اللاهوائي

الملوثات الخاصة المستهدفة بهذه التقنية:

المواد العضوية

وصف التقنية

يتم تحويل المركبات العضوية القابلة للتحلل بيولوجيًا إلى الميثان وأكسيد الكربون بفضل الجمع بين نشاط الكائنات الدقيقة المولدة للحمض والمولدة للميثان. تعمل هذه العملية في ظروف لاهوائية تحت درجة حرارة تتراوح بين 35 و40°م. يمكن هضم مياه الصرف من مطاحن الزيتون الخالي من الفينول مع المخلفات الزراعية الأخرى. وعادة ما يستعمل الغاز الحيوي الناتج عن هذه العملية، مما يؤدي لإنتاج الطاقة الحرارية والكهربائية معًا.



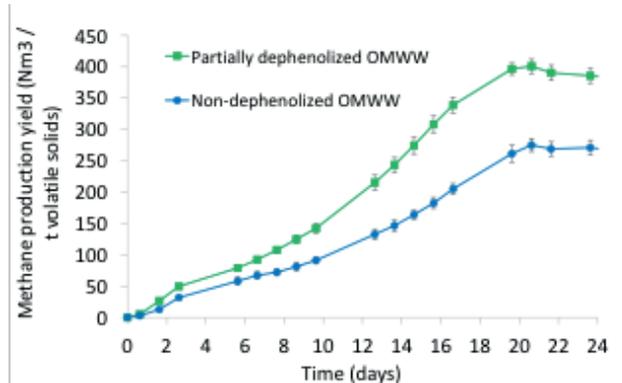
محطة تجريبية للهضم اللاهوائي

الخصائص المحددة التي تجعل هذه التقنية مناسبة لظروف مصر، وتونس، و/أو المغرب، والوصول للمعيار ISO 16075 المتعلق بإعادة استخدام مياه الصرف لأغراض الزراعة.

تتسم عملية الهضم اللاهوائي بكونها عملية على درجة متوسطة إلى منخفضة من التعقيد من الناحية الفنية وغير مستهلكة للطاقة. ومن ناحية أخرى، فإنها تؤدي لإنتاج الطاقة الكهربائية التي يمكن بيعها لشبكة الطاقة المحلية. يتطلب إنتاج المياه الصالحة للري فترة احتجاز طويلة حتى تتم إزالة طلب الأكسجين البيوكيميائي بشكل تام، كما تحتاج إلى خطوة معالجة إضافية للفصل بين الجوامد/ السوائل (مثل مكبس الترشيح على سبيل المثال). يمكن استخدام المواد الصلبة الناجمة عن هذه العملية كمخصبات.

النتائج التي حققتها MADFORWATER

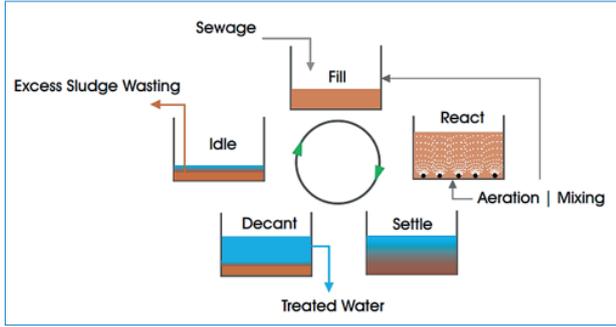
تشير النتائج إلى أن عملية الهضم اللاهوائي صالحة لمعالجة مياه الصرف من معاصر الزيتون مع انبعاث مرتفع نسبيًا من غاز الميثان (260 إلى 400 ل/م³ كغ مواد عضوية/يوم) ومعدل مقبول لإنتاج الميثان (110 إلى 200 ل/م³/يوم). أدت الإزالة التمهيدية للفينول من مياه الصرف الناجمة عن مطاحن الزيتون إلى زيادة بنسبة 30-40% في أداء العمليات. وما زالت تُجرى بعض الاختبارات التي تهدف إلى تقييم قدرة العملية على الوصول إلى تراكيزات منخفضة لطلب الأكسجين البيوكيميائي المُقررة في معايير الأيزو الخاصة بإعادة استخدام المياه لأغراض الزراعة (>100 مغ/ل).



معدل انبعاث الميثان المتحصل من مياه الصرف من معاصر الزيتون بعد التخلص من الفينول الموجود بها وبدون التخلص من الفينول.

العقبات الخاصة بتطبيق هذه التقنية في مصر، وتونس، و/أو المغرب، وإنتاج مياه الصرف المُعالجة الصالحة للري وفقاً لمعيار ISO 16075 تعتبر عملية الهضم اللاهوائي لمياه الصرف الناتجة عن معاصر الزيتون ملائمة لمصر والمغرب والتونس.

المعالجة البيولوجية الهوائية داخل مفاعل دفعي متتابع



طريقة تشغيل المفاعل الدفعي المتتابع

الملوثات الخاصة المستهدفة بهذه التقنية: المركبات العضوية ومركبات الفينول.

وصف التقنية

تعتبر المفاعلات الدفعية المتتابعة شكلاً خاصاً من أشكال المعالجة بالحمأة المنشطة، حيث تجري عملية المعالجة بالكامل داخل خزان المفاعل، ولا تتطلب أي تصفية. تعالج هذه العملية مياه الصرف بأسلوب الدفعات، حيث تتتابع كل دفعة عبر سلسلة مكونة من 5 مراحل للمعالجة: 1-الملاء؛ 2-التفاعل؛ 3-الترسيب؛ 4-التصريف و5-السكون.

يتم أولاً ملاء الخزان بمياه الصرف من معاصر الزيتون. خلال المرحلة الثانية، تتم عملية الخلط بطرق ميكانيكية ثم يتم تهوية السائل المختلط عن فتحات مخصصة مثبتة في أرضية الخزان. لا توجد عمليات تهوية أو خلط في المرحلة الثالثة حتى تترسب الجوامد المعلقة. خلال المرحلة الرابعة، يتم استرجاع مياه الصرف من معاصر الزيتون الطافية والمعالجة في المرحلة الخامسة، تُزال الحمأة المتبقية.

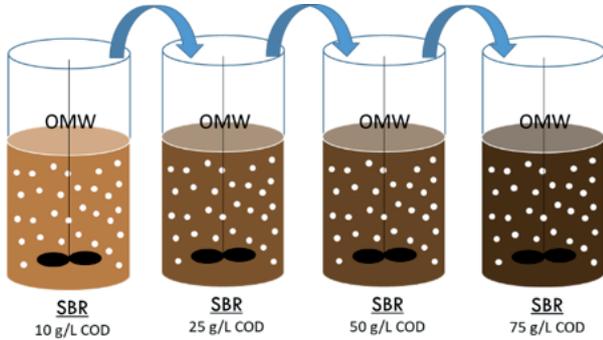
يتم تعريض مياه الصرف المعالجة بعد ذلك للجير الذي يُضاف على هيئة مسحوق (أكسيد الكالسيوم) حتى يتم بلوغ الرقم الهيدروجيني pH 12

الخصائص المحددة التي تجعل هذه التقنية مناسبة لظروف مصر، وتونس، و/أو المغرب، والوصول للمعيار ISO 16075 المتعلق بإعادة استخدام مياه الصرف لأغراض الزراعة.

يُمكن تطبيق تقنية المفاعل الدفعي المتتابع في إزالة المغذيات، وطلب الأكسجين البيوكيميائي العالي الموجود في مياه الصرف الصناعي، ومياه الصرف التي تحتوي على مواد سامة. ومن مميزات هذه العملية تضمن التصميم لخزان واحد فقط، وصغر البصمة، وسهولة توسيعه، وبساطة التشغيل، وانخفاض تكاليف رأس المال. بالإضافة إلى أنها ساعدت على تكوين مجموعة ميكروبية مستقرة، قادرة على تحليل المركبات ذات السمية. كما أن إضافة مسحوق الجير تساعد على استمرار عملية إزالة طلب الأكسجين الكيميائي والأحماض الفينولية عن طريق ظاهري التخثر والامتزاز.

النتائج التي حققتها MADFORWATER

زُود المفاعل الدفعي المتتابع بعينة من الحمأة المنشطة من إحدى محطات معالجة مياه الصرف الصحي البلدية، وقد تم تكييفها تدريجياً على المحتوى العالي من طلب الأكسجين الكيميائي الموجود في مياه صرف معاصر الزيتون، وذلك عن طريق تشغيل المفاعل لعدة دفعات متتابعة على أن يكون زمن الاحتجاز الهيدروليكي 30 يوماً لكل دفعة، مع زيادة تركيزات طلب الأكسجين الكيميائي في مياه صرف معاصر الزيتون ليصل إلى 75 غ/ل. وقد تحققت درجات كفاءة مماثلة في خفض طلب الأكسجين الكيميائي (بنسبة 60% تقريباً) عقب كل دفعة متتابعة بمعدل إزالة مستقر قدره 1,5 غ طلب الأكسجين الكيميائي /ل/يوم، مما يدل على وجود مجموعة ميكروبية مستقرة. ساعد الجمع بين المعالجة البيولوجية وإضافة مسحوق الجير في إزالة ما يصل إلى 80% و90% من طلب الأكسجين الكيميائي والأحماض الفينولية على التوالي. غير أن طلب الأكسجين الكيميائي الموجود بمياه صرف معاصر الزيتون ما زال زائداً عن نسب المعايير الخاصة بمياه الري التي أقرتها معايير الأيزو والمعايير التونسية (NT 106.03).



تكييف تدريجي لمجموعة الميكروبات الهوائية على التركيزات العالية في مياه صرف معاصر الزيتون داخل مفاعل دفعي متتابع.

العقبات الخاصة بتطبيق هذه التقنية في مصر، وتونس، و/أو المغرب، وإنتاج مياه الصرف المعالجة الصالحة للري وفقاً لمعيار ISO 16075 تناسب هذه التقنية الظروف الخاصة بمصر والمغرب وتونس. لم يتم تسجيل أي عقبات خاصة فيما يتعلق بإنتاج مياه الصرف المعالجة لأغراض الري. غير أن الأمر يتطلب تخفيفاً أو معالجة إضافيين لتقليل تركيز طلب الأكسجين الكيميائي المتبقي بشكل أكبر.

المراحل المتكورة لمعالجة مياه صرف الناتجة عن مصانع النسيج

أهم الملوثات التي ينبغي التخلص منها لإعادة استخدامها في المجال الزراعي:
أصبغ الآزوت، أصبغ الآزوت المُسَلَفَن

التقنيات المستخدمة بشكل أساسي في مصر والمغرب وتونس لمعالجة مياه الصرف المعنية تختلف الأوضاع الحالية لمياه الصرف الناتجة عن صناعة النسيج بشكل كبير بين هذه الدول الثلاثة. فبعض شركات النسيج قد دمجت بالفعل عمليات معالجة مياه الصرف داخلياً في خط العمليات الخاص بها، إذ تهدف تحقيق إعادة دمج ما يصل إلى 60% من مياه الصرف في المعالجة. وتُفرغ مياه الصرف المتبقية في شبكة الصرف الصحي البلدية. وتُستخدم عملية التخثر على نحو موسع كمعالجة مسبقة قبل بدء المعالجة الرئيسية باستخدام الحمأة المنشطة، أو الأكسدة أو الأغشية. يعمل التخثر على إزالة الجزيئات الغروانية والمواد العضوية. وكفاءة المعالجة الحالية غير مستقرة بشكل عام بفعل التغيرات الكبيرة التي تطرأ بشكل يومي وموسمي على حجم التدفقات الداخلة وكذلك الأحمال العضوية والمعدنية. لذلك يجب استخدام أسلوب معالجة مناسب يمكنه تحمل حالات الذروة التي تطرأ بصورة عرضية على حجم التدفقات الداخلة والأحمال العضوية. أحياناً يتم تفريغ السوائل المتدفقة خارج مصانع النسيج في شبكات الصرف الصحي البلدية بصورة مباشرة دون إخضاعها لأي معالجة مسبقة.

عرض مُختصر للتقنيات المُطورة بواسطة MADFORWATER لمعالجة مياه الصرف المعنية.

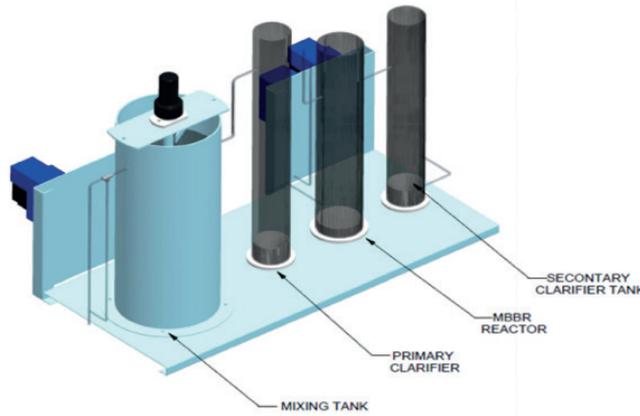
تعمل MADFORWATER حالياً على تطوير عملية معالجة ثانوية داخل مفاعل الطبقة الحيوية على أوساط متحركة ليتم استخدامها فيما بعد مرحلة التخثر والتنديف، وذلك لتحليل طلب الأكسجين الكيمياءي وأصبغ الآزوت، بالإضافة إلى عمليتين بديلتين للمعالجة الثلاثية والتي تهدفان إلى إزالة بقايا الأصبغ، وتحديداً (أ) التحلل الإنزيمي للأصبغ داخل مفاعلات العمود المُعبأ مع إنزيم لأكيز المُقَيَّد، و(2) امتزاز/لفظ الأصبغ بواسطة راتنجات مغناطيسية مبتكرة. تُعرض هذه التقنيات بشكل مُختصر في الجداول التالية.

مفاعل الطبقة الحيوية على أوساط متحركة

الملوثات الخاصة المستهدفة بهذه التقنية:
أصبغ الآزوت السامة

وصف التقنية

تُضخ مياه الصرف الملوثة بالأصبغ السامة إلى خزان الخلط الأول بواسطة مضخة تمعُّجية حيث تُضاف المواد المُختررة والمندفة ثم يغمر الماء ليصل إلى أول خزان لتصفية الجزيئات المعلقة. وتسيل مياه الصرف الطافية من هذا الخزان إلى الخزان المزود بالأوساط (مفاعل الطبقة الحيوية على أوساط متحركة) حيث تجري عملية التحلل البيولوجي. ويعمل جهاز التهوية على تزويد الماء بالأكسجين وتسهيل الأوساط الحاملة للغشاء الحيوي. وتستطيع الحمأة الاستقرار داخل خزان الترسيب الثاني الذي يليها، في الوقت يعاود فيه السائل المتدفق خارج هذا الخزان مروره عبر المضخة التمعُّجية ليصل إلى خزان التحلل البيولوجي.

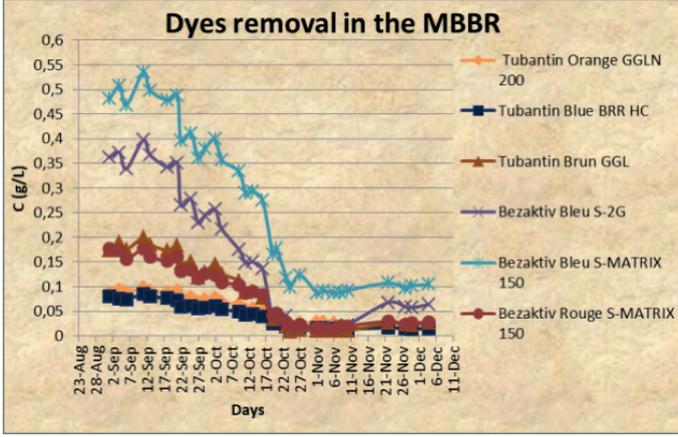


محطة مخبرية لمعالجة مياه صرف مصانع النسيج داخل مفاعل الطبقة الحيوية على أوساط متحركة

الخصائص المحددة التي تجعل هذه التقنية مناسبة لظروف البلدان المتوسطية الأفريقية، ولتحقيق المعايير الدولية المتعلقة بإعادة استخدام مياه الصرف لأغراض الزراعة.

ثبت فعالية هذه التقنية في عملية تحلل الأصبغ بيولوجياً، حيث أن وجود هذه الأصبغ في مياه صرف مصانع النسيج يعتبر مشكلة خطيرة لدى إعادة استخدامها في الري.

النتائج التي حققتها MADFORWATER



إزالة الأصباغ من مياه صرف مصانع النسيج في مفاعل الطبقة الحيوية على أوساط متحركة.

زُود مفاعل العمود الحيوي المتحرك بمياه صرف اصطناعية مُضاف إليها تركيزات من الأصباغ تتراوح بين 0,08 إلى 0,48 غ/ل. عادة ما يتم الحصول على هذه التركيزات بعد المعالجة الأولية بواسطة المخثرات. يتم تلقيح النظام بمجموعة كفاءة معزولة من البيئة البحرية، لتكوين كتلة حيوية على ناقلات حرة الحركة. بلغت كفاءة النظام في إزالة الألوان أقل من 80% في مجمل الأصباغ بعد مرور 95 يوماً وهي فترة التشغيل. كانت قياسات نيتروجين الأمونيا، ومجموع النيتروجين، ومجموع الفسفور 1.2، و35، و2.7 مجم/ل بالترتيب. وبحسب الحد الأقصى لمستوى المغذيات في مياه صرف مصانع النسيج المستخدمة للري ISO 16075، وهي 30 مغ/ل لنيتروجين الأمونيا، و35 مغ/ل لمجموع النيتروجين، و7 مغ/ل لمجموع الفسفور، فإنه يُمكن استخدام مياه صرف مصانع النسيج المعالجة لأغراض الري.

العقبات الخاصة بتطبيق هذه التقنية في ظروف البلدان الأفريقية المتوسطة وإنتاج مياه الصرف المعالجة الصالحة للري

بشكل عام، ليست هناك مشكلة في تطبيق تقنية مفاعل الطبقة الحيوية على أوساط متحركة، غير أنه يجب مراعاة الحذر عند إزالة الحمأة من المرحلة الأولية. إذا كانت الكميات صغيرة (عند استخدام مخثرات باهظة الثمن)، فيكفي مجرد تجفيف الحمأة والتخلص منها. وفي حالة استخدام الجير، تكون كمية الحمأة المحتفظة بالماء التي يتم إنتاجها عالية جداً (حيث تصل بين 30 إلى 50% تقريباً من حجم مياه الصرف الأولي) ويجب مراعاة استخدام تقنية خاصة لمعالجة هذا الأمر.

تقنية: المفاعلات الحيوية بالإنزيم المُقيد

الملوثات الخاصة المستهدفة بهذه التقنية:

أصباغ الآزوت، أصباغ الآزوت المُسلفن

وصف التقنية

يُعرف إنزيمي لاكيز (Laccase) وبيروكسيداز (Peroxidase) بقدرتهما على إزالة ألوان العديد من الأصباغ المختلفة. وتستخدم هذه التقنية إنزيمات مُقيدة على مفاعل العمود المُعبأ لمعالجة مياه الصرف من مصانع النسيج. ويؤدي تقييد الإنزيم عادة إلى زيادة ثبات الإنزيم. كانت جزيئات الراتنج (بحجم 100-300 مايكرومتر) تُستخدم كناقلات للإنزيم، مع تشغيل مفاعل العمود المُعبأ بمعدل تدفق مستمر.

مفاعل حيوي على مقياس مختبري لإزالة الأصباغ بالإنزيمات المُقيدة.

الخصائص المحددة التي تجعل هذه التقنية مناسبة لظروف مصر، وتونس، و/أو المغرب، والوصول للمعيار ISO

16075 المتعلق بإعادة استخدام مياه الصرف لأغراض الزراعة.

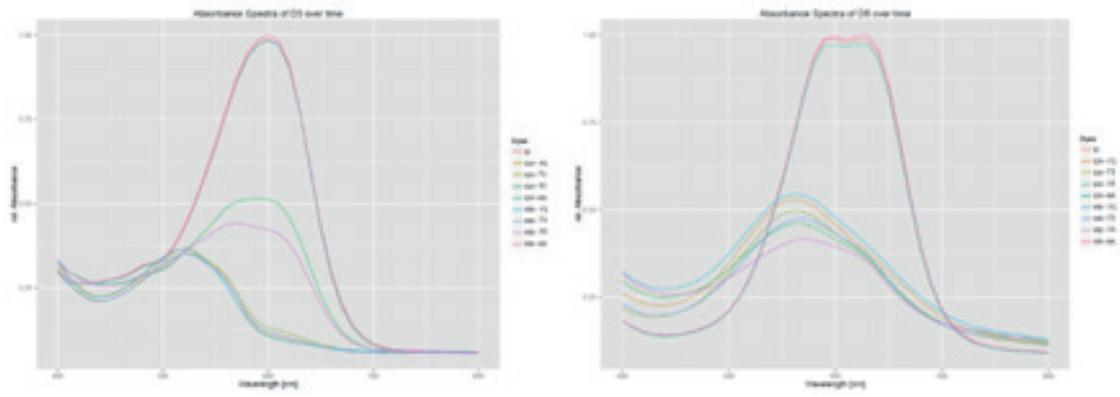
مفاعل العمود المُعبأ سهل التشغيل ولا يحتاج لاستخدام أي أجهزة أو إعدادات معقدة أو استخدام مضخات عالية الضغط، وقد يكون استخدامه مناسباً أكثر عند مقارنته بالأنواع الأخرى التي تستخدم الإنزيمات المُقيدة، مثل المفاعلات الغشائية المستخدمة في مياه الصرف في البلدان الأفريقية.

النتائج التي حققتها MADFORWATER

تم اختيار ستة أصباغ آزوتية مُسلفنة كمُلوثات أساسية لمياه الصرف الحقيقية الناجمة عن مصانع النسيج. تمكنت إنزيمات اللاكيز المستخرجة من فطر P. versicolor و P. sanguineus من إزالة ألوان 2 من أصل 6 أصباغ. ولم يتمكن إنزيم بيروكسيداز الذي يزيل ألوان الأصباغ من إزالة أية أصباغ، بينما أزال إنزيم Horseradish peroxidase صبغة واحدة فقط. تُمكن وسائط الأكسدة والاختزال إنزيم لاكيز من أكسدة عدد أكبر من المركبات. تجرى عملية الأكسدة من خلال الوسيط في صورته المُؤكسدة، والذي يتولد من تفاعله مع إنزيم لاكيز. تم اختبار ثلاثة أنواع مختلفة من وسائط الأكسدة والاختزال، وقد أظهر (1 mM) 1-Hydroxybenzotriazole أكبر قدرة على إزالة الألوان. لوحظ حدوث إزالة جزئية للألوان في مياه حقيقية من صرف مصانع النسيج، حيث كانت تحتوي على ستة أصباغ وتم معالجتها بواسطة إنزيم لاكيز المأخوذ من فطر P. versicolor في التجارب التي أجريت بواسطة إنزيمات لاكيز، حدث امتزاز للأصباغ على ناقل الإنزيم بشكل أساسي، مع تحلل الأصباغ بنسبة لا تُذكر. ما زال العمل مستمراً لتحسين أداء الإنزيم المُقيد في عملية التحلل وذلك بتغيير ظروف التفاعل.



إزالة الأصباغ من مياه صرف مصانع النسيج في مفاعل العمود المتحرك الحيوي.



إزالة ألوان الأصباغ Bezaktiv Bleu S-2G و Bezaktiv Bleu S-Matrix 150 بواسطة إنزيم لاكيز كما سبق الإشارة إليه.

العقبات الخاصة بتطبيق هذه التقنية في مصر، وتونس، و/أو المغرب، وإنتاج مياه الصرف المُعالجة الصالحة للري وفقًا لمعيار ISO 16075 تعتمد هذه التقنية بشكل كبير على نوعية مياه الصرف من مصانع النسيج. فالإنزيمات لا يمكنها إزالة الألوان من مجموعة كبيرة من الأصباغ ذات التركيبات المختلفة، وإذا كانت مكونات مياه الصرف متباينة إلى حد كبير، فقد تصبح هذه التقنية غير فعالة. تُمتص الأصباغ سالبة الشحنة بواسطة ناقلات الإنزيم. تكاليف الإنزيمات والراتنج المستخدم في عملية التقييد مرتفعة نسبيًا.

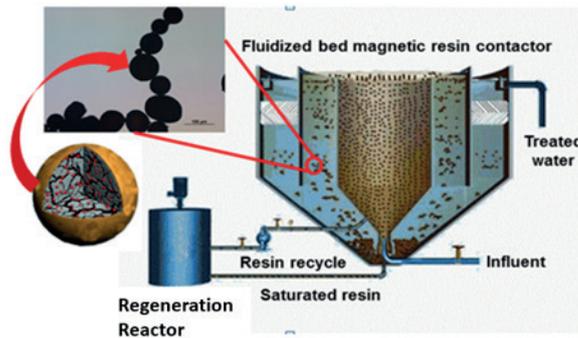
الامتياز على الراتنجات المبتكرة

الملوثات الخاصة المستهدفة بهذه التقنية:

الأصباغ والمواد العضوية المُذابة

وصف التقنية

صُمم راتنج التبادل الأيوني المغناطيسي الذي طورته جامعة نانجينغ في الصين خصيصًا للتخلص من المواد العضوية والأصباغ سالبة الشحنة من المياه ومياه الصرف. لدى راتنج التبادل الأيوني المغناطيسي مصفوفة بولي أكريليك، وبنية ذات مسام دقيقة، ومجموعة وظيفية ذات قاعدة متينة. يصل قطر حبات الراتنج ما بين 100-200 ميكرومتر، ما يجعل مساحة سطحها كبيرة، ومعدل لنقل الكتلة أكبر من الراتنج التقليدي. يُستخدم راتنج التبادل الأيوني المغناطيسي داخل مفاعل ذي تدفق مختلط بالكامل. تساعد النواة المغناطيسية على تجمع الراتنج وترسيبه. يُمكن إعادة توليد راتنج التبادل الأيوني المغناطيسي باستخدام محلول كلوريد الصوديوم بنسبة 10%، ويستخدم المفاعل تيارًا جانبيًا، وعملية إعادة توليد مستمرة بما يسمح بتوفير جودة ثابتة للمياه المُعالجة. تولد معالج حوالي 200-300 م³ من مياه الصرف ٣١ م³ من مياه الصرف المالحة.



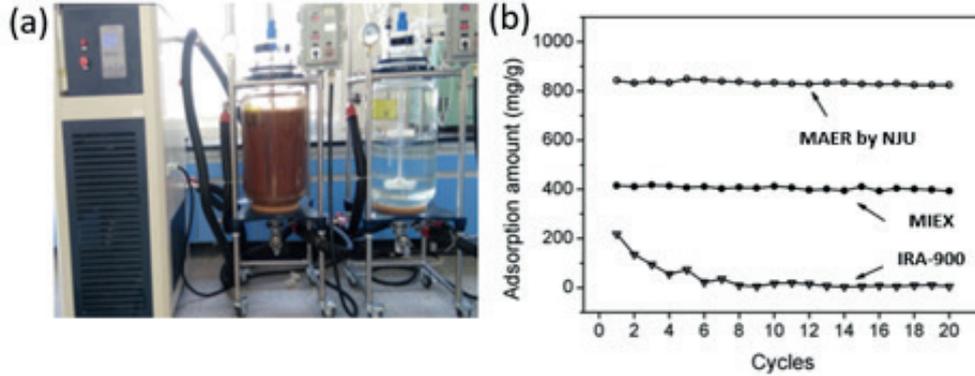
راتنج التبادل الأيوني المغناطيسي والمفاعل ذو القاع المُميع

الخصائص المحددة التي تجعل هذه التقنية مناسبة لظروف مصر، وتونس، و/أو المغرب، والوصول للمعيار ISO 16075 المتعلق بإعادة استخدام مياه الصرف لأغراض الزراعة.

يتمتع راتنج التبادل الأيوني المغناطيسي بقدرة جيدة وسريعة على المُعالجة للتخلص من معظم المواد العضوية والأصباغ سالبة الشحنة. غير أن استخدام مركب كلوريد الصوديوم ومُعالجة مياه الصرف المالحة من عملية إعادة توليد الراتنج يحد من استخدامها على نطاق واسع. فمصانع النسيج في هذه الدول عادة ما تولد ٣٠٠٢ م³ تقريبيًا من مياه الصرف يوميًا، ما يوازي إنتاج ١ م³ تقريبًا من مياه الصرف المالحة يوميًا. يعتبر سعر كلوريد الصوديوم رخيصًا، ويمكن تبخير مياه الصرف المالحة بسهولة نظرًا لجفاف المناخ المحلي.

النتائج التي حققتها MADFORWATER

تم تطوير نوع جديد من راتنج التبادل الأيوني المغناطيسي الدائم باستخدام etanocati lyllaid كرابط مُستعرض، الذي يحسن إلى حد كبير من خاصية إلف الماء (امتصاص الماء) والصلابة والقدرة على الامتزاز. يُمكن إعادة توليد راتنجات التبادل الأيوني المغناطيسي المشبعة بالأصبغ بكفاءة بواسطة محلول NaCl/NaOH (10%/1%). وعلى مدى ٠٢ دورة، أمكن إعادة استخدام راتنج التبادل الأيوني المغناطيسي بدون أي انخفاض يُذكر في قدرة الامتزاز بالنسبة لصبغة Orange-G، ما يدل على تفوق الأداء في مقاومة الحشَف لإزالة المواد العضوية. وكل هذه الخصائص مجتمعة، من السعة الكبيرة، وسرعة الحركة، بالإضافة إلى قابلية ممتازة لإعادة الاستخدام وقابلية ملائمة للانفصال، تجعل من راتنج التبادل الأيوني المغناطيسي مرشحاً جيداً لإزالة المواد العضوية من مياه الصرف الناتجة عن مصانع النسي .



توليف راتنج التبادل الأيوني المغناطيسي الدائم (MAER) و قدرته على الامتزاز مع صبغة Orange-G مقارنة براتنجات التبادل الأيوني التجارية MIEX و IRA-900

العقبات الخاصة بتطبيق هذه التقنية في مصر، وتونس، و/أو المغرب، وإنتاج مياه الصرف المُعالجة الصالحة للري وفقاً لمعيار ISO 16075 لا تستطيع راتنجات التبادل الأيوني إزالة الألياف، والمواد العضوية والأصبغ التي لا تحمل شحنات سالبة في مياه الصرف من مصانع النسيج. ويجب أن تتوافق هذه التقنية مع التقنيات الأخرى لمعالجة مياه الصرف.

النهج المستدام لمعالجة مياه الصرف من صناعة تعبئة وتغليف الخضروات والفاكهة.

أهم الملوثات التي ينبغي التخلص منها لإعادة استخدامها لأغراض الزراعة: المواد العضوية (طلب الأكسجين الكيميائي)، الجوامد المعلقة، ومبيدات الفطريات

التقنيات المستخدمة بشكل أساسي في مصر والمغرب وتونس لمعالجة مياه الصرف المعنية: بحسب الظروف المحلية، توجد خيارات مختلفة مستخدمة في المعالجة، مثل خزانات الصرف الصحي، والبحيرات الهوائية أو عملية الحمأة المنشطة التي تُستخدم حالياً لمعالجة مياه الصرف من مصانع تعبئة وتغليف الخضروات والفاكهة. وتستطيع تقنيات المعالجة هذه إزالة جزء من الملوثات الخطرة (الملوثات العضوية الثابتة، والجوامد المعلقة، ومبيدات الفطريات)، غير أن جودة السوائل الخارجة تعتبر ضعيفة مقارنة بالمعايير الخاصة بإعادة استخدام مياه الصرف.

عرض مُختصر للتقنيات المُطورة بواسطة MADFORWATER لمعالجة مياه الصرف المعنية:

صُممت مراحل المعالجة بحيث تجمع بين تقنيات مختلفة للوصول بجودة المياه المتدفقة إلى مستويات عالية تستطيع استيفاء المعايير الخاصة بإعادة استخدامها: في مفاعل الطبقة الحيوية على أوساط متحركة لإزالة الملوثات العضوية، والطفو والتنديف المدمجان لإزالة الجوامد المعلقة، والأكسدة بالأشعة فوق البنفسجية / الإنزيمات المُقيدة لإزالة المبيدات الفطرية المتبقية. و عوضاً عن التقنية الأخيرة، يمكن تطبيق تقنية الامتزاز على الكربون المنشط لإزالة مبيدات الفطريات. هذه التقنيات معروضة بشكل مُختصر في الجداول التالية.

مفاعل العمود المتحرك الحيوي الهوائي

الملوثات الخاصة المستهدفة بهذه التقنية:

الملوثات العضوية المذابة والغروانية

وصف التقنية

تعتمد هذه التقنية على استخدام عناصر ناقلة صغيرة من البلاستيك تماثل كثافتها كثافة المياه التي تحتوي على كائنات دقيقة، مُكوّنة غشاءً حيويًا. تختلط النواقل بمياه الصرف داخل خزان مُهوى وتعمل الكائنات الدقيقة على إزالة المواد العضوية المنحلة من مياه الصرف. تساعد تهوية المفاعلات الحيوية في عملية الخلط، وتزود الكائنات الدقيقة بالأكسجين. زمن المعالجة المطلوب لمياه الصرف المعنية يوم ١ تقريبًا. تُزال المياه المُعالجة من المفاعل الحيوي، بينما تُجمع النواقل بواسطة غربال. تولد هذه المعالجة البيولوجية كمية محددة من الكتلة الحيوية الزائدة، والتي يتم إزالتها في المرحلة التالية من التنديف والتعويم بالهواء المذاب، بالإضافة إلى إزالة الجوامد المعلقة القادمة من مياه الصرف.



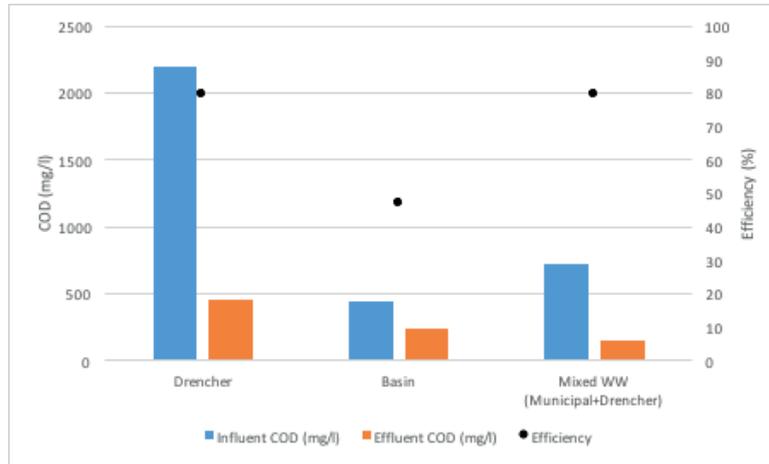
ناقلات مفاعل الطبقة الحيوية على أوساط متحركة

الخصائص المحددة التي تجعل هذه التقنية مناسبة لظروف مصر، وتونس، و/أو المغرب، والوصول للمعيار ISO 16075 المتعلق بإعادة استخدام مياه الصرف لأغراض الزراعة.

إن وجود المركبات السامة، والمواد ضعيفة التحلل في مياه الصرف المعنية قد يؤثر سلبيًا على الكائنات الدقيقة أثناء المعالجة البيولوجية. حيث تصبح الكتلة الحيوية المتعلقة بالناقلات أقل حساسية تجاه هذه المركبات، ويمكن إبقائها داخل المفاعل بطريقة موثوقة، مما يمنع انجراف الكائنات الحية بطيئة النمو. كما تتيح مفاعلات العمود المتحرك الحيوي أيضًا غو الكتلة الحيوية عالية الكثافة، وبالتالي، استخدام المفاعلات المدمجة. هذه التقنية سهلة الإنشاء والتشغيل.

النتائج التي حققتها MADFORWATER

خضعت تدفقات مياه الصرف القادمة من مصانع تجهيز الخضروات والفاكهة وخلّاطها، للمعالجة بتقنية مفاعلات الطبقة الحيوية على أوساط متحركة. ومكنت من إزالة 65 إلى 80% من الملوثات العضوية (طلب الأكسجين الكيميائي). كما تمت إزالة بعض المبيدات الفطرية بكفاءة أيضًا، ولكن بقيت بعض المبيدات الأخرى في المياه المعالجة. كما احتوت مياه الصرف أيضًا على جوامد معلقة. وتُعالج هذه الملوثات في المرحلة الثانية من تقنية المُعالجة عبرالتنديف والطفو المُدمجين، وهذه المرحلة هي جزء أساسي من مراحل المعالجة المُقترحة.



إزالة طلب الأكسجين الكيميائي من العينات المختلفة من مياه الصرف بتقنية مفاعل الطبقة الحيوية على أوساط متحركة.

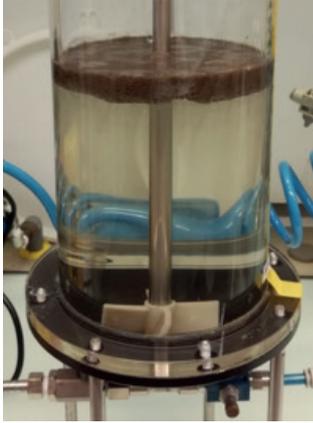
العقبات الخاصة بتطبيق هذه التقنية في مصر، وتونس، و/أو المغرب، وإنتاج مياه المُعالجة الصالحة للري وفقًا لمعيار ISO 16075 يُعتبر إنتاج مياه الصرف من مصانع تغليف/تجهيز الفاكهة والخضروات عملاً موسميًا. غير أن مفاعل الطبقة الحيوية على أوساط متحركة، مثله مثل طرق معالجة مياه الصرف البيولوجية الأخرى، يعتمد على الإمداد المستمر. لذلك، فمن الضروري توفير مياه صرف بديلة (مثل مياه الصرف البلدية) لتغطية فترات التوقف.

التنظيف والتعويم المُدمج

الملوثات الخاصة المستهدفة بهذه التقنية
الجوامد المعلقة، والمواد الغروانية

وصف التقنية

تتمثل فكرة تعويم الهواء المذاب في إزالة الجزيئات المعلقة من مياه الصرف باستخدام الفقاعات الدقيقة التي تتولد بمجرد إطلاق الهواء المضغوط والمشبع بالماء. تتعلق الفقاعات بالجزيئات وتحملها إلى السطح، حيث تتشكل طبقة من الحمأة (تحتوي على 3 إلى 6% من الجوامد الجافة). تحتاج الجزيئات الموجودة في مياه الصرف للتخثر والتنظيف قبل إدخال الهواء المشبع بالماء لتسهيل تكتل الجزيئات والفقاعات الدقيقة. في النظام المقترح، تضاف تقنية تعويم الهواء المذاب إلى تقنية المعالجة بمفاعل الطبقة الحيوية على أوساط متحركة لإزالة الجزيئات والكتلة الحيوية الزائدة. كخيار آخر يمكن إضافة جرعات من مسحوق الكربون المنشط بصورة اختيارية إلى السائل المتدفق لتعويم الهواء المذاب للامتزاز مع المبيدات الفطرية المتبقية.



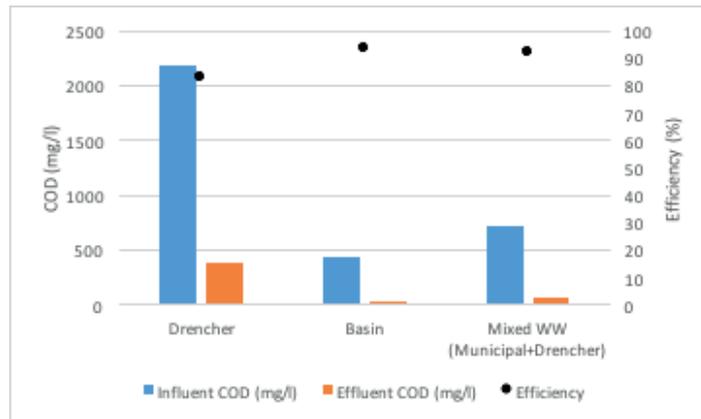
فصل الجوامد المعلقة في وحدة تعويم على نطاق مختبري

الخصائص المحددة التي تجعل هذه التقنية مناسبة لظروف مصر، وتونس، و/أو المغرب، والوصول للمعيار ISO 16075 المتعلق بإعادة استخدام مياه الصرف لأغراض الزراعة.

عند مقارنة الترسبات، يزيد استهلاك الطاقة في عملية تعويم الهواء المذاب، ولكنها تستطيع من ناحية أخرى تحقيق كفاءة أكبر في إزالة الجوامد خلال مدة قصيرة جداً من الاحتجاز المائي (بضع دقائق). ويتيح هذا الأمر بناء وحدة مدمجة ذات إنتاجية كبيرة الحجم. إن الكفاءة العالية في إزالة الجوامد الملوثة من مياه الصرف الناتجة من عمليات تغليف الفواكه يوفر مياه ذات عالية النقاء ومناسبة لإعادة استخدامها، وهي حتمية بالنسبة للخطوة اللاحقة من المعالجة بالأكسدة بالأشعة فوق البنفسجية / الإنزيمات المُقيدة.

النتائج التي حققتها MADFORWATER

استطاعت عملية تعويم الهواء المذاب المجمعة إزالة الجوامد المعلقة بكفاءة من جميع عينات مياه الصرف التي تم اختبارها والناتجة من محطات تغليف الفواكه والخضروات (وذلك قبل وبعد المعالجة البيولوجية) إلى >5 مجم/ل. وبالإضافة إلى استخدام تقنية مفاعل الطبقة الحيوية على أوساط متحركة وصلت كفاءة إزالة طلب الأكسجين الكيميائي إلى 80-90%، بحسب مكونات مياه الصرف. كانت أفضل نوعية من المياه تحتوي على طلب الأكسجين الكيميائي >30 مجم/ل، وطلب الأكسجين البيوكيميائي >5 مغ/ل. وقد تمكنت المعالجة المجمعة أيضاً من إزالة المبيدات الفطرية بنسب تصل إلى 0,1 مغ/ل، باستثناء الثيابندازول. إضافة جرعات من مسحوق الكربون المنشط إلى التدفق الداخل للتعويم ساعد على تحقيق إزالة إضافية للمبيد الفطري (90% تقريباً).



إزالة طلب الأكسجين الكيميائي من العينات المختلفة من مياه الصرف عن طريق الجمع بين تقنيتي مفاعل الطبقة الحيوية على أوساط متحركة وتعويم الهواء المذاب.

العقبات الخاصة بتطبيق هذه التقنية في مصر، وتونس، و/أو المغرب، وإنتاج مياه الصرف المُعالجة الصالحة للري وفقاً لمعيار ISO 16075 لم يتم تسجيل أي عقبات خاصة.

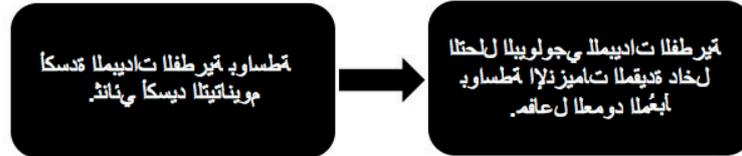
الأكسدة بواسطة الأشعة فوق البنفسجية بواسطة ثنائي أكسيد التيتانيوم-العمود المعبأ مقترنة بالمفاعلات الحيوية بالإنزيم المقيد.

تستهدف هذه التقنية ملوثات محددة

ثيابندازول

وصف التقنية

تُجرى المعالجة اللاحقة في مفاعل ضوئي باستخدام ثنائي أكسيد التيتانيوم المقيد. يعمل المفاعل بصورة مستمرة في ضوء الشمس. تتمثل أهم نواتج التحول الضوئي في مشتقات الهيدروكسي من المبيدات الفطرية، والتي تكون ذات قابلية أكبر للتحلل. تستخدم تقنية المعالجة التالية إنزيمات لأكيز المقيدة. تم اختيار جزيئات الراتنج التي تتسم ببطء هبوط الضغط كناقلات للإنزيم، وبذلك يصبح من الممكن بناء مفاعل العمود المعبأ وتشغيله.



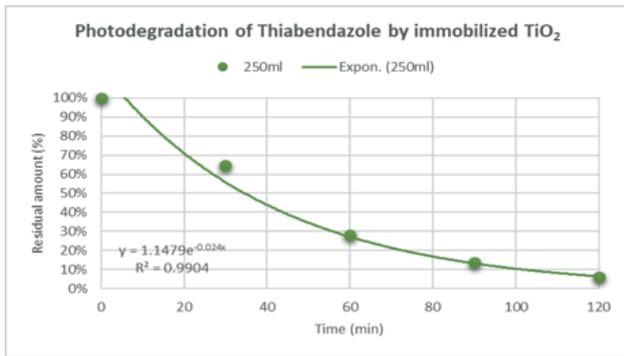
مختبر طفا تاديبملا لاحتلا



مختبر طفا تاديبملا لاحتلا

الخصائص المحددة لمياه الصرف التي تجعل هذه التقنية مناسبة لظروف مصر، وتونس، و/أو المغرب، والوصول للمعيار ISO 16075 المتعلق بإعادة استخدام مياه الصرف لأغراض الزراعة.

لا يحتاج المفاعل الضوئي لمصابيح الأشعة فوق البنفسجية أو الطاقة من أجل عملية الأكسدة. ويمكن تشغيله في ضوء الشمس. مفاعل العمود المعبأ سهل التشغيل ولا يتطلب استخدام أي أدوات معقدة، أو إعدادات أو زيادة ضغط المضخات، لذلك، فهو مناسب أكثر من أنواع المفاعلات الحيوية الأخرى، مثل المفاعلات الحيوية الغشائية المستخدمة في معالجة مياه الصرف بالنسبة للبلدان الأفريقية.



التحلل الضوئي لمركب الثيابندازول بواسطة ثنائي أكسيد التيتانيوم.

النتائج التي حققتها MADFORWATER

أمكن تحليل مركب ثيابندازول في مياه الصرف الاصطناعية بواسطة ثنائي أكسيد التيتانيوم بنسبة تصل إلى 94% خلال 120 دقيقة. وأظهر تحليل جزيئات ثنائي أكسيد التيتانيوم نسبة انبعاث منخفض للغاية (>1%) في التدفق الخارج، ما يدل على جودة الثبات الميكانيكي للحافرات الضوئية المقيدة. غير أن كفاءة المفاعل الضوئي قد تأثرت بشكل كبير بجودة مياه الصرف، كما قلت بفعل الحشف الحيوي، حيث لم يُلاحظ تحلل الثيابندازول ضوئياً في مياه الصرف الحقيقية. يجب تضمين خطوات غسل المفاعل الضوئي في عملية المعالجة. لم يُلاحظ تحلل مركب الثيابندازول بواسطة إنزيمات لأكيز المقيدة.

العقبات الخاصة بتطبيق هذه التقنية في مصر، وتونس، و/أو المغرب، وإنتاج مياه الصرف المعالجة الصالحة للري وفقاً لمعيار ISO 16075 يعمل المفاعل الضوئي خلال النهار فقط، نظراً لاحتياجه لأشعة الشمس للعمل. يجب تركيب مصابيح الأشعة فوق البنفسجية في حالة تشغيله ليلاً. تكاليف الإنزيمات والراتنج المستخدم في عملية التثبيت مرتفعة نسبياً.

أهم الملوثات التي ينبغي التخلص منها لإعادة استخدامها في المجال الزراعي:

المركبات العضوية (طلب الأكسجين الكيميائي 200-600 مغ/ل)؛ والأمونيا (2-10 مغ/ل) والنترات (10-2 مغ/ل)

التقنيات المستخدمة بشكل أساسي في مصر لمعالجة مياه الصرف المعنوية

لا يتم إجراء أي معالجات حالياً على مياه قنوات الصرف قبل استخدامها لأغراض الري

عرض مُختصر للتقنيات المطورة بواسطة MADFORWATER لمعالجة مياه الصرف المعنوية

تُطور MADFORWATER حالياً استخدام البحيرات الاختيارية ذات القنوات المشقوفة لإزالة طلب الأكسجين البيوكيميائي والنتروجين (النترة/إزالة النتروجين) من مياه الصرف في منطقة دلتا النيل. تهدف هذه التقنية إلى تحويل قنوات الصرف الحالية التي تستقبل المياه المستعملة ومياه الصرف المحلية داخل بحيرات اختيارية ذات قنوات مشقوفة من خلال تصميم ملائم.

البحيرات الاختيارية ذات القنوات المشقوفة

الملوثات الخاصة المستهدفة بهذه التقنية

المركبات العضوية، والأمونيا، والنترات.

وصف التقنية

تتمثل هذه التقنية في قنوات تتدفق بها المياه الملوثة بفعل الجاذبية، وهي مُصممة على نحو ملائم من حيث الأبعاد الهندسية (مثل العمق)، وديناميكا السوائل (عبر الحواجز) من أجل تكوين (1) طبقة هوائية عليا معرضة لأشعة الشمس، حيث يساهم نمو الطحالب الدقيقة في أكسجة الماء، (2) طبقة هوائية معتمة، حيث تتواجد فقط البكتريا الهوائية غيرية التغذية المزيلة لطلب الأكسجين الكيميائي، والبكتريا الجمادية التغذية المؤكسدة للأمونيوم، (3) طبقة سفلية خالية من الأكسجين/ لا هوائية، حيث تعمل البكتريا المخيرة على تقليل النترات وهو ما يساهم في إزالة المزيد من طلب الأكسجين الكيميائي، و(4) معدلات مناسبة لانتقال الأكسجين والكتلة بين الطبقات.

الخصائص المحددة التي تجعل هذه التقنية مناسبة لظروف مصر، والوصول للمعيار ISO16075 المتعلق بإعادة استخدام مياه الصرف لأغراض الزراعة.

تتناسب هذه التقنية مع ظروف منطقة شمال أفريقيا بفضل دفء المناخ الذي يساعد على إزالة العوامل المُمرضة والقولونيات. وتعتبر البحيرات الاختيارية مطلوبة أيضاً في البلدان النامية لسهولة بنائها، وانخفاض تكاليف الطاقة والصيانة اللازمة لها، خاصة بالنسبة للنظم التي تعمل بالتدفق بالجاذبية. وقنوات الصرف موجودة بالفعل في منطقة دلتا النيل: وتحويل القنوات الحالية إلى بحيرات اختيارية ذات قنوات مشقوفة لن يؤثر بشكل كبير على سطح الأراضي المغطاة (وهو أحد العيوب المعتادة في البحيرات التقليدية ذات القنوات المشقوفة).

النتائج التي حققها MADFORWATER فيما يتعلق بهذه التقنية

تم تركيب نظام مفاعلات المختبر والذي يتكون من 3 مفاعلات حيوية متصلة مائياً (v1، v2، وv3، انظر الشكل) لمحاكاة طبقات البحيرات الاختيارية ذات القنوات المشقوفة، مثل عمليات إزالة طلب الأكسجين الكيميائي، والنترة، وإزالة النتروجين التي تجري بها، وظاهرة انتقال الكتلة بينها. خضع الجزء المعتم من هذا النظام

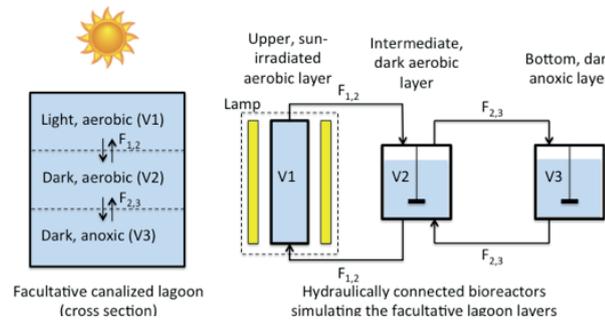
(حيث فصل المفاعل v1 واستُبدل بنظام تطهير الهواء في المفاعل v2) لاختبار مبدئي في مياه صرف اصطناعية ملقحة بمجموعة بكتيرية قادمة من إحدى

قنوات الصرف بمنطقة دلتا النيل. لوحظ حدوث إزالة مبدئية لطلب الأكسجين الكيميائي (450 مجم/ل) وصلت إلى 90 مجم/ل (حيث إن متوسط معدل الإزالة الكلي هو 4 ± 65 مجم/ل/ساعة) بالإضافة إلى معدل إزالة $\text{NH}_4\text{-N}$ بلغ 2.4 ± 0.3 مجم/ل/ساعة، ومعدل إزالة $\text{NO}_3\text{-N}$ بلغ 2 ± 25 مجم/ل/ساعة وحين كان المفاعلين (v2 = 2 لتر، v3 = 1 لتر) متصلين ببعضهما مائياً، بمعدل تدفق 2.08 مل/دقيقة. ستؤدي عملية توصيل المفاعل الضوئي الهوائي (v1) وتحسين نسبة الحجم ومعدل التدفق بالنسبة للطبقات إلى توفير المعلومات حول عمق القناة، ودرجة الاضطراب المطلوبة لتحويلها إلى نظام البحيرة الاختيارية ليكون قادراً على تحقيق المستوى المطلوب لجودة المياه لأغراض الري.

العقبات الخاصة بتطبيق هذه التقنية في مصر، وإنتاج مياه الصرف

المعالجة الصالحة للري وفقاً لمعيار ISO 16075

- قد تتطلب عملية التحسين بعض التعديلات على الجانب الهندسي (العمق) وديناميكا السوائل (تركيب حواجز) لقطاعات محددة بالقناة.
- وقد تؤدي القدرة المحدودة على التحكم في بارامترات التشغيل (مثل درجة الاضطراب من خلال تعديل المسافات بين الحواجز وعمقها)؛ التغيرات الموسمية على الظروف المناخية (درجة الحرارة، شدة الضوء، طول النهار) إلى التأثير جزئياً على أداء عملية المعالجة.



عرض تخطيطي لطبقات البحيرات الاختيارية ذات القنوات المشقوفة وتجهيز المحطة المختبرية لمحاكاة البحيرات الاختيارية ذات القنوات المشقوفة.

رشاش فعال ذو فوهات صغيرة، وضغط منخفض، ومقاوم للانحراف، متوافق مع مياه الصرف المعالجة.

أنواع المحاصيل المستهدفة بهذه التقنية

صُمم هذا الرشاش الصغير المبتكر خصيصاً لأجل بساتين الأشجار التي تخضع لنظام ري الغطاء النباتي.

التقنيات القياسية المستخدمة بشكل أساسي في مصر والمغرب وتونس لري هذه المحاصيل

في الدول المستهدفة، عادة ما تُروى البساتين عن طريق الآبار إذا كانت نوعية المياه جيدة، أو عن طريق رشاشات صغيرة جداً إذا كانت مشكلات الانسداد تكرر بشكل أكبر بسبب الجوامد المعلقة التي تحملها مياه الري.

وصف التقنية

يمكن استخدام هذه التقنية في ري أشجار البساتين بنظام العطاء النباتي، على أن يتجنب التصميم ملامسة المياه لأجزاء النبات الصالحة للأكل. يتمثل الهدف في تطوير رشاشات صغيرة منخفضة التكلفة، تعمل على تقليل خطر انتشار العوامل الممرضة بسبب الرذاذ الذي يصدر من القطيرات الأصغر والذي يقاوم الانسداد المحتمل



رشاش صغير مقاوم للانحراف

بسبب استخدام مياه الصرف المعالجة. هذا الرشاش الصغير الذي صُمم للتحكم في حجم القطيرات التي يطلقها لتقليل الرذاذ، قد صُنِع خصيصاً للعمل تحت ضغط تشغيلي منخفض (>2 بار). يتراوح قطر القطيرات ما بين 0,5مم و2,5مم: تكون أكبر من 0,5 مم لتجنب انجراف القطيرات بسبب الرياح وأقل من 2,5 مم لتجنب كتم التربة بسبب اصطدام القطيرات بها. يتم التحكم في توزيع حجم الجزيئات عن طريق مجموعة من العوامل المجتمعة، وتتمثل في حجم فوهة الرش، وشكل قناة العاكس، وسرعة الدوران. ويُمثل تصميم النماذج الأولية والتوصيل إلى الشكل الأمثل للرشاش المبتكر جزءاً هاماً من هذا البحث. وبالنسبة للصيانة ومعالجة المياه، فإن الهدف المراد تحقيقه هو الوصول إلى تشغيل طويل الأمد ممرشحات حجمها 0,5 مم.

بالنسبة للتكلفة، فهذه التقنية عبارة عن جهاز من البلاستيك غير المعقد، وهو سهل التركيب، وغير مكلف. الضغط التشغيلي للجهاز منخفض، لذلك فهو يجمع في تركيبه بين البنية التحتية غير المعقدة، وسهولة الاستخدام. بالنسبة للتأثير البيئي، يساعد انخفاض ضغط التشغيل على تقليل فقد الماء وتجنب إقامة منشآت كبيرة للري.

الخصائص التي تجعل هذه التقنية مناسبة لظروف مصر، وتونس، و/أو المغرب، واستخدامها مع مياه الصرف المُعالجة.

من السمات المشتركة لتلك الدول المستهدفة ندرة المياه بشكل ملحوظ، ومناخها الذي يتسم بارتفاع نسبة التبخر. يتمثل الغرض من هذه التقنية أولاً في إيجاد القدرة على إعادة استخدام مياه الصرف المُعالجة، مع تقليل خطر الانسداد إلى أقل حد ممكن، ثم تقليل خطر انتشار العوامل المُمرضة في حالة هبوب الرياح، عن طريق الوصول إلى حجم القطيرات الذي يحد من احتمالية الانجراف. وسيؤدي ذلك بدوره إلى تقليل احتمالية التبخر.

النتائج التي حققتها MADFORWATER فيما يتعلق بهذه التقنية

النتائج التي تحققت حتى الآن تتعلق أساساً بتوزيع حجم القطيرات بطول نصف قطر. وقد جُمعت هذه البيانات باستخدام جهاز سدروميتر بتقنية الليزر والذي يقوم بعد القطيرات وتقدير أحجامها. وتظهر القياسات أن نطاق أحجام القطيرات قريبة من النطاق المطلوب. وقد أجرينا بعض التجارب على النفايات السائلة من تربية الأحياء المائية لاختبار هذه التقنية باستخدام مياه صرف تحتوي على نسبة كبيرة من الجوامد المعلقة (>0,2 مجم/ل). لا يزال تحليل تأثير الرياح على توزيع المياه وتوزيع أحجام الجزيئات قيد الدراسة.

العقبات الخاصة المتعلقة بتطبيق هذه التقنية على مياه الصرف المُعالجة في مصر، وتونس، و/أو المغرب.

عقبات أمام تصميم هذا النوع من الرشاشات الصغيرة والتي تتسم بشدة متانتها، وخاصيتها المقاومة للانجراف وتتعلق باختيار المواد، والشكل المناسب للعاكس حتى يتوافق مع خصائص التوزيع، ومقاومة الإجهاد. وتُجرى حالياً تجربة لتقييم عملية تكوين الغشاء الحيوي على أنواع مختلفة من المواد البلاستيكية.

جهاز توزيع مياه الري مقاوم للانسداد

أنواع المحاصيل "المستهدفة" بهذه التقنية

يمكن استخدام هذا النوع من أجهزة توزيع مياه الري مع المحاصيل عالية القيمة الدائمة والمؤقتة على حد سواء، ولكنه لا يناسب محاصيل الحبوب والمحاصيل المزروعة بنظام الزراعة الموسعة.

التقنيات القياسية المستخدمة بشكل أساسي في مصر والمغرب وتونس لري هذه المحاصيل

يعتبر هذا النوع من الأجهزة لتوزيع مياه الري حلاً بديلاً لأجهزة الري بالتنقيط، حيث لا يتطلب الترشح بقياس أقل من 1 مم بعد صفق السائل المتدفق للخارج. تتحقق هذه الخاصية عن طريق رفع ضغط التصريف، بحيث يمنع أي ترسيب من شأنه أن يؤدي لحدوث انسداد داخل الجهاز، والتأثير على انتظام التوزيع وبالتالي، على كفاءة عملية الري. يتم ضبط التوازن بالنسبة لارتفاع ضغط التصريف، التي قد تؤدي لسيلان الماء، عن طريق قدرة جهاز الري على العمل على دورات قصيرة (وهي عادة نبضات متكررة مدتها دقيقة واحدة)، لتوفير مستوى الري المطلوب.

وصف التقنية

وفقاً لحجم الفوهات التي تم ضبطها على جهاز الري، يتراوح التصريف ما بين 30 إلى 100 ل/ساعة تحت ضغط يتراوح بين 0.5 إلى 2.0 بار. سيؤدي زيادة ضغط التصريف إلى معدلات رش لحظية تتعدى سعة الرشح في أغلب أنواع التربة الزراعية. وبالتالي، تُقسم عملية التشغيل إلى دورات قصيرة (وتكون مدتها عادة من دقيقة واحدة إلى دقيقتين) على أن تُكرر حسب الحاجة. باعتبار أن كتلة الري التي تصل مساحتها لـ 200 م تستغرق دقيقة واحدة تقريباً لملئها وضغطها عند تشغيلها، فقد زُودت بغشاء مانع للتسريب لخلق جهاز الري عند ضغط 0.35 بار. لذلك، فإن عملية تكييف ضغط النظام تعتبر تقريباً عملية لحظية، وهو ما يساعد على انتظام عملية توزيع الرش إلى حد كبير. تعمل خاصية ضبط الضغط بجهاز الري على الحفاظ على انتظام عملية التوزيع عبر فوهة واحدة.



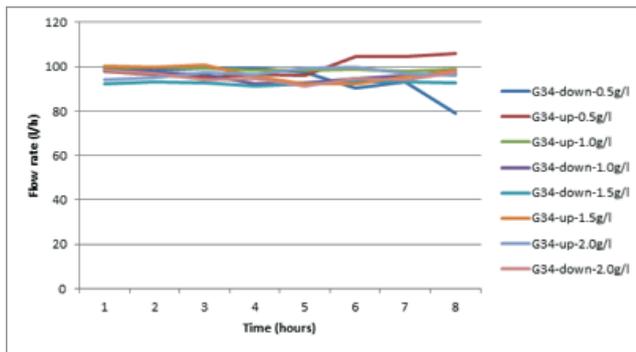
رسم تخطيطي لرشاش مانع للتسريب

الخصائص التي تجعل هذه التقنية مناسبة لظروف مصر، وتونس، و/أو المغرب، واستخدامها مع مياه الصرف المعالجة.

تتمثل الميزة الأساسية في هذه التقنية في قدرتها على الصمود أمام مياه الصرف المعالجة التي تحتوي على نسب عالية من الجوامد المعلقة، والتي عادة ما تحتاج لاستخدام نظم ترشيح دقيقة أو حلول تنظيف متكررة في حالة توزيع المياه باستخدام أنظمة دقيقة للري بالتنقيط. وهذه المرشحات الدقيقة تعتبر سهلة الاستخدام بالفعل، ولكنها تحتاج لصيانة مستمرة، وهو الأمر الذي لا يلتزم به العديد من المزارعين على المدى الطويل. وقد خضع جهاز الري المبتكر للتقييم باستخدام تركيبات للجوامد المعلقة تتراوح بين 2 إلى 20 جم/ل، بدون حدوث أي ظواهر انسداد ذات صلة. ويدل هذا الأمر على أن هذا النوع يصلح لاستخدامه مع مياه الصرف المعالجة التي تحتوي على نسب عالية من الجوامد المعلقة.

النتائج التي حققتها MADFORWATER فيما يتعلق بهذه التقنية

خلال عملية تطوير المشروع، تم تصميم جهاز الري، ووضع النموذج الأولي له، وتقييمه بشكل تجريبي من حيث الأداء الهيدروليكي والحساسية للانسداد مع مختلف أنواع الملوثات الفيزيائية (مثل الجزيئات، انظر الشكل أدناه، والألياف). كما خضع النظام أيضاً للتقييم من حيث ميكانيكا الموائع عن طريق المحاكاة الرقمية. ما زالت الاختبارات مستمرة في المختبر بواسطة التدفقات الخارجة الاصطناعية، والتي طُورت بحيث تُعيد إنتاج السوائل المتدفقة من مختلف أنواع مياه الصرف التي تستهدفها MADFORWATER. من المزمع إجراء المزيد من الاختبارات على التدفقات السائلة القادمة من مياه الصرف الحقيقية في المواقع التجريبية التي يديرها aetsrI المعهد الوطني للبحوث في العلوم والتكنولوجيا من أجل البيئة والزراعة.



تقييم الانسداد في وجود ألياف بتركيز يصل إلى 2 غ/ل (بقطر 50-60 ميكرومتر) مع وضعية جهاز الري في الأعلى والأسفل

العقبات الخاصة المتعلقة بتطبيق هذه التقنية على مياه الصرف المعالجة في مصر، وتونس، و/أو المغرب.

تختلف الممارسات الخاصة باستخدام هذا النوع من أجهزة الري عن الممارسات الخاصة بأنظمة الري بالتنقيط القائمة. ومن الضروري إتاحة الوقت للتكيف، ويجب توثيقه خلال السنة الأخيرة من المشروع. كما أن ضغط التصريف العالي في أجهزة الري تلك لا يناسب جميع أنواع المحاصيل، وقد يستلزم الأمر تغيير قياس أنابيب الري.

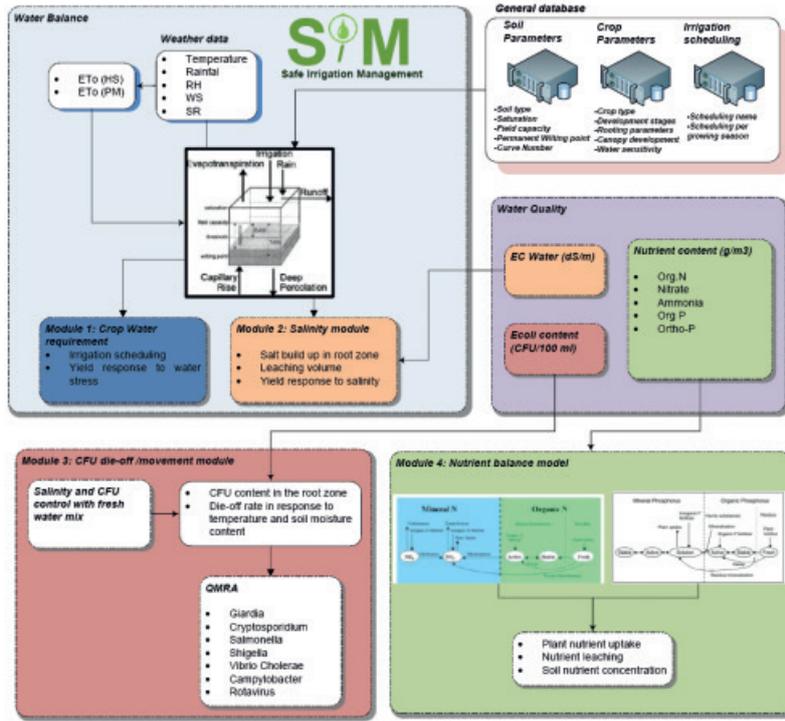
النموذج الموحد لتحقيق الاستفادة المثلى من الري بنوعيات مختلفة من المياه

أنواع المحاصيل "المستهدفة" بهذه التقنية

اختبر النموذج على العديد من محاصيل الفاكهة (مثل الطماطم والبطاطس)، والمحاصيل الحقلية (مثل القمح، والذرة).

وصف التقنية

نموذج الري الآمن هو نموذج قائم على استخدام الدلو يوميًا ويُستخدم لتقدير الاحتياجات المائية للمحاصيل باستخدام المياه العذبة، أو مياه الصرف المعالجة، أو المياه المختلطة. يتوافق هذا النموذج مع مختلف نظم الري، ونوعيات المياه، وأنواع التربة، والمحاصيل. في حالة استخدام مياه الري المعالجة، يجب مراعاة معايير أساسيين، وهما: (1: درجة ملوحة المياه، 2) تركيز بكتريا الإشريكية القولونية. يساعد النموذج أيضًا على تقييم ومكافحة المخاطر الميكروبية. يستطيع النموذج محاكاة تأثير الأحداث السنوية المتعلقة بمياه الري على الخصائص الفيزيائية للتربة وغلة المحاصيل.



وحدات إدارة الري الآمن

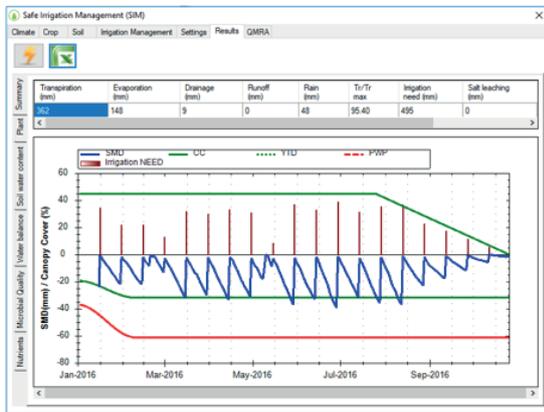
الخصائص التي تجعل هذه التقنية مناسبة لظروف مصر، وتونس، وأو المغرب، ولإستخدامها مع مياه الصرف المُعالجة. يدعم هذا النموذج المزارعين وصناع القرار في تحديد الأسلوب الأمثل لتخصيص المياه، وخيارات الإدارة، بما في ذلك اختيار مزيج المياه الأمثل. كما تفيد قدرة النموذج على توقع الظروف المستقبلية للغاية في التخطيط للمخرجات الاستراتيجية المختلفة والمحتملة في إدارة الري.

الناتج التي حققتها MADFORWATER فيما يتعلق بهذه التقنية

يتم حاليًا تطبيق نموذج الري الآمن في حوض سوس ماسة في المغرب، لتحقيق الاستفادة المثلى من جدول الري، والتوازن الملحي في بعض المحاصيل المحددة باستخدام نوعيات مختلفة من المياه. وقد أُجري اختبارًا مبدئيًا لتقييم أداء النموذج. ويظهر الشكل المبين أدناه الجدول الزمني الاعتيادي للري. توقيتات الري تتحدد تلقائيًا بمجرد ضبط التوقيتات الخاصة بالري، يمكن ضبط كمية المياه بصورة تلقائية: مثل (1) كمية المياه المحددة (مم)، (2) العودة لمستوى ثابت من نقص رطوبة التربة (مم)، (3) العودة لمستوى ثابت من نفاذ رطوبة التربة (% لقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء).

العقبات الخاصة المتعلقة بتطبيق هذه التقنية على مياه الصرف المُعالجة في مصر، وتونس، وأو المغرب.

- صعوبات في الحصول على البيانات المصدرية المطلوبة
- صعوبات في الحصول على البيانات المطلوبة لمعايرة النموذج لكل بلد على حدة.
- استخدام مياه الصرف محظور ويُسمح به في التجارب الخاضعة للرقابة فقط.



جدول زمني للري تم الحصول عليه من نموذج الري الآمن

المخصبات الحيوية المبتكرة من أجل زراعة مستدامة في بلدان شمال أفريقيا

أنواع المحاصيل "المستهدفة" بهذه التقنية

جُمعت كميات كبيرة من البكتريا المعززة لنمو النباتات من العديد من النباتات العائلية، وخاصة الذرة الرفيعة، والبرسيم، والأرجان، وأشجار الزيتون، وأشجار التين، والمواالح من البلدان المتوسطية والأفريقية. وتم انتخاب أفضل السلالات من حيث الأداء لإجراء اختبارات ميدانية باستخدام الطماطم، والقمح القاسي، وبعض المحاصيل الهامة في البلدان المتوسطية والأفريقية. مبدئيًا، يمكن تطبيق عملية التلقيح بالبكتريا المعززة للنمو على جميع المحاصيل لتعزيز النمو، والإنتاجية، ومقاومة الإجهاد لديها.

وصف التقنية

تستطيع الجراثيم المعززة للنمو أن تدعم نمو النباتات في الظروف القاسية التي تحدث عادة في البيئات المتطرفة، مثل الجفاف، وملوحة التربة الذين يعتبران أهم عوامل الإجهاد غير الإحيائية والتي تحد من إنتاجية المحاصيل. غير أن استخدامها على نطاق واسع لتعزيز إنتاجية المحاصيل لا يزال ضعيفًا للغاية. تعمل MADFORWATER حاليًا على تطوير وتطبيق لقاح البكتريا المعززة للنمو والمُصممة بما يتوافق مع المواقع المختلفة كمخصبات/محفزات حيوية لبعض المحاصيل المختارة التي لها أهمية اقتصادية كبيرة في البلدان المتوسطية والأفريقية. وهذا اللقاح الذي تم اختياره لن يُستخدم فقط في الأنشطة المتعلقة بنمو النباتات، بل سيتم تكييفه وسيعمل بكفاءة في سياق إعادة استخدام مياه الصرف المعالجة في الأراضي المجهدة والقاحلة التي تعد من سمات البلدان المستهدفة.

الخصائص التي تجعل هذه التقنية مناسبة لظروف مصر، وتونس، و/أو المغرب، واستخدامها مع مياه الصرف المُعالجة.

إلى جانب نشاط البكتريا المعززة للنمو التي تعمل كمخصبات حيوية (تحسين استخدام المغذيات) والمكافحة البيولوجية (إنتاج مضادات الجراثيم والمبيدات الحشرية)، فإنها تعمل أيضًا على تحسين مقاومة المحاصيل للظروف المناخية القاسية التي تتسم بها منطقة شمال أفريقي (الملوحة، والجفاف)، من أجل زيادة كفاءة إعادة استخدام المياه المعالجة.



نظام تجريبي في ظل ظروف الدفيئة لاختبار تأثيرات البكتريا المعززة للنمو على نبات الطماطم المروري في ظل أنظمة المياه المختلفة.

النتائج التي حققتها MADFORWATER فيما يتعلق بهذه التقنية

جُمعت كميات كبيرة من البكتريا من مختلف أنواع النباتات العشبية والشجرية من تونس، والمغرب، ومصر. قمنا بتحديد سلالات البكتريا، وتقييم مقاومتها للضغط الأوسموزي والإجهاد الملحي، وصفاتها المعززة للنمو، بما في ذلك نشاطها في المكافحة البيولوجية، بواسطة اختبارات مختبرية وقد أجرينا دراسة خارج الجسم الحي لخاصية تعزيز النمو في أفضل السلالات أداءً في ظل ظروف الدفيئة مستخدمين الطماطم والقمح القاسي، مع تطبيق ظروف الري المختلفة، مثل استخدام مياه الصرف المعالجة، والحث المتفعل للإجهاد المائي. وساعدت النتائج التي توصلنا إليها في تحديد مختلف السلالات الهامة المعززة للنمو بوصفها أنواع واعدة لإعداد مخصبات حيوية مُكيّفة مع الظروف المناخية السائدة في بلدان شمال أفريقيا.

العقبات الخاصة المتعلقة بتطبيق هذه التقنية على مياه الصرف المُعالجة في مصر، وتونس، و/أو المغرب.

- عدم انتشار استخدام التكنولوجيا وغياب الإنتاج واسع النطاق في مصر، وتونس، والمغرب.
- قلة الوعي بين مجموعات المزارعين حول خصائص المخصبات الحيوية.
- نقص القوانين والمعايير المتعلقة بإنتاج وتسويق المخصبات الحيوية.
- يحتاج لوضع نظام واضح للمسائل الأخلاقية والمتعلقة بالسلامة.

زيادة كفاءة نظم الري السطحي في مصر

أنواع المحاصيل "المستهدفة" بهذه التقنية

المحاصيل الحقلية

تقنيات الري المستخدمة بشكل أساسي في مصر لري تلك المحاصيل

توجد في دلتا النيل بمصر قنوات مكشوفة (تُسمى مساقى) لنقل مياه الري إلى المساقى الحقلية الرباعية والتي يطلق عليها المرادوي التي تُغذى الحقول المروية. وتقوم مياه الصرف الناتجة عنها بري الحقول التي تقع عند المصب، أو تختلط بالمياه العذبة لتعود إلى نظام التوزيع. وبالتالي، فإنه يتحقق مستوى عالٍ من الكفاءة على مستوى الحوض، ولكن على حساب نوعية المياه التي تُطلق في قنوات الصرف.

وصف التقنية

تتمثل الفكرة الأساسية من هذه التقنية في تحويل المساقى والمرادوي إلى أنابيب مضغوطة مزودة بصنابير لإمداد المياه للأنابيب المَبوَّبة الموجودة عند المصب، والتي زُوِّدت بفوهات معايرة وأخاديد حقلية للري. يساعد هذا النظام في التوزيع على المحافظة على كفاءة توصيل المياه على المدى البعيد، وتقليل حجم الصرف، بالإضافة إلى تحسين نوعية المياه ولذلك، لأجل إتاحة كميات أكبر من المياه العذبة عند المنبع.

الخصائص التي تجعل هذه التقنية مناسبة لظروف مصر

هذه التقنية لا تحتاج أي معالجات مسبقة للمياه قبل تطبيقها. بالنسبة للظروف في مصر، تنطبق هذه التقنية على مياه الري ومياه الصرف على حد سواء.

النتائج التي حققتها MADFORWATER فيما يتعلق بهذه التقنية

لتقليل تكاليف الطاقة والصيانة، تم تكييف تصميم النظام المحلي بحيث يستطيع العمل تحت ضغط منخفض (0,٠ بار تقريبًا). إن معدل التصريف العالي من الفوهات المقترحة يقلل من مشكلات الامتزاز والانسداد في أجهزة الري، وهي مشكلات شائعة في حالات الري بمياه ذات نوعية رديئة. وقد اهتمنا بشكل خاص بدمج أغشية مرنة مع فوهة الرشاش، لتطوير أجهزة الري التي تعمل على تعويض الضغط والتي تتسم بانتظام مستوى التصريف إلى حد كبير بطول الأنبوب.

العقبات الخاصة المتعلقة بتطبيق هذه التقنية في مصر.

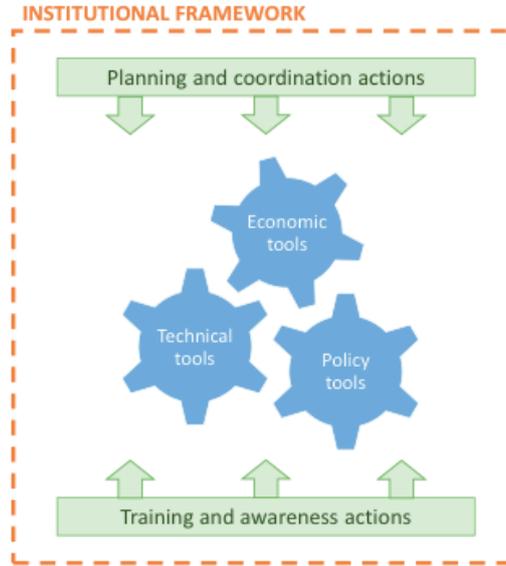
قد تتمثل العقبة الرئيسية في موافقة المزارعين على التكيف على استخدام تقنية بديلة للنهج القديم والموحد القائم على نظام الغمر.

Pressure (Bars)	Discharge (L/s)
0.15	0.75
0.2	0.8
0.4	0.84
0.5	0.89



أنبوب ذو بوابات مزود بفوهة مُعايرة

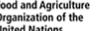
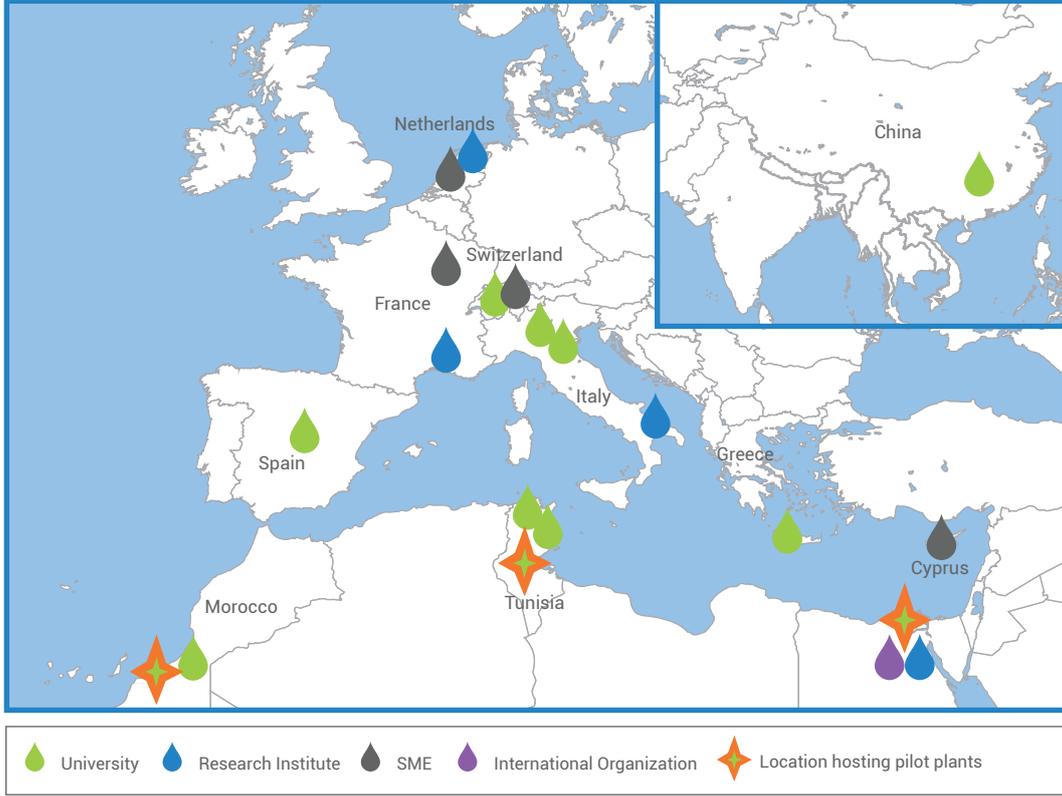
كان لـ MADFORWATER مهمة محددة تتمثل في تقييم استخدام الأدوات الاقتصادية في إدارة المياه في مصر، والمغرب، وتونس. وقد أثبت التحليل أن الدول المستهدفة قد حققت تقدماً كبيراً فيما يتعلق بتنفيذ المبادئ المتكاملة لإدارة الموارد المائية. غير أن التحليل الذي أُجري يقترح أن المجال ما زال مفتوحاً لتحسين الأدوات الاقتصادية والسياسات المتعلقة بالمياه لضمان استدامة الموارد المائية على المدى الطويل في البلدان المتوسطة والأفريقية المشاركة في MADFORWATER. كما سلط الضوء بشكل خاص على تدني مستوى تنفيذ مبادئ الإدارة المتكاملة للموارد المائية المتعلقة بالمبادئ الاقتصادية -انخفاض رسوم المياه، انخفاض معدلات استرداد التكاليف، وارتفاع مستويات الدعم. إن عملية تحديد حقوق المياه بشكل أفضل، إلى جانب تنمية أسواق المياه سوف تساهم بشكل كبير في السيطرة على عمليات سحب المياه، وتخصيص الموارد بشكل أفضل. بالإضافة إلى أن زيادة كفاءة المياه المستخدمة في الأغراض الزراعية تعد ضرورة في المناطق التي يعد النشاط الزراعي هو المستهلك الرئيسي للمياه فيها. كما ثبت أيضاً أن العوامل المؤسسية لها دور في هذا الأمر. ونذكر على وجه الخصوص، مساءلة واضعي السياسات وعقد الاتفاقات الإقليمية التي يمكنها تحسين إدارة المياه العابرة للحدود التي قد تُفضي إلى نتائج مفيدة للغاية في التعامل مع مشكلة ندرة المياه. كما إنه من المتوقع العمل على زيادة استغلال الإمكانيات فيما يتعلق بتحلية وإعادة استخدام المياه في الإقليم، والذي سيسفر عن توفير أداة أساسية لتلبية الاحتياجات المتزايدة. وأخيراً، يجب الأخذ في الاعتبار بأنه لا توجد أداة يمكنها العمل بمفردها. فعادة ما يعتمد عمل الأدوات الاقتصادية على مجموعة كبيرة من العوامل، مثل توافقها مع الأدوات التنظيمية والفنية الأخرى، بالإضافة إلى العناصر الأفقية الأخرى التي تتيح التنسيق والدعم -مثل التخطيط والتنسيق بين الهيئات والاستراتيجيات المختلفة، والأنشطة المعنية بزيادة الوعي أو توفير التدريب المناسب للموارد البشرية.



أهم الأدوات الخاصة بإدارة المياه

المصدر: إعداد خاص بنا ويستند إلى: Plan Bleu – GWP, 2012. "إدارة الطلب على المياه - التجربة المتوسطية"، رقم ١. الشراكة العالمية للمياه الوثيقة الخاصة بالجوانب الفنية.

يتكون كونسورتيوم MADFORWATER من 18 شريكاً من المنطقة المحيطة بالبحر الأبيض المتوسط بشكل رئيسي، حيث يضم 7 بلدان أوروبية و 3 بلدان أفريقية متوسطة والصين، بالإضافة إلى 9 جامعات و 4 مراكز أبحاث ومنظمة دولية غير هادفة للربح (منظمة الأغذية والزراعة/الفاو) وخبير استشاري واحد في تسويق المشاريع الصغيرة والمتوسطة وإدارة تطوير الأعمال وإدارة الابتكار و 3 مؤسسات صغيرة ومتوسطة في مجالات معالجة مياه الصرف الصحي والري. هذا ويتمتع الشركاء بالخبرة في تخصصات متعددة تشمل معالجة المياه العادمة والري وتحليل دورة الحياة للحلول التكنولوجية وتحليل التكاليف مقارنة بالفائدة لهذه الحلول ومشاركة أصحاب المصلحة والإدارة المتكاملة للمياه وبناء القدرات وتطوير خطة العمل.



اتبع على MADFORWATER على

لمزيد من المعلومات ، يمكنكم زيارة موقع المشروع على
العنوان التالي: www.madforwater.eu

لا تعبر هذه النشرة سوى عن وجهة نظر المؤلف ولا تتحمل الوكالة التنفيذية للمؤسسات الصغيرة والمتوسطة المسؤولية عن استخدام أي من المعلومات التي تحتويها.

تم تمويل هذا المشروع من قبل برنامج البحوث والابتكار أفق 2020 التابع للاتحاد الأوروبي بموجب اتفاق منحة رقم 688320

