سلاسل القيمة الدائرية في صناعة المنسوجات

قصة نجاح:
الاستثمار في تقنيات إعادة التدوير المتقدمة لإنتاج الألياف المُعاد تدويرها في مصر

التحدي

تُشكل مخلفات صناعة المنسوجات قبل الاستهلاك وما بعد الصناعة، مثل بقايا المنسوجات، واطراف الاقمشة، والمواد المرفوضة خلال عملية التصنيع، بالإضافة إلى الأقمشة والمواد غير المستخدمة التي قد يتم التخلص منها أثناء الإنتاج، تحديات كبيرة بالنسبة للبيئة. كما أنها تُساهم في استنزاف الموارد وخسائر اقتصادية للمجتمع.

فقد أظهر مسح مخلفات المنسوجات الذي أعدته منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية (اليونيدو) أن صناعة المنسوجات والملابس في مصر أنتجت 212,000 طن من مخلفات المنسوجات قبل الاستهلاك في عام 2019[1]. ويُمكن توجيه غالبية هذه المخلفات إلى عمليات إعادة التدوير لتحويلها الى منسوجات قابلة لإعادة إدخالها في سلسلة القيمة الصناعية.

في حين تكتسب جهود إعادة التدوير في سلسلة التوريد لصناعة المنسوجات زخمًا على مستوى العالم، لا تزال العديد من البلدان تكافح من أجل إنشاء سلاسل قيمة فعالة لإعادة التدوير يُمكنها فرز ومعالجة وإعادة استخدام مخلفات المنسوجات قبل الاستهلاك وما بعد الصناعة لتحويلها إلى مواد خام قيّمة تحتاج إليها الصناعة بشدة. إن إعادة التدوير، على الرغم من أنها عملية لا تُمثل الخيار الأساسي في التسلسل الهرمي للمخلفات في الاقتصاد الدائري، إلا أنها تُمثل بديلاً مفضلاً لحلول تحويل المخلفات إلى طاقة. ومع ذلك، يُوفر الجيل الجديد من الابتكارات التكنولوجية حلولاً جديدة يُمكن أن تُساعد في تثمين الموارد غير المستغلة من مخلفات المنسوجات مع اعتماد منظور أكثر دائرية لتلبية الطلب المتزايد في السوق على ألياف المنسوجات المُعاد تدويرها.

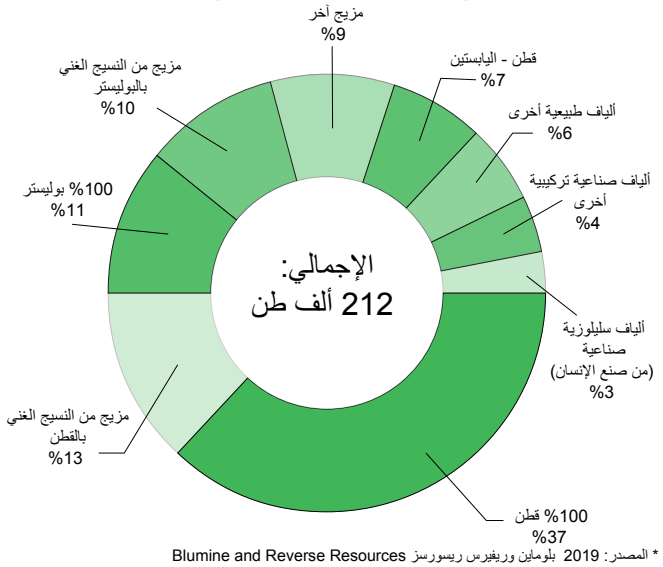
نطاق المشروع التجريبي

في عام 2020، وبالتعاون الوثيق مع وزارة التجارة والصناعة ووزارة البيئة، بدأت اليونيدو مبادرة المنسوجات في إطار مشروع سويتش مِيد - ميد تيست 3 في مصر، بهدف تعزيز سلاسل القيمة الدائرية في قطاع المنسوجات. وبالتعاون مع المنظمات المتخصصة الرئيسية، أجرت اليونيدو تحليلاً لسيناريوهات مختلفة لدعم تطوير سلاسل القيمة الدائرية لتثمين مخلفات المنسوجات في مرحلة ما بعد الصناعة وقبل الاستهلاك في مصر.

قام المشروع التجريبي بدراسة الوضع الحالي للابتكار في تقنيات إعادة التدوير الميكانيكي والكيميائي. وكان الهدف منه هو فهم القيود الفنية، ومتطلبات المواد الخام، والنفقات الاستثمارية والتشغيلية، والآثار البيئية، ووجهات نظر السوق ذات الصلة بالاحتياجات المحددة لنمو قطاع إعادة تدوير المنسوجات في مصر. أتاح تحليل للطاقة التصنيعية الفعلية لمصانع إعادة التدوير العاملة في مصر، واحتياجات التطوير التقني لتلك المصانع، خط الأساس للتواصل مع مختلف مقدمي التكنولوجيا ومصنعي المعدات. في ذلك التحليل، تم مراعاة تقدير الأثر البيئي لتقنيات إعادة التدوير المختلفة وملائمة استخدامها لمخلفات المنسوجات قبل الاستهلاك الناتجة عن قطاع صناعات المنسوجات والملابس في مصر.

إن إعادة التدوير الميكانيكي والكيميائي هي حلول تكميلية لمعالجة مخلفات المنسوجات قبل الاستهلاك. ففي حين تكون عمليات إعادة التدوير الميكانيكي أكثر ملاءمة للمخلفات من الألياف طبيعية أو أحادية الألياف، يُمكن أن توفر عمليات إعادة التدوير الكيميائي حلاً للألياف المختلطة، التي تُشكل ما يصل إلى 47% من إجمالي تدفق مخلفات المنسوجات السنوية قبل الاستهلاك التي يتم توليدها في مصر. وبناء على ذلك، استكشف المشروع التجريبي دراسة الحالة للاستثمار في مصر في مجموعتين تكنولوجيتين هما: أحدث معدات إعادة التدوير الميكانيكي، وتقنيات إعادة التدوير الكيميائية المبتكرة.

مخلفات المنسوجات في مرحلة ما قبل الاستهلاك في مصر حسب الألياف



* المصدر: 2019 بلومابن وريفيرس ريسورسز Blumine and Reverse Resources

يُعد الفرز والفصل والتصنيف المناسب لمخلفات المنسوجات حسب الألياف واللون شرطًا أساسيًا لتنفيذ عملية إعادة تدوير فعالة وملموسة ومربحة، بما يضمن توجيه المواد المناسبة فقط لإعادة التدوير. الترويج لتلك الممارسات تم التطرق له بشكل رئيسي ضمن المشروع التجريبي الآخر، والذي تم تنفيذه في اطار مبادرة المنسوجات لمشروع سويتش ميد في مصر.

إعادة التدوير الميكانيكي للقطن وألياف المنسوجات الغنية بالقطن

تُعد إعادة التدوير الميكانيكي لمخلفات المنسوجات عملية راسخة تُركز على تحويل مخلفات المنسوجات، باستخدام تقنيات مختلفة، مثل الفرم أو التقطيع أو فصل الألياف، وتحويلها إلى منتجات جديدة من خلال التحول الفيزيائي مع الحفاظ على الخصائص الجزيئية للألياف.

تكون مخلفات المنسوجات مناسبة لإعادة التدوير الميكانيكي، سواء كانت ألياف نقية، مثل القطن بنسبة 100%، أو تلك التي تحتوى على النسب القليلة من الألياف المختلفة
(عادة من 3% - 5%)، أو الألياف المختلطة. وتُعتبر الألياف المصنوعة من القطن بنسبة 100% ذات جودة عالية، وتُستخدم بشكل أساسي في غزل الخيوط الجديدة، بالتالي تصلح لصناعة الملابس الجديدة أو المنسوجات الأخرى، في حين أن الألياف المختلطة تكون ذات جودة أقل ولا يُمكن إعادة استخدامها سوى في المنتجات غير المنسوجة مثل مواد العزل والمراتب.
يتوسع سوق القطن المُعاد تدويره بشكلٍ سريع، حيث يصل الإنتاج العالمي إلى 270,000 طن في عام 2021، مما يُمثل زيادة كبيرة في حصته من إجمالي استهلاك القطن ليصل إلى 4.5%[2]. تقود العلامات التجارية الكبرى مثل ايكيا، وإتش أند إم، وإنديتكس هذا الاتجاه من خلال زيادة استخدامها للقطن المُعاد تدويره. على سبيل المثال، تتصدر ايكيا معدل الاستخدام بنسبة 17%، في حين تتبعها إتش أند إم بنسبة قريبة تبلغ 11%، وتستهدف الوصول إلى نسبة 30% بحلول عام 2025. وبالمثل، شهدت إنديتكس تحولًا ملحوظًا من عدم استخدام القطن المُعاد تدويره تقريبًا في عام 2018 إلى استخدامه بنسبة 5.6% في عام 2022.

1 مسح مخلفات صناعة المنسوجات في مصر، صادر عن منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية، 2022.
2 لوحة بيانات TextileExchange. تم الاسترجاع في نوفمبر 2023، من: (https://mci.textileexchange.org/dashboard/).

يُمكن أن تؤدي عملية الفرم أثناء إعادة التدوير إلى إجهاد الألياف، مما قد يُؤثر على جودتها. وبالتالي، يتطلب استخدام معدات مناسبة لضمان تلبية الألياف المُعاد تدويرها لمتطلبات الجودة للاستخدام النهائي المقصود. وعلى ذلك، وضع المشروع التجريبي خطة عمل للاستثمار في خط إعادة التدوير الميكانيكي في مصر لإنتاج ألياف قطن مُعاد تدويرها ذات جودة عالية لصناعة الغزل.

وتكشف خطة العمل عن إمكانات كبيرة لتحقيق الربحية من هذا الاستثمار خلال فترة استرداد أقل من خمس سنوات. ففي مصر، يمثل أكثر من 50% من مخلفات المنسوجات قبل الاستهلاك من القطن أو الغنية بالقطن، لذا يُمكن للفصل المناسب أن يدعم تشغيل 15 إلى 20 خطًا جديدًا لإعادة التدوير الميكانيكي، مما ينتج 30,000 طن من الألياف المُعاد تدويرها سنويًا. ومن خلال الاستفادة من رؤى كبار مُصنعي المعدات الأوروبيين وأصحاب المصلحة المحليين، فإن الاستثمار المُقدر المطلوب لتحقيق هذا الهدف في مصر يتراوح بين 15 إلى 30 مليون يورو.

إعادة التدوير الكيميائي لمخلفات المنسوجات المصنوعة من الألياف الاصطناعية والمختلطة

ما يقرب من نصف مخلفات المنسوجات قبل الاستهلاك المنتجة في مصر تتكون من ألياف مختلطة، وهي غير مناسبة لإعادة التدوير من خلال العمليات الميكانيكية. تُعتبر إعادة التدوير الكيميائي مجموعة من التقنيات الجديدة والمتقدمة التي يمكن تطبيقها على البوليمرات الاصطناعية أو القائمة على السليلوز ومزائج البوليمر، ولذا يمثل إعادة التدوير الكيميائي فرصة واعدة للتعامل مع مخلفات المنسوجات المصنوعة من الألياف الاصطناعية والمختلطة في مصر. ويُمكن لهذه التقنيات المتقدمة معالجة مواد مثل البوليستر (البولي إيثيلين تيريفثاليت أو PET)، ومخلفات القطن المختلطة مع البوليستر بشكلٍ فعال وتحويلها إلى حبيبات PET معاد تدويره (البوليستر المُعاد تدويره). بالإضافة إلى ذلك، يُمكن فصل المواد الأخرى الموجودة في الألياف المختلطة، مثل تلك الموجودة في القطن المختلط مع البوليستر، إلى البوليفينات لإنتاج البولي إيثيلين أو البولي بروبيلين، وكتلة القطن لاستخراج السليلوز، وذلك من بين استخدامات أخرى. وتكمن الميزة الأساسية من هذه العمليات في إمكانية استرجاع ألياف «شبيهة بالخام البكر»، مناسبة لمختلف التطبيقات، بما في ذلك صناعات المنسوجات، والأزياء، والتعبئة والتغليف، وغيرها.

تم إجراء مراجعة للدراسات المختلفة لتقييم الأثر البيئي علي دورة الحياة (LCA) لإنتاج البوليستر البكر مقارنة بالبوليستر المعاد تدويره كيميائياً ضمن أنشطة المشروع التجريبي. اوضحت الدراسة أن إعادة تدوير مخلفات البوليستر الموجودة إما ميكانيكيًا أو كيميائيًا يُعد خيارًا أكثر ملاءمة بيئياً من إنتاج البوليستر البكر أو اللجوء إلى استعادة الطاقة من خلال الحرق. على الرغم من أن إعادة التدوير الميكانيكي أقل ضررًا على البيئة، إلا أن طرق إعادة التدوير الكيميائية أكثر ملاءمة لمعالجة الألياف المختلطة مثل مخلفات القطن المختلط مع البوليستر.

في مجال ألياف المنسوجات المُعاد تدويرها كيميائيًا، تبدأ أولى المصانع على المستوى الصناعي عملياتها في أوروبا، ومن المتوقع أن يتم تشغيل المزيد من المصانع بدءًا من عام 2025. ومع ذلك، لا تزال هناك حالة من عدم اليقين بشأن مجموعة التقنيات الخاصة التي تستعد لدخول السوق، خاصة فيما يتعلق بالتكاليف التشغيلية والبيئية. لذلك، من الضروري إجراء تقييمات شاملة للجدوى المالية لكل تقنية وتأثيرها الإجمالي في البلد. ويتطلب ذلك وجود تنسيق بين المستثمرين ومقدمي التكنولوجيا، إلى جانب الدعم من المنظمات المالية وسلطات المناطق الصناعية.

إن ظروف السوق الحالية تُعتبر مواتية بالنسبة للبوليستر المُعاد تدويره. ومن المتوقع أن يزداد الطلب العالمي على البوليمرات المُعاد تدويرها بشكل كبير خلال العشرين عامًا القادمة، ومن المتوقع أن تنمو البوليمرات المُعاد تدويرها من تقنيات إعادة التدوير الكيميائي المتقدمة الجديدة من صفر إلى ما يقرب من 56 مليون طن سنويًا بحلول عام 2040[3]. في الوقت الحالي، تعد القدرات القائمة والتي تعتمد تقنية إعادة التدوير الكيميائي ضئيلة، حيث أن العديد من هذه التقنيات مازالت في مرحلة التطوير والتوسع. وفقًا لـ «ماكينزي»، من المتوقع أن تصل الاستثمارات في مصانع إعادة التدوير الكيميائي في العالم إلى أكثر من 90 مليار دولار بحلول عام 2040.

وقد كشف المشروع التجريبي أن الاستثمارات في تكنولوجيا إعادة التدوير الكيميائي المتقدمة لقطاع المنسوجات والملابس في مصر يتطلب تمويلًا جديراً بالاعتبار، يتراوح بين 100 إلى 200 مليون يورو.

يُمثل التدفق الوفير من مخلفات المنسوجات المختلطة قبل الاستهلاك في مصر فرصة كبيرة لإعادة التدوير الكيميائي، مما يُوفر فوائد مثل تقليل انبعاثات الكربون وتقليل الواردات من المواد البكر. على الرغم من أن الاستثمار في منشأة لإعادة التدوير الكيميائي في مصر قد يُمكّن سلسلة قيمة المنسوجات والملابس من التعامل مع مجموعة واسعة من مخلفات المنسوجات القابلة لإعادة التدوير وإزالة المواد الكيميائية والشوائب الخطرة، إلا أنه لا يزال هناك عدد من أوجه عدم اليقين فيما يتعلق بالتشغيل والمخاطر البيئية التي ينطوي عليها الاستثمار في تقنيات إعادة التدوير الكيميائي الجديدة، خاصة تطبيقها على نطاق تجاري في الاقتصاديات الناشئة. تشمل أوجه عدم اليقين استهلاك الطاقة والمياه والاحتياجات من المواد الكيميائية والتأثيرات المناخية المُحتملة، بالإضافة إلى نقطة السعر العالمي التي ستحدد أن الاستثمار مجديًا من الناحية المالية.

> “هناك احتياج لإيجاد صناعة حديثة لإعادة تدوير المنسوجات لتلبية الطلب العالمي المتزايد على الألياف المستدامة.”
>
> السيد/ هاني سلام – عضو مجلس إدارة - المجلس التصديرى للغزل والمنسوجات والمفروشات المنزلية

3 بنغ زد.، وسيمونز تي. جيه.، ووالاش جيه.، ويونغ مان إيه. (2022)، إعادة التدوير المتقدمة: فرص النمو. ماكينزي وشركاه.

لمزيد من المعلومات، يرجى الاتصال ب:

منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية

منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية (اليونيدو)
السيدة أولفينور موج دولون
شعبة الاقتصاد الدائري وحماية البيئة في وحدة الاقتصاد الدائري وكفاءة استخدام الموارد
مركز فيينا الدولي، صندوق بريد 300، 1400 فيينا، النمسا البريد الإلكتروني: u.dolun@unido.org
الصفحة الالكترونية: www.unido.org

يرجى زيارتنا على الرابط: switchmed.eu

بتمويل من الاتحاد الأوروبي، والتمويل المشترك من حكومة إيطاليا وحكومة كاتالونيا، يتم تنفيذ برنامج «سويتش مِيد» تحت قيادة منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية (اليونيدو). في إطار مشروع «مِيد تيست ٣»، الذي يهدف لتحديد مسارات للصناعات في جنوب البحر الأبيض المتوسط لتُصبح أكثر كفاءة في استخدام الموارد، وتوليد وفورات لتحسين القدرة التنافسية والأداء البيئي.

تم إنتاج هذا المنشور بدعم مالي من الاتحاد الأوروبي، وفي إطار برنامج «سويتش مِيد» الممول من الاتحاد الأوروبي. إن محتوياته هي مسؤولية منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية (اليونيدو) وحدها، ولا تعكس بالضرورة آراء الاتحاد الأوروبي.

شركاء التمويل: