

TAKING
COOPERATION
FORWARD

- 📍 **ENTeR - WP T3 Approach & Validation / Task A.T3.1**
- 💬 **High Level Training Modules - Training Path 3: Main textile recycling technologies and methods to recover, reuse and recycle textile waste**
- 👤 **ENTeR Project Partner STFI (DE)**

SPIS TREŚCI - TRAINING PATH 3

Wprowadzenie

Definicje
terminów
związanych z
recyklingiem
tekstyliów

Odpady tekstylne
- obieg materiału

Przetwarzanie
odpadów
tekstylnych

- a) Mechaniczne
- b) Fizyczne
- c) Chemiczne

Recykling
odpadów
specjalnych -
Włókna węglowe

Odpady tekstylne
z używanej
odzieży

Wnioski



Interreg Central Europe Programme

(<https://www.interreg-central.eu/Content.Node/home.html>)

Kurs szkoleniowy opracowano w ramach projektu ENTeR (CE 1136) dzięki finansowaniu uzyskanym w UE w programie Interreg Central Europe (2^{gi} konkurs w 2016).

Kurs szkoleniowy odzwierciedla poglądy jedynie autorów prezentacji; ani Komisja Europejska ani Instytucja Zarządzająca Interreg Central Europe nie są odpowiedzialne za wszelkie wykorzystanie informacji w nim zawartych.



Obecnie zrównoważony recykling tekstyliów można postrzegać jako globalne wyzwanie, ponieważ gospodarka potrzebuje w dowolnym momencie ciągłego zaopatrzenia w surowiec.

Z drugiej strony, mamy ograniczenia światowego zużycia zasobów naturalnych. Utylizacja odpadów i recykling stają się jeszcze ważniejsze ze względu na niedobór surowców i poważne obawy związane z niezrównoważonym wykorzystaniem zasobów naturalnych. Ponadto rosnące koszty zagospodarowania odpadów i ograniczone możliwości składowania na wysypiskach również zwiększyły zainteresowanie odzyskiwaniem odpadów jako materiału lub energii.

Ten moduł szkoleniowy na temat technologii recyklingu oraz sposobów odzyskiwania, ponownego użycia lub recyklingu odpadów tekstylnych powinien pomóc pogłębić wiedzę na temat takich procesów i metod recyklingu, aby podnieść świadomość zakładów włókienniczych, zmotywować ich do aktywnej współpracy oraz by przybliżyć wiedzę i doświadczenie w zakresie odzyskiwania lub recyklingu odpadów tekstylnych.



DEFINICJE TERMINÓW ZWIĄZANYCH Z RECYKLINGIEM TEKSTYLIÓW

Obieg zamknięty /Closed Loop: Celem jest przekierowanie surowców zawartych w produktach po wycofaniu z użycia do obiegu zasobów stosowanych w produkcji nowych produktów.

Od kołyski do kołyski /Cradle-to-Cradle: System wytwarzania produktów poprzez zachowanie materiałów w obiegu zamkniętym. Już teraz surowce powinny być wytwarzane w taki sposób, który by umożliwił ich późniejsze ponowne użycie.

Downcycling: Produkty są przekazywane do recyklingu. Wynikiem recyklingu są nowe produkty, które mają niższą jakość i wartość niż produkt początkowy.

Obieg otwarty /Open loop: Wytwarzany jest nowy produkt o innym zastosowaniu z materiału lub części produktu wycofanego z eksploatacji.

Surowiec pierwotny /Primary raw material: Naturalne surowce wydobywane z zasobów naturalnych lub produkowane głównie z naturalnych surowców.

Odzysk /Recovery: Oznacza odzyskiwanie lub zwrot odpadów poprzez przetworzenie sposobem innym niż zniszczenie.



DEFINICJE TERMINÓW ZWIĄZANYCH Z RECYKLINGIEM TEKSTYLIÓW

Recykling / ponowne użycie /Recycling/reuse: są często stosowanymi metodami zagospodarowania odpadów i oznaczają nadanie odpadom drugiego życia.

Surowiec wtórny /Secondary raw material: jest surowcem odzyskiwanym w drodze recyklingu i wykorzystywanym jako surowiec do nowych produktów.

Upcycling: celem jest całkowite ponowne wykorzystanie oryginalnych składników używanych ubrań lub obuwia oraz wytworzenie równoważnego produktu z recyklingu, na przykład w celu ponownego wyprodukowania obuwia z zużytego obuwia.

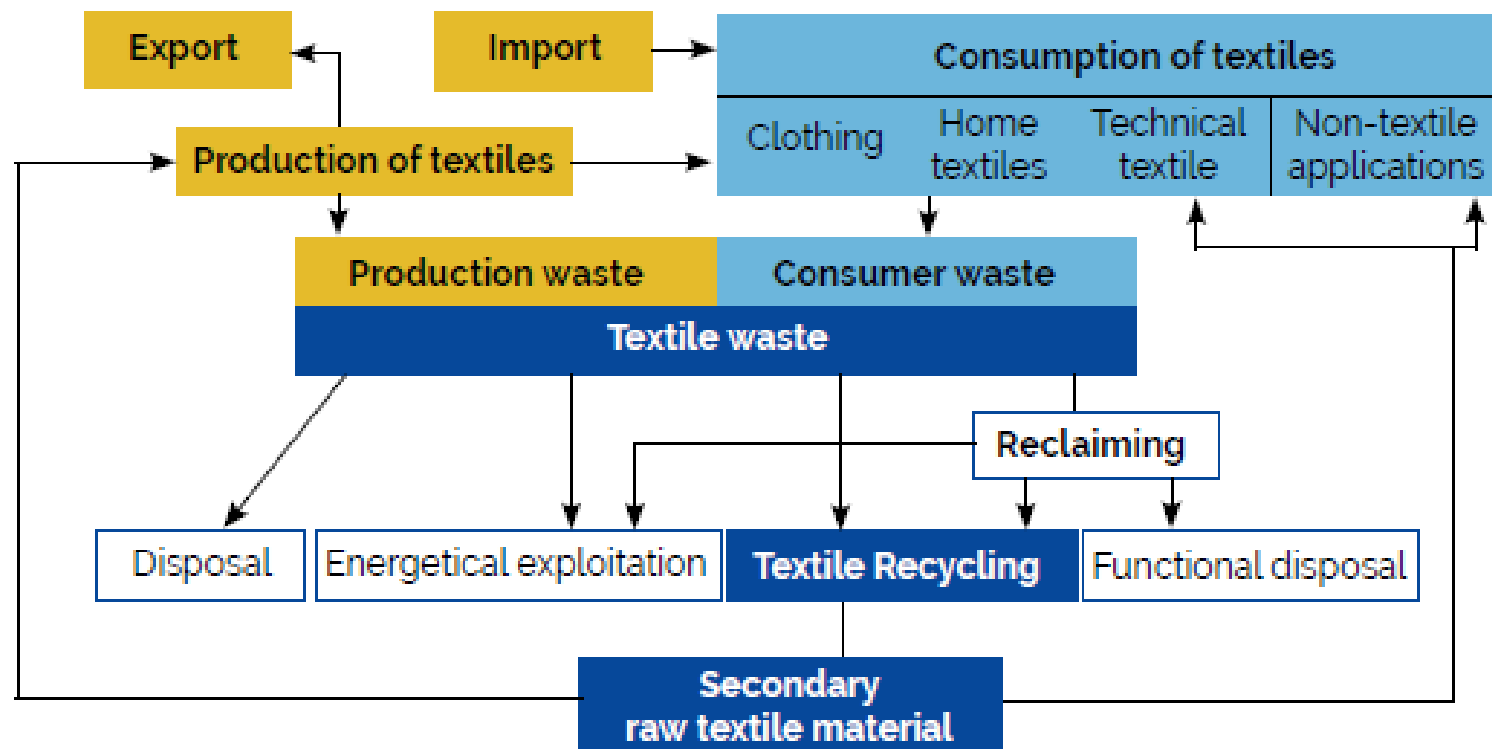
Odpady tekstylne /Textile waste: jako surowiec do recyklingu tekstylia dzieli się na odpady produkcyjne i zużyte tekstylia (odpady konsumenckie).

Odpady z produkcji tekstyliów /Textile production waste: pochodzą z produkcji wszelkiego rodzaju wyrobów włókienniczych.

Używana odzież / tekstylia /Used clothing/textiles: obejmuje wszystkie zużyte ubrania, ale także wszelkie inne zużyte wyroby tekstylne z domu i gospodarstwa domowego (zastony, pościel, ręczniki...)



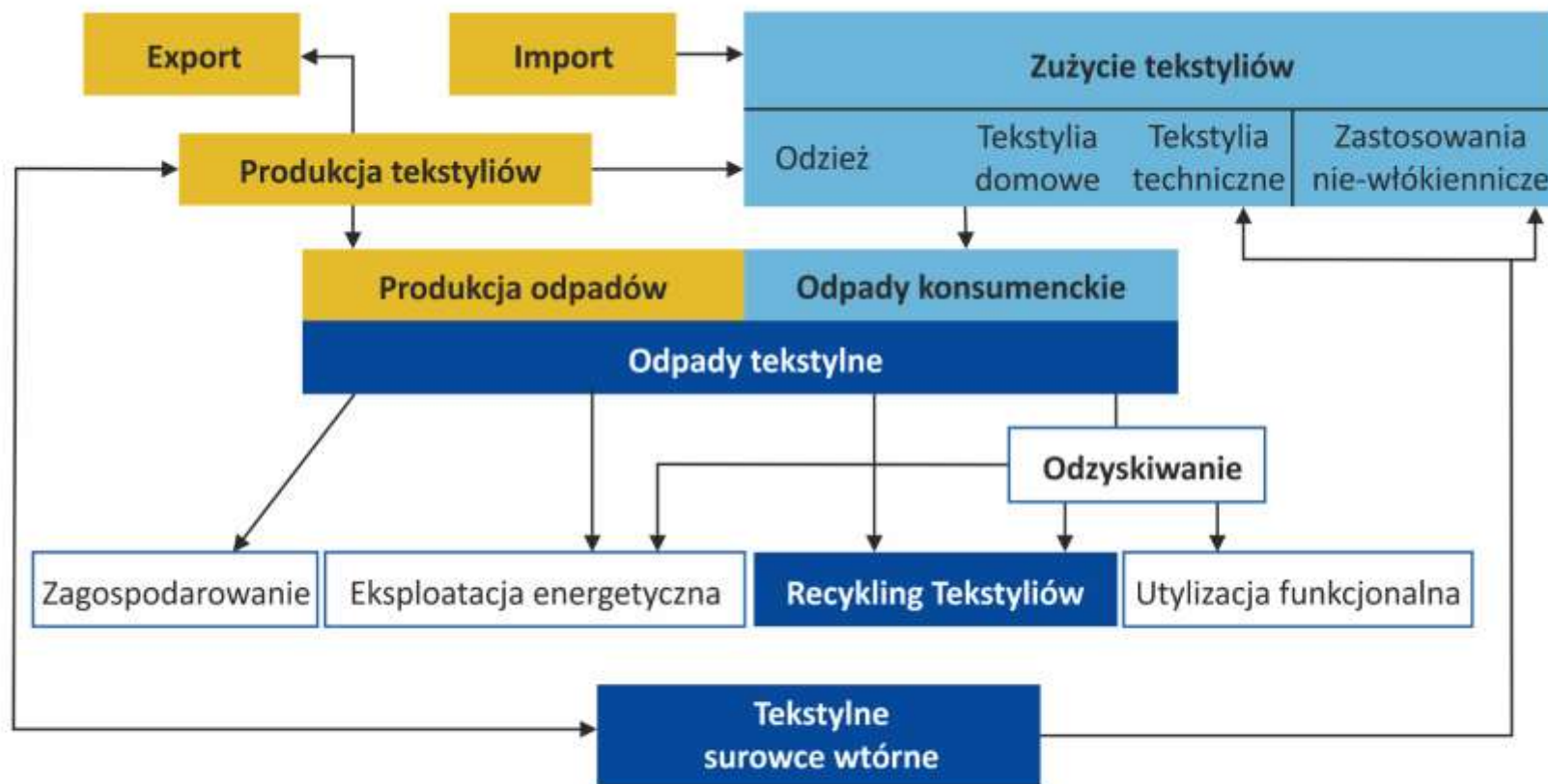
ODPADY TEKSTYLNE - OBIEG MATERIAŁU



(Source: STFI)



ODPADY TEKSTYLNE - OBIEG MATERIAŁU



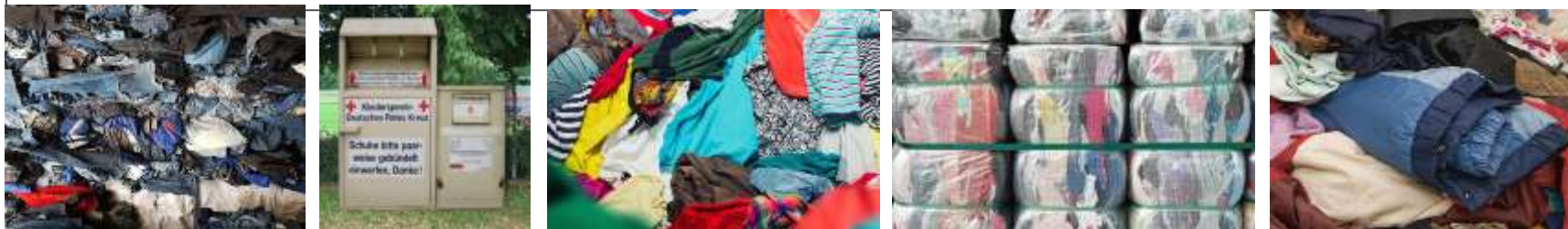
- Odpady tekstylne pochodzą z produkcji wyrobów włókienniczych (odpady produkcyjne) oraz z zużytych tekstyliów (odzieży, tekstyliów z gospodarstwa domowego) jako tak zwane **odpady konsumenckie**.
- Preferowaną opcją jest **ponowne wykorzystanie** (re-use) materiału odpadowego poprzez zwrócenie go bezpośrednio do procesu produkcyjnego w celu zaoszczędzenia surowca.
- Jeśli nie jest to możliwe, odpady tekstylne należy poddać **recyklingowi** mechanicznemu, fizycznemu lub chemicznemu, aby uzyskać surowce wtórne, które można wykorzystać jako surowiec do nowych produktów.
- Jeżeli nie można dokonać ponownego wykorzystania (re-utilization), recyklingu lub utylizacji funkcjonalnej (wtórne wykorzystanie poprzez inne zastosowanie), wówczas stosuje się **termiczne/energetyczne wykorzystanie** w spalarniach.
- Wreszcie, jeśli żadna inna opcja nie jest możliwa, odpady muszą zostać usunięte na **składowiska śmieci**.
- **Używana odzież** jest zbierana i ponownie dystrybuowana przez organizacje charytatywne wśród potrzebujących osób. Odzież niskiej jakości jest często eksportowana do krajów trzeciego świata lub przekazywana do recyklingu.



Odpady tekstylne poprodukcyjne: odpady włókien (także obejmujące kurz i puch), odpady przędzy, wyrobów, kawałki tekstyliów (krajki), ścinki, wadliwe wyroby, włókna



Tekstylne odpady konsumenckie: zużyta odzież, ale także wszystkie inne używane wyroby tekstylne z domu i gospodarstwa domowego (zastony, pościel, ręczniki...)



(Source: STFI)



Przetwarzanie

Tradycyjna metoda recyklingu odpadów tekstylnych polega na stosowaniu procesów cięcia i rozrywania w celu odzyskania włókien. Rozluźnianie włókien/nici w strukturze wyrobu odbywa się poprzez cięcie, szarpanie i rozdzieranie w celu ich odzyskania. Dzięki procesom mechanicznym, takim jak zgrzeblenie, następnym etapem może być tworzenie runa.

Wykorzystanie odzyskanych włókien

Otrzymany materiał wykorzystywany jest głównie do produkcji włóknin (włókniny igłowane lub przeszywane) lub do produkcji szmat czyszczących, materiałów wypełniających, materiałów izolacyjnych, geotekstyliów, tapicerki i tekstyliów samochodowych, co oznacza wtórne wykorzystanie odpadów.



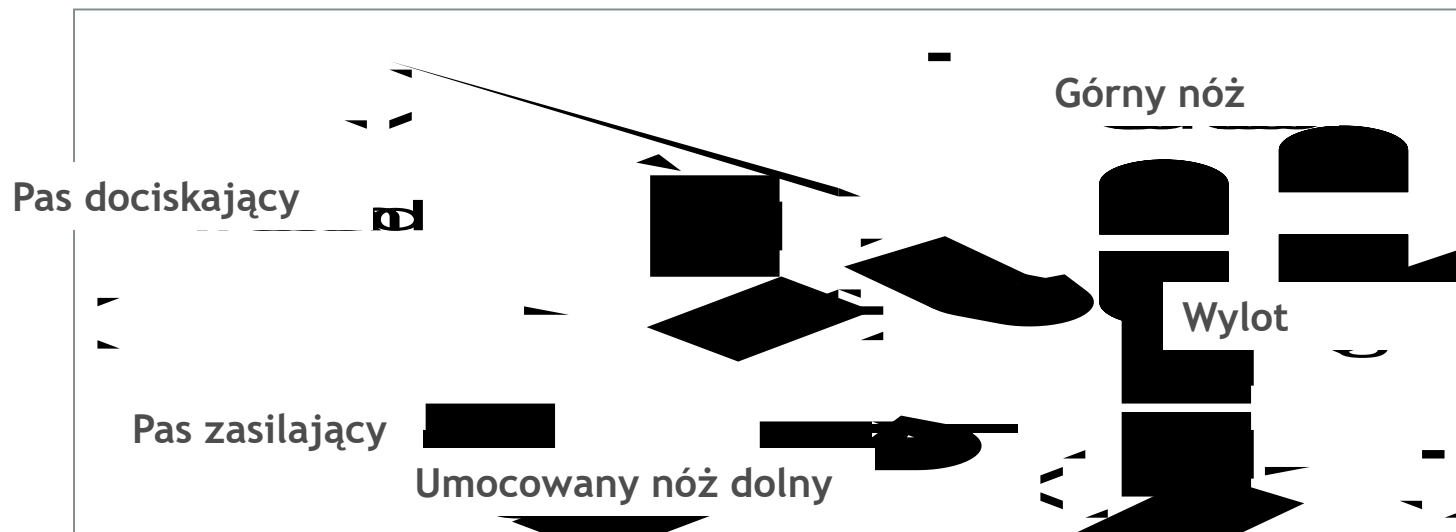
PRZETWARZANIE ODPADÓW TEKSTYLNÝCH - PROCES ROZDZIERANIA



Maszyna do cięcia

Pierwszy etap:
Ciecie odpadów na
kawałki

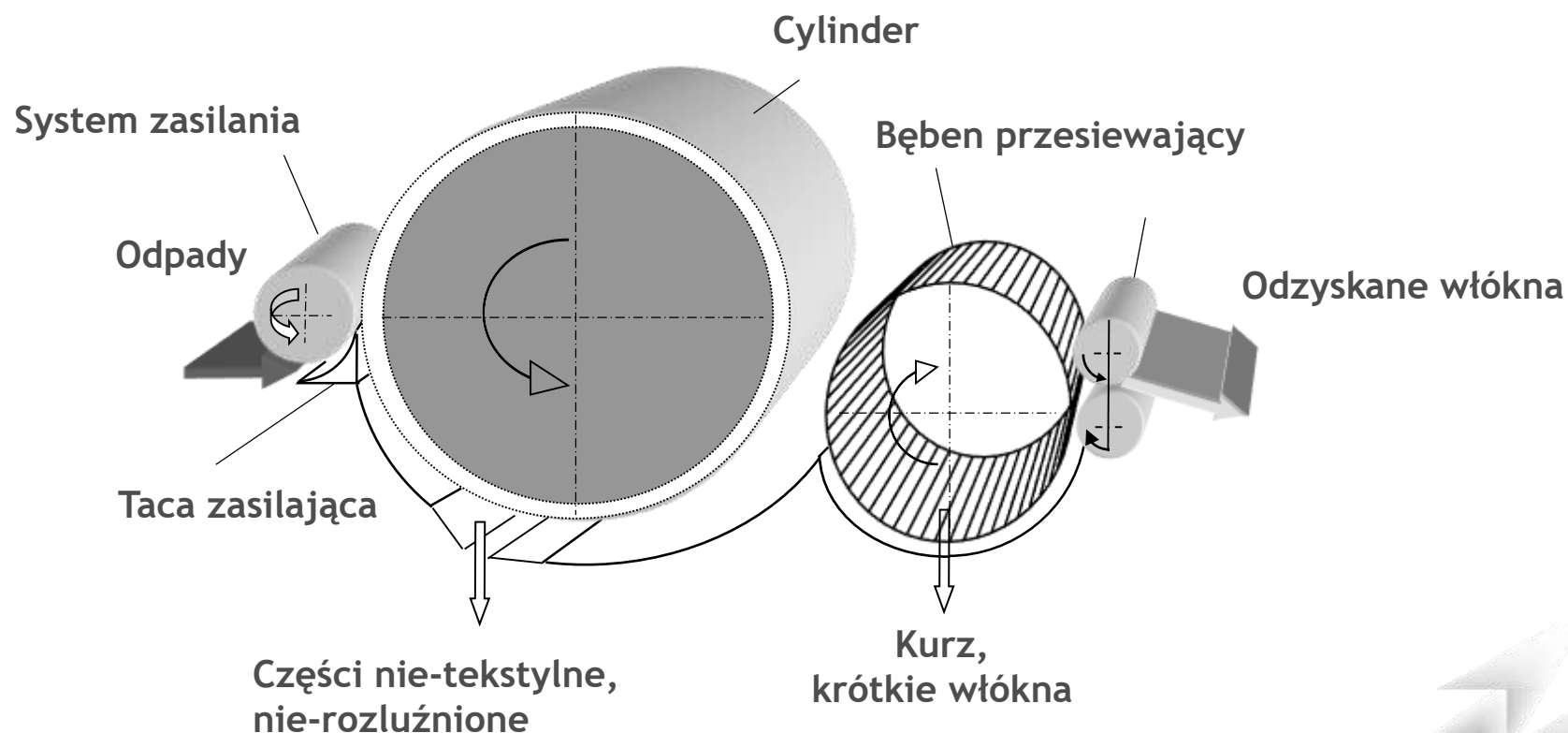
Zasada gilotyny



PRZETWARZANIE ODPADÓW TEKSTYLNICH - PROCES ROZDZIERANIA

Drugi etap:

Przetwarzanie odpadów tekstylnych na włókna



PRZETWARZANIE ODPADÓW TEKSTYLNICH - PROCES ROZDZIERANIA

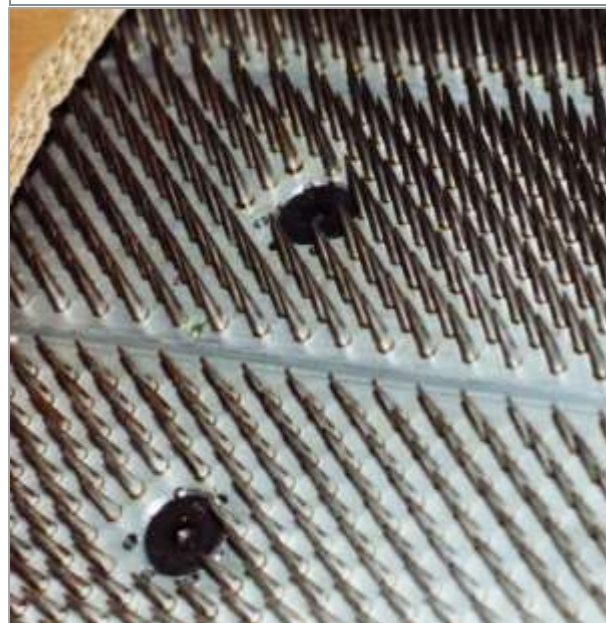
Drugi etap:

Przetwarzanie odpadów tekstylnych na włókna



Szarparka laboratoryjna

Igły cylindra szarpiącego



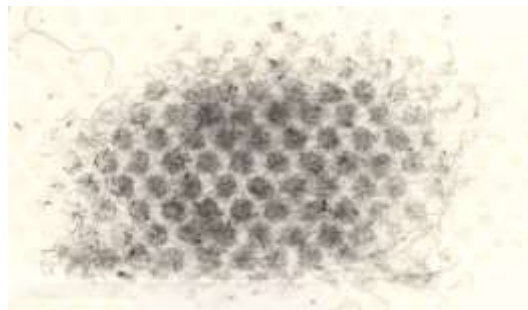
(Source: STFI)



PRZETWARZANIE ODPADÓW TEKSTYLNICH - PROCES ROZDZIERANIA - WYNIKI



Resztek włókien



Kurzu, krótkich włókien

Odzyskane włókna są mieszanką:



Nitek



Nie-rozluźnionych części



Włókien o różnej długości

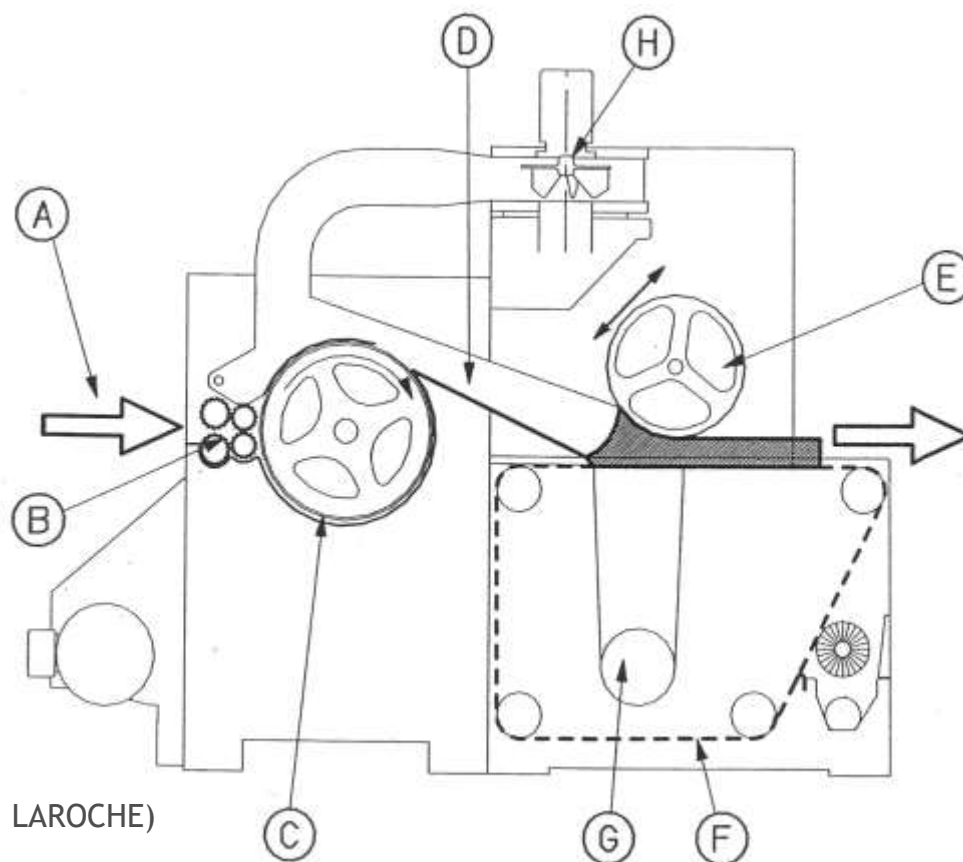
(Source: STFI)



PRZETWARZANIE ODPADÓW TEKSTYLNYCH - ODZYSKANE WŁÓKNA

Wykorzystanie odzyskanych włókien	Wymagana jakość włókien				
	Typ polimeru	Grubość	Wytrzy- małość	Długość	Kolor
Wzmocnienie (Beton)	X		X	X	
Ochrona przed erozją	X				X
Geotekstylia	X	X	X	X	
Tapicerka	X	X (karbikowane)		X	
Ścierki	X	X		X	

Chaotyczny układ runa - zasada tworzenia (Laroche/F)



(Source: LAROCHE)

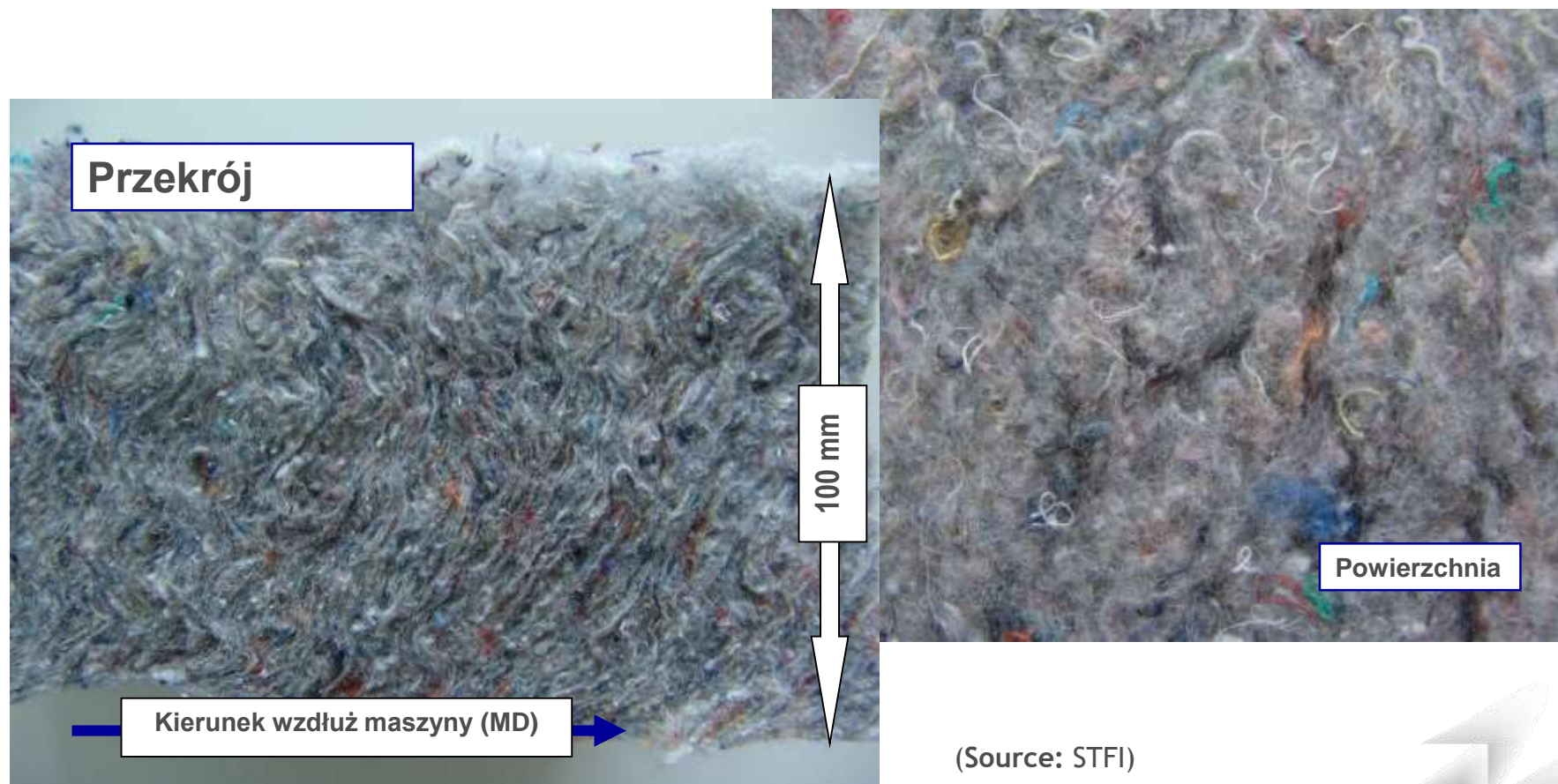
- A Włókna - puch
- B Zasilanie/dostawa
- C Wałek rozluźniający
- D Kanał powietrzny
- E Wałek dociskowy
- F Przenośnik sitowy
- G Zasysanie
- H Dodatkowy wlot powietrza

LAROCHE

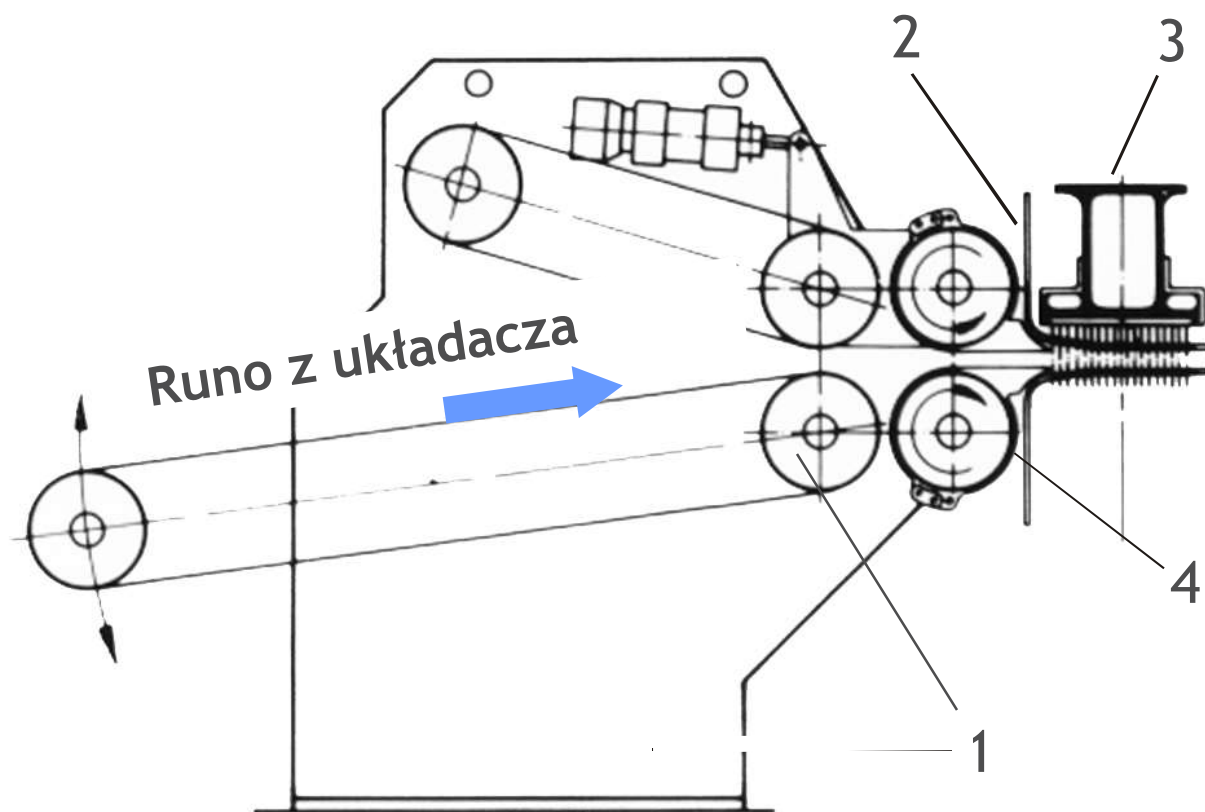


PRZETWARZANIE ODPADÓW TEKSTYLNICH - OBRÓBKA ODZYSKANYCH WŁÓKIEN

Włóknina z chaotycznym układem runa - po wiązaniu termicznym



Tworzenie runa metodą igłowania (zasada)



1 System zasilania

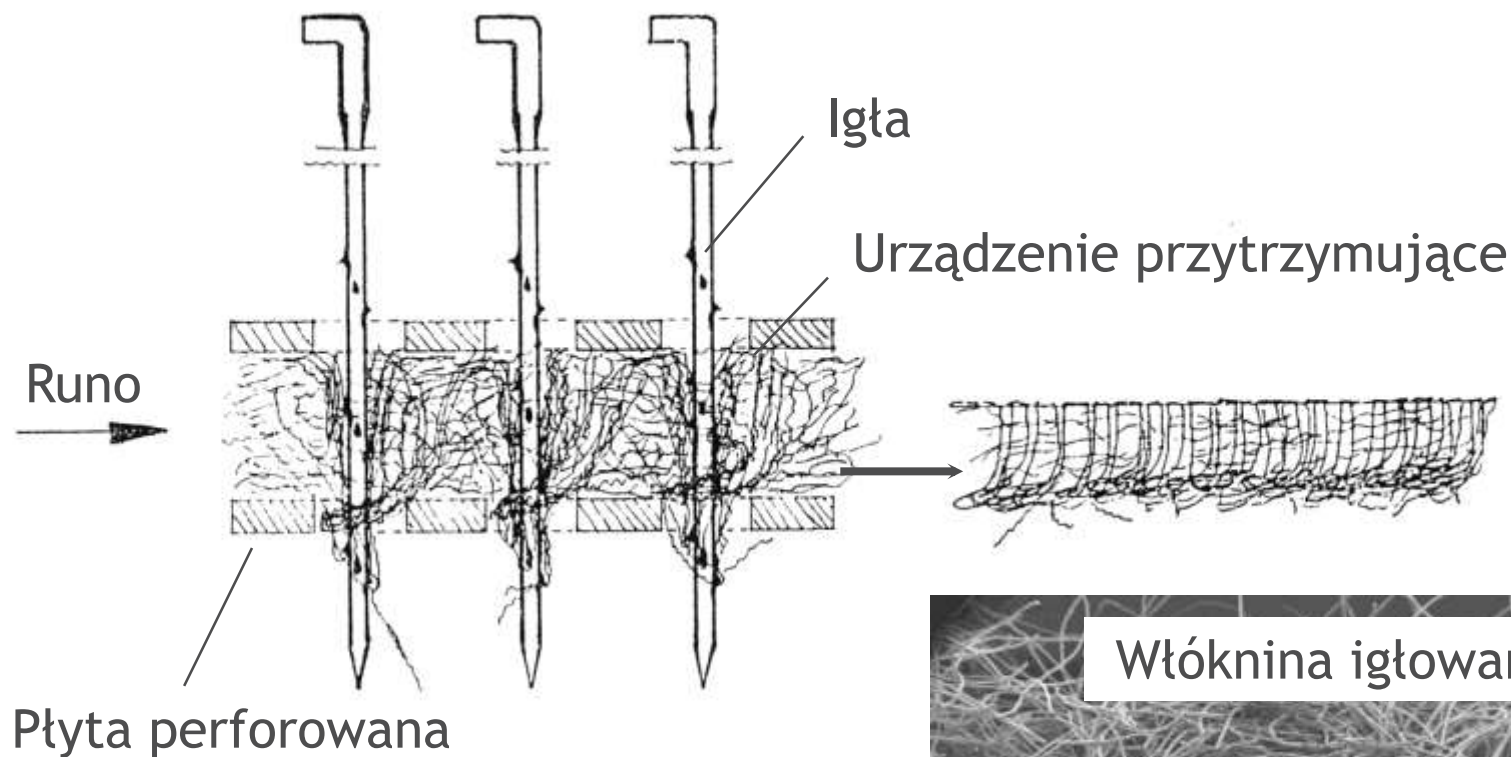
2 Urządzenie przytrzymujące

3 Deska igłująca

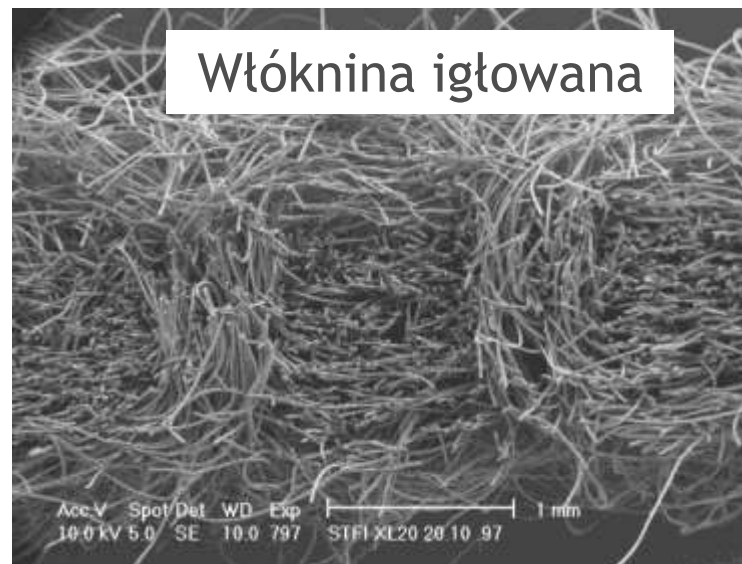
4 Płyta perforowana



PRZETWARZANIE ODPADÓW TEKSTYLNICH - OBRÓBKA ODZYSKANYCH WŁÓKIEN



Igłowanie
Włókno - kierunek i splątanie



(Source: STFI)



PRZETWARZANIE ODPADÓW TEKSTYLNICH - MASZYNY DO MECHANICZNEGO RECYKLINGU (PRZYKŁADY)

- Dostępna jest nowoczesna technologia/sprzęt do przetwarzania prawie wszystkich rodzajów odpadów tekstylnych
- Konceptcje linii produkcyjnych wyspecjalizowanych pod względem ilości lub produktu
- Chaotyczne/nieuporządkowane tworzenie runa jako opłacalna technologia/koncepcja przetwarzania
- Proces igłowania - inna metoda tworzenia run/włóknin
- Maszyny produkowane w Europie są dostępne dla światowego rynku



PRZETWARZANIE ODPADÓW TEKSTYLNICH - MASZyny DO MECHANICZNEGO RECYKLINGU (PRZYKŁADY)

Cięcie odpadów tekstylnych



Linia do cięcia „ROBOT“

- do 8000 kg/h
- długość cięcia: 6 mm do 160 mm



(Source: PIERRET)

PIERRET INDUSTRIES S.P.R.L., Corbion/Belgium



PRZETWARZANIE ODPADÓW TEKSTYLNICH - MASZyny DO MECHANICZNEGO RECYKLINGU (PRZYKŁADY)

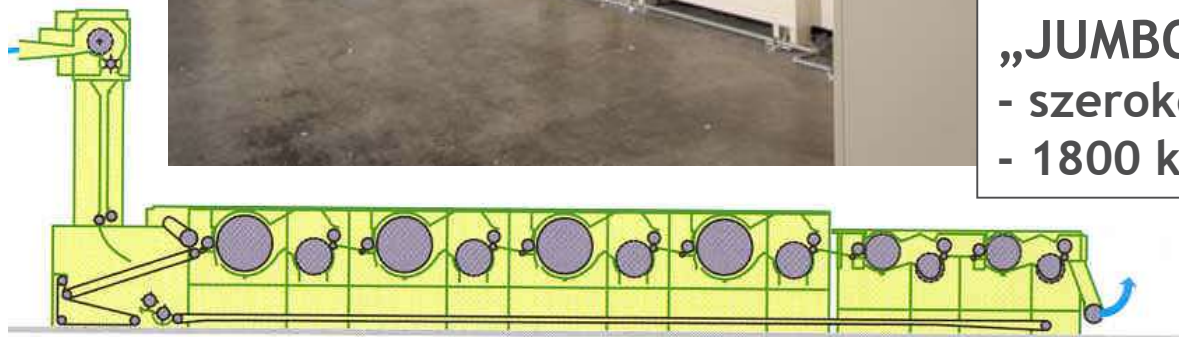


**Linia do rozdzielania
- przetwarzanie
odpadów
produkcyjnych**

(Source: LAROCHE)

**Linia do rozdzielania
„JUMBO + EXEL“
- szerokość robocza: 2000 mm
- 1800 kg/h**

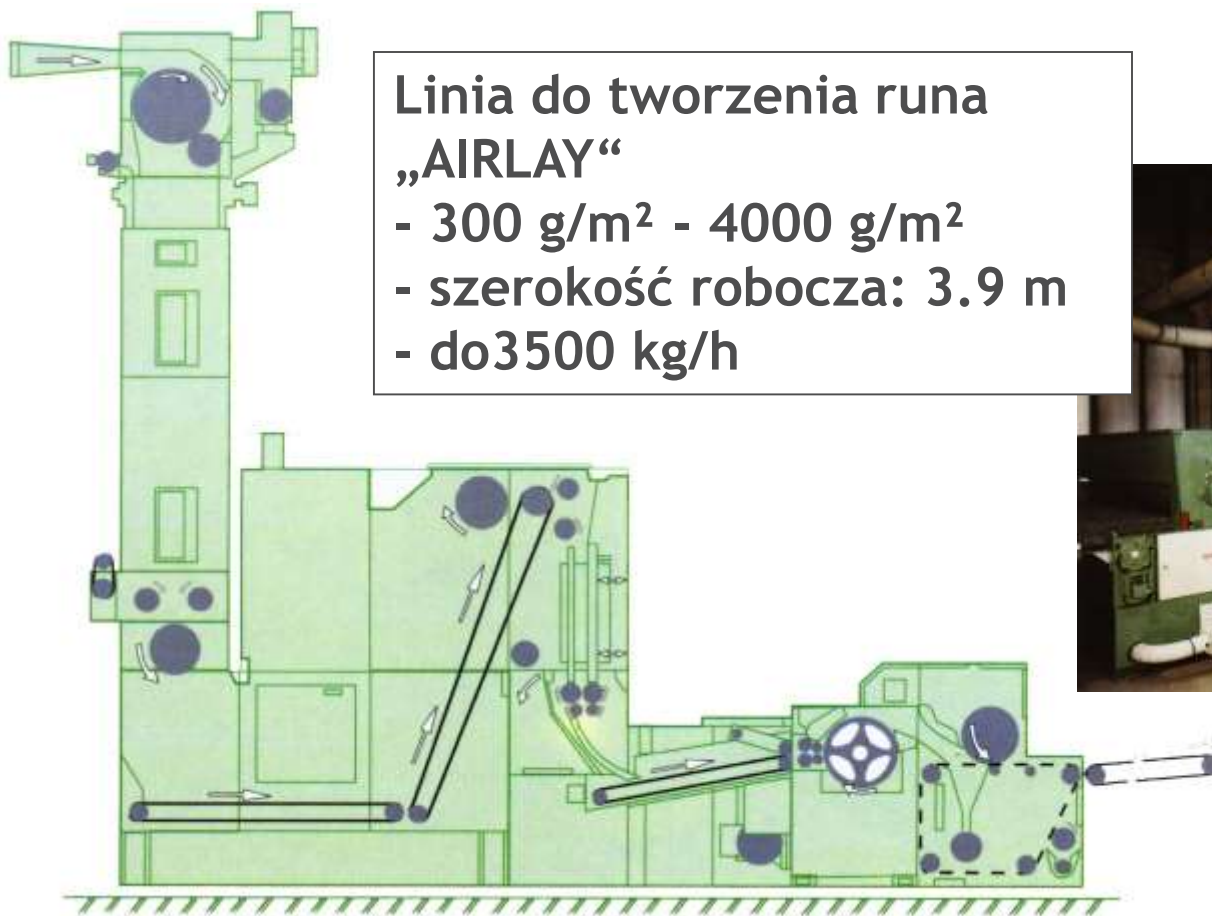
LAROCHE



LAROCHE S.A., Cours La Ville/France

TAKING COOPERATION FORWARD





Linia do tworzenia runa „AIRLAY“

- 300 g/m² - 4000 g/m²
- szerokość robocza: 3.9 m
- do 3500 kg/h

Przetwarzanie
odzyskanych włókien



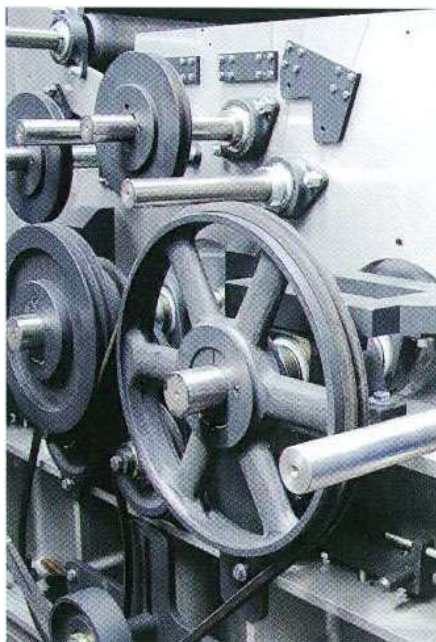
LAROCHE

(Source: LAROCHE)

LAROCHE S.A., Cours La Ville/France



PRZETWARZANIE ODPADÓW TEKSTYLNÝCH - MASZYNÝ DO MECHANICZNEGO RECYKLINGU (PRZYKŁADY)



(Source: STFI)

DILGROUP
FOR NONWOVENS TECHNOLOGIES

(Source: DILO)



Tworzenie runa
metodą igłowania



Przetwarzanie

- Fizyczny recykling jest możliwy dla materiałów termoplastycznych, a odpady są ponownie granulowane i mogą być ponownie wykorzystane jako surowiec.
- Wytłaczanie poliolefin, poliestru i innych w postaci różnych produktów z tworzyw sztucznych i materiałów tekstylnych to procesy, które obejmują topienie, rozdrabnianie lub granulowanie odpadów termoplastycznych.
- Podstawowym kryterium tego mechanicznego recyklingu (przetwarzania w stanie stopionym) jest czystość produktu końcowego. Dlatego odpady muszą być sortowane przed recyklingiem.
- Sortowanie tworzyw sztucznych może odbywać się ręcznie lub maszynowo, w zależności od koloru i struktury chemicznej tworzyw sztucznych. Obecnie stosuje się głównie sortowanie automatyczne.
- Po sortowaniu odpady termoplastyczne są stapiane bezpośrednio i formowane w nowy kształt lub stapiane po rozdrobnieniu na płatki, a następnie przetworzone w regranulaty.



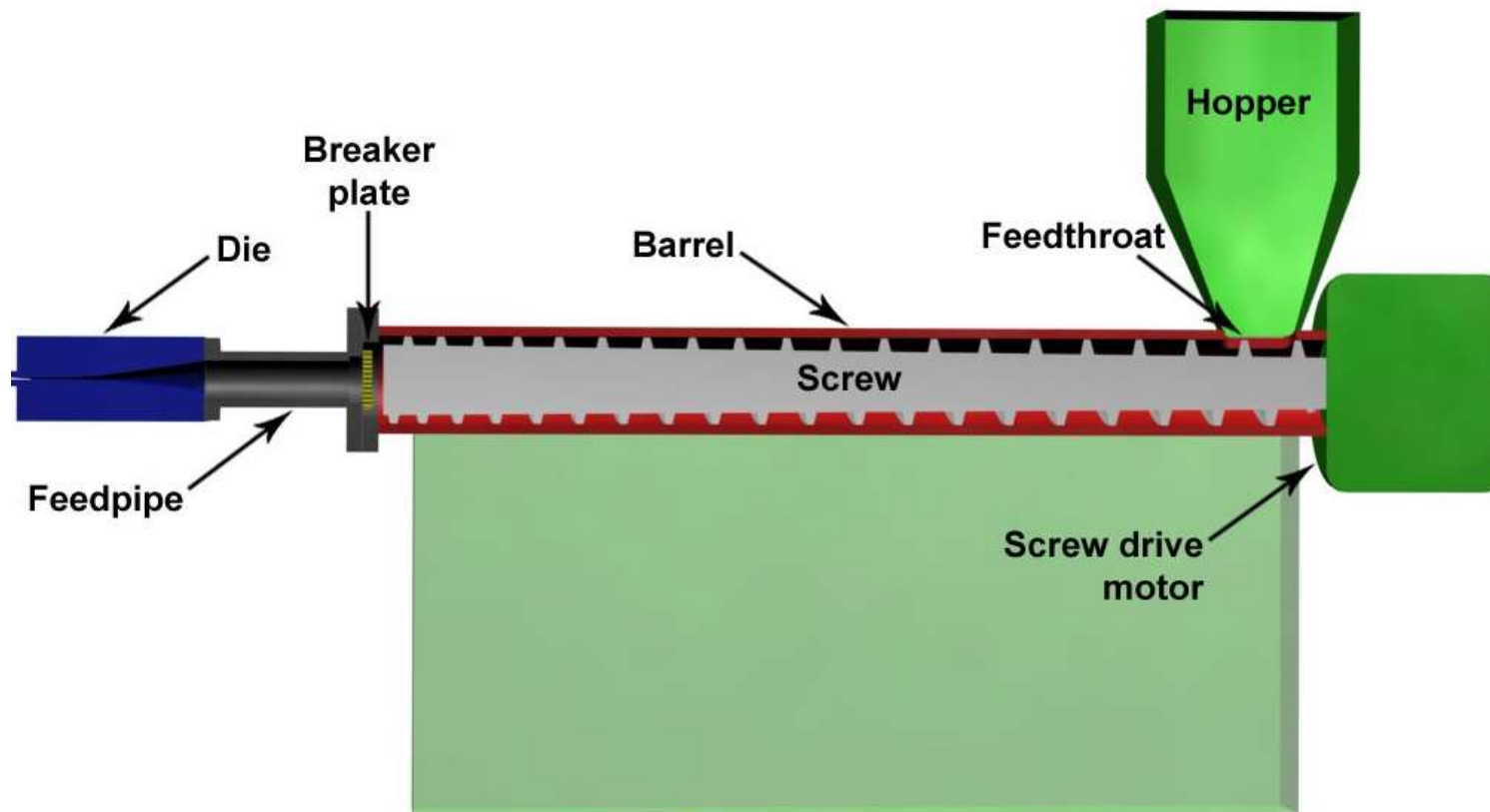
PRZETWARZANIE ODPADÓW TEKSTYLNICH - RECYKLING FIZYCZNY - WYTŁACZANIE

Materiał przetworzony

- Głównym problemem w fizycznym recyklingu (ponownym stapianiu) materiału termoplastycznego jest to, że ponowne przetwarzanie oddziałuje termicznie na materiał, powodując zmianę/redukcję jego właściwości i utrudnia ponowne użycie do tego samego zastosowania.
- Wpływem procesów recyklingu na właściwości fizyczne, mechaniczne i degradacyjne mogą być: zmniejszone właściwości rozciągania, zmienione właściwości termiczne, światłoczułość lub gorsza degradacja.



PRZETWARZANIE ODPADÓW TEKSTYLNICH - RECYKLING FIZYCZNY - WYTŁACZANIE



Proces wytłaczania (Source: Wikipedia)



Przetwarzanie

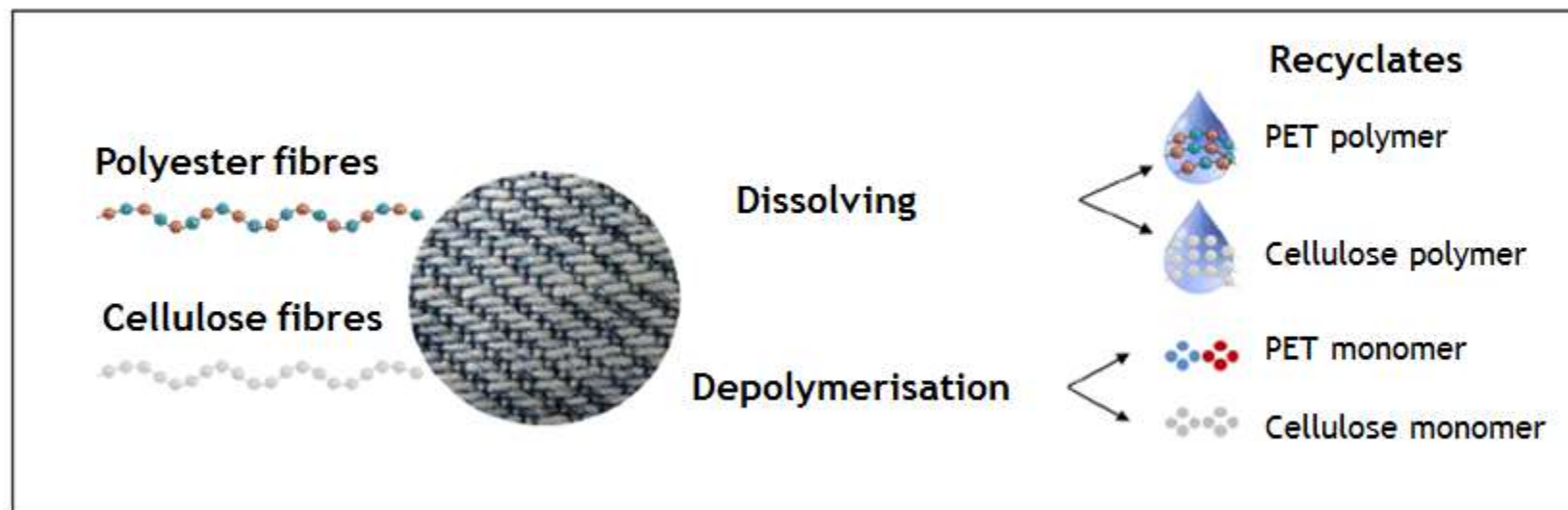
- Recykling chemiczny to wytwarzanie produktów chemicznych z odpadowych materiałów polimerowych w sposób opłacalny i wykonalny.
- Obejmuje depolimeryzację do monomerów o poziomie czystości odpowiednim do ponownej polimeryzacji materiału, ale także rozpuszczenie w odpowiednich rozpuszczalnikach przy zachowaniu charakteru polimeru.
- Inne metody recyklingu chemicznego to piroliza (depolimeryzacja za pomocą wybranych parametrów, zastosowanie katalizatorów i ciepła) lub ukierunkowane procesy depolimeryzacji (takie jak hydroliza, alkoholiza, amonoliza).

Materiał przetworzony

- Do recyklingu chemicznego nadają się polimery z celulozy, poliestru, poliamidu, poliuretanu. Recykling chemiczny można zastosować do recyklingu zmieszanych lub niez mieszanych syntetycznych odpadów tekstylnych, a uzyskane produkty można łatwo przywrócić do cyklu produkcyjnego.



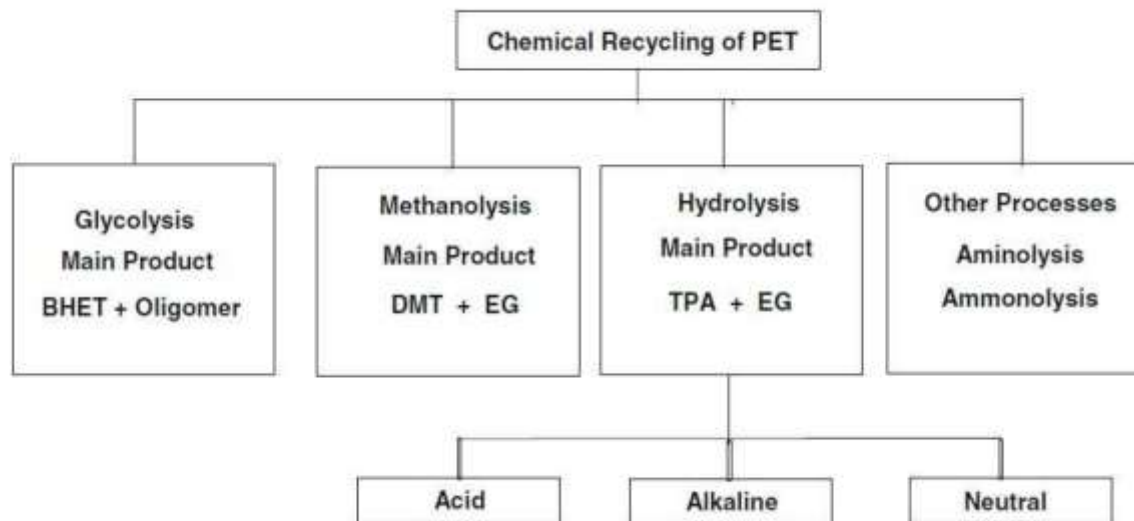
PRZETWARZANIE ODPADÓW TEKSTYLNICH - RECYKLING CHEMICZNY



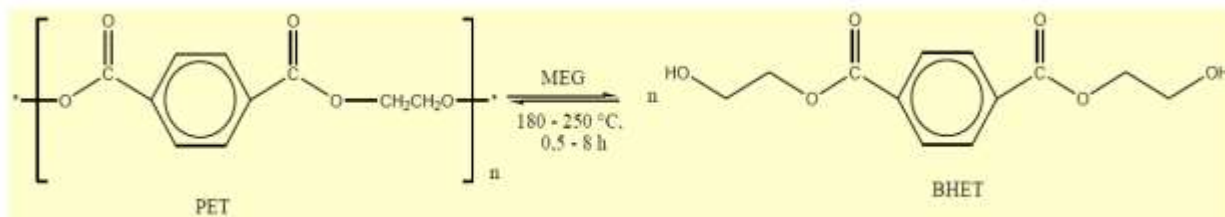
Źródło: Paper „Aktueller Stand der Technik zum Chemischen Recycling von Chemiefasern“, Fachtagung des Innovationsforums „TexCycle“ - Chemnitz (DE), 13 March 2019



PRZETWARZANIE ODPADÓW TEKSTYLNICH - RECYKLING CHEMICZNY



Example: Glycolysis of PET



Źródło: Paper „Aktueller Stand der Technik zum Chemischen Recycling von Chemiefasern“, Fachtagung des Innovationsforums „TexCycle“ -Chemnitz (DE), 13 March 2019



RECYKLING ODPADÓW SPECJALNYCH - WŁÓKNA WĘGLOWE

- Przygotowanie suchych odpadów z włókna węglowego jest technicznie sprawdzone i ekonomicznie przydatne.
- Włókna z recyklingu są przetwarzane mechanicznie tworząc włókniny (zgrzeblenie lub chaotyczny układ runa) przy użyciu odzyskanych 100% włókien węglowych lub w mieszankach z innymi włóknami.
- Włókniny z włókna węglowego są odpowiednie do lekkich konstrukcji.



Źródło: STFI



Sorting categories of carbon fibre waste

„dry“ waste
(without
matrix)



Roving bobbins



Loose fibre bundles



Scrap of semi-finished pr.

„wet“ waste
(matrix not
cured)



Prepreg bobbins



Prepregrolled goods



Prepregscrap

„cross-linked“
waste
(matrix
cured)



Production rejects



End-of-life waste



RECYKLING ODPADÓW SPECJALNYCH - WŁÓKNA WĘGLOWE

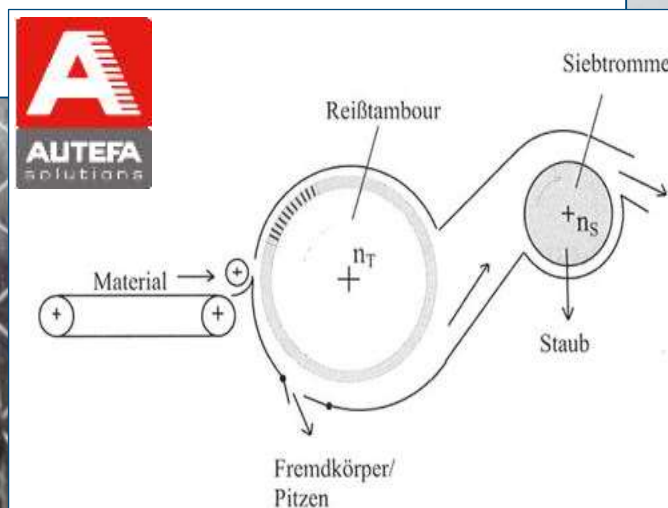
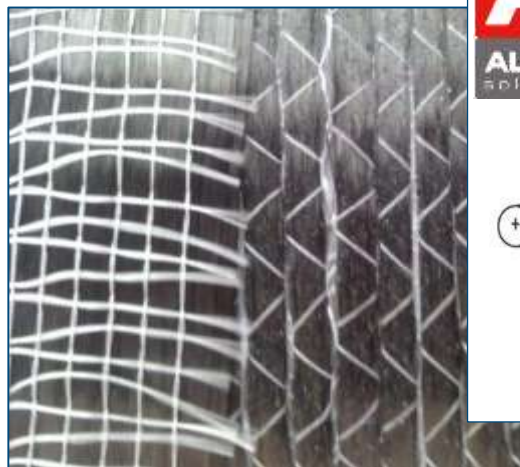


Źródło: STFI



Etap obróbki wstępnej - rozzieranie

- Otrzymanie średniej długości włókna w zakresie 50-80 mm po procesie cięcia
- Rozwój technologiczny w celu przejścia na skalę przemysłową przy współpracy ze specjalistami inżynierii mechanicznej
- Wydajność w ekonomicznie korzystnym zakresie od 120 kg/h do 200 kg/h



Źródło: STFI



RECYKLING ODPADÓW SPECJALNYCH - WŁÓKNA WĘGLOWE

Etapy produkcji włókniny



Rozluźnianie włókna



Łączenie



Tworzenie runa

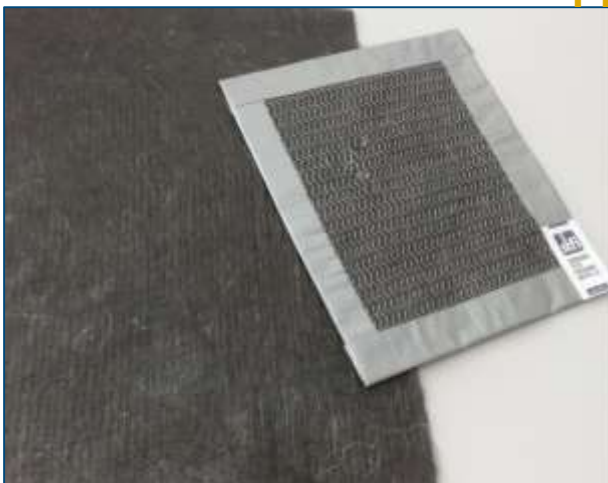
Źródło: STFI



RECYKLING ODPADÓW SPECJALNYCH - WŁÓKNA WĘGLOWE



Produkty z recyklowanych włókien węglowych



Istnieją trzy opcje dotyczące gospodarowania odpadami zużytych tekstyliów i znoszonej odzieży.

1. Stają się częścią odpadów mieszkalnych/komunalnych i są gromadzone w pojemnikach na odpady. Nie są sortowane. Są zmieszane z innymi odpadami komunalnymi. To sprawia, że odpady te są całkowicie nieprzydatne do dalszego użycia. Co więcej, odpad taki jest spalany (eksploatacja energetyczna) lub składowany na wysypiskach śmieci.

2. Większe ilości są **zbierane i obsługiwane przez centra recyklingu** prowadzone przez gminy/administracje miast lub regionów. Dla zarejestrowanych obywateli jest to bezpłatne, firmy muszą uiścić określoną opłatę. Część zużytych tekstyliów jest następnie sprzedawana firmom sortującym w celu dalszego przetwarzania. Pozostała część trafia ostatecznie do spalarni lub składowisk odpadów tak jak opady komunalne.



3. Dalsza zbiórka zużytych tekstyliów i znoszonej odzieży jest organizowana przez **prywatne firmy lub organizacje charytatywne**, takie jak Czerwony Krzyż lub Worker's Samaritan Organization. Zbiórka odzieży odbywa się za pomocą publicznie dostępnych pojemników umieszczonych w miejscach łatwo dostępnych dla wielu osób, na przykład w pobliżu centrów handlowych. Zebrane ubrania, tekstylia (tekstylia domowe, pościel) i buty są następnie sortowane według kryteriów jakości i dystrybuowane za pośrednictwem sklepu odzieżowego (bez pieniędzy) lub sklepów z odzieżą używaną poprzez sprzedaż w celu finansowania projektów charytatywnych i społecznych. Ponadto są one transportowane do krajów trzeciego świata a część, która nie nadaje się do użytku jest usuwana - wysypiska śmieci.



Przemysłowe sortowanie używanej odzieży w zakładzie SOEX Recycling Germany GmbH, Bitterfeld-Wolfen (Niemcy) Sortownia o wysokim standardzie, sortowanie według 400 kryteriów

- Kontrola materiału
- Wstępne sortowanie pod kątem typu odzieży
- Sortowanie według jakości i typu materiału
- Przepustowość: 300 ton/dzień

Podział:

15 % rozdzieranie w celu pozyskania
włókien

70 % ponowne użycie(szmaty, odzież)

15 % odrzucone

www.soex.de

Źródło: STFI at SOEX



SOEX Recycling Germany GmbH, Bitterfeld-Wolfen (Niemcy) Produkcja na dużą skalę - odzyskiwanie włókien z użytej odzieży



- Linia do rozdzierania -1.90m szerokość robocza, siedem wałów
- Automatyczne oddzielanie części nie-tekstylnych
- Producent maszyny: Dell'Orco & Villani/Włochy
- Wydajność : 1500 do 2000 kg/h, 24 h/dzień, 46 ton/dzień



- Trwają zmiany strukturalne w międzynarodowych, krajowych i regionalnych sektorach tekstylno-odzieżowych - **przejsie od produkcji klasycznej do produkcji tekstyliów technicznych.**
- Co więcej, odpady tekstylne zmieniają się pod względem rodzajów **surowców** (takich jak włókna wysoko-skuteczne), **składu** wyrobu włókienniczego, **jakości powierzchni** (powłoki funkcjonalne), zastosowania **części elektronicznych** w tzw. inteligentnych tekstyliach, itp.
- **Rozwiązania technologiczne** do przetwarzania konwencjonalnych odpadów tekstylnych są wystarczająco dostępne i zgodne z **aktualnym stanem techniki.**
- **Potrzebne są nowe metody/podejścia** do obróbki nowych materiałów.
- Nowe materiały prowadzą do dużej różnorodności odpadów w niewielkich ilościach. Ważne jest **ukierunkowanie strumieni odpadów** i stworzenie **sieci zarządzania odpadami** na poziomie międzyregionalnym (na przykład za pośrednictwem bazy danych).





Dr inż. Anetta Walawska / Dr inż. Edyta Sulak
Łukasiewicz - Instytut Włókiennictwa



<http://www.iw.lodz.pl>
<https://www.interreg-central.eu/Content.Node/3.html>



awalawska@iw.lodz.pl
esulak@iw.lodz.pl



CONTACT INFO



Romy Naumann & Dr. Anna Große
Saxon Textile Research Institute (DE)



<http://www.stfi.de>
<https://www.interreg-central.eu/Content.Node/3.html>



romy.naumann@stfi.de
anna.grosse@stfi.de

