



**PRZEWODNIK:**

**ĘKO-PROJEKTOWANIE POD KĄTEM RECYKLINGU:  
KRYTERIA ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU**

**GRUDZIEŃ 2014**

---

## Ocena zrównoważonego rozwoju

### Treść

|   |    |
|---|----|
| 1. Wstęp.....   | 2  |
| 2. Definicje .....                                    | 3  |
| 3. Ocena zrównoważonego rozwoju : aspekt ogólny ..... | 4  |
| 4. Ocena wpływu recyklingu produktów z papieru .....  | 7  |
| 4.1 Graficzne produkty z papieru: .....               | 8  |
| 4.2 Produkty opakowaniowe z papieru:.....             | 9  |
| Kalkulator zrównoważonego rozwoju.....                | 11 |

---

## 1. Wstęp

Celem tego przewodnika jest przedstawienie w jaki sposób pojęcie zrównoważonego rozwoju rozumiane jest w kontekście cyklu życia produktów z papieru takich jak produkty graficzne i opakowania. Najważniejszym zagadnieniem omawianym w przewodniku jest zrównoważony rozwój w kontekście końca cyklu życia produktów z papieru, szczególnie dotyczący przygotowywania masy do procesu recyklingu.

Przewodnik podzielony jest na następujące części:

Definicje – w której wyjaśnione są pojęcia recyklingu, zrównoważonego rozwoju oraz cyklu życia i pojęć z nim związanych,

Ocena zrównoważonego rozwoju – wprowadzenie do zrównoważonego rozwoju, cyklu życia, oceny wpływów i interpretacji tych pojęć w kontekście produktów z papieru.

Ocena wpływu recyklingu produktów z papieru – opis istotnych parametrów zależnych od testów laboratoryjnych produktów graficznych i opakowaniowych z papieru oraz wpływów środowiskowych do obliczania końcowej fazy cyklu życia w procesie LCA.

Kalkulator zrównoważonego rozwoju – opis sieciowego narzędzia przekładającego parametry poziomów recyklingu na konkretne emisje środowiskowe i wynik carbon footprint.

## 2. Definicje

**Wpływ środowiskowy** Fehler! Textmarke nicht definiert. – każda zmiana w środowisku, pozytywna lub negatywna, wynikająca pośrednio lub bezpośrednio z działalności firmy, produktów lub usług.

**Odbarwialność** - Usuwanie farby i/lub tonera z wyrobów zadrukowanych w dużym stopniu zależy od wyniku procesu odbarwiania. Powinno to przywrócić wysoki poziom właściwości optycznych wyrobów niezadrukowanych.

**Możliwość recyklingu** – Projektowanie, produkcja i przetwarzanie wyrobów z papieru i tektury z myślą o jakościowym recyklingu włókien i minerałów.

**Parametry recyklingu** – Parametry testowe mierzone metodą laboratoryjną do oceny odbarwialności/możliwości recyklingu wyrobów z papieru.

**Jednostka procesowa** Fehler! Textmarke nicht definiert. – najmniejsza **portion of product system** do której zbierane są dane podczas wykonywania oceny cyklu życia

**System produktu** Fehler! Textmarke nicht definiert. – collection of materialy and energetically unit processes which perform one or more defined functions

**Cykl życia** Fehler! Textmarke nicht definiert. – consecutive and interlinked stages of a product system, from raw material acquisition or generation of natural resources to the final disposal

**Ocena Cyklu Życia** Fehler! Textmarke nicht definiert. – zbiór i ocena udziału, wyników pracy oraz potencjalnych wpływów środowiskowych systemu produktu w całym cyklu życia

**Ocena wpływu cyklu życia LCIA** Fehler! Textmarke nicht definiert. – etap cyklu życia dedykowany zrozumieniu i ocenie wielkości oraz wagi potencjalnych wpływów środowiskowych systemu produktu

**Kategoria wpływu** – dotyczy kwestii problematycznych z punktu widzenia środowiska do których można przypisać wyniki badań LCA

**Carbon Footprint** – ilość gazów cieplarnianych, w szczególności dwutlenku węgla, emitowanych przez coś (ludzkie działanie, wyrób produktu, transport) podczas konkretnego okresu.

**Zrównoważony rozwój** – Rozważne wykorzystywanie surowców naturalnych z myślą o przyszłych pokoleniach – innymi słowy, dbanie o to, żeby obecny rozwój nie zagrażał możliwości rozwoju przyszłych generacji. Zrównoważony rozwój zawiera w sobie trzy elementy – ekonomiczny, społeczny oraz środowiskowy, które należy rozpatrywać na tym samym poziomie. Strategia zrównoważonego rozwoju, wdrożona w 2001 i poprawiona w 2005, uzupełniona jest między innymi o zasadę integracji ochrony środowiska z europejską polityką wpływania na środowisko.

### 3. Ocena zrównoważonego rozwoju : aspekt ogólny

Działania organizacji ekologicznych, większa świadomość społeczna, zastrzeżenie przepisów prawnych oraz rozwój wiedzy o wpływie produktów na środowisko doprowadziły do utworzenia szeregu metod oceny wpływu usług i produktów na środowisko. Przykładem takiej pomyślnie wdrożonej metody jest Ocena Cyklu Życia (LCA).

LCA umożliwia śledzenie przebiegu cyklu życia produktu od wytworzenia aż do momentu odzysku lub składowania jako odpadu i jest naturalnym przedłużeniem zarówno strategii zarządzania odpadami jak i systemów zarządzania środowiskiem.

Metodologia LCA może służyć do oceny produktów, wybranych procesów produkcji, usług, systemów zarządzania w firmach a także do oceny ekonomii jako takiej. LCA umożliwia ocenę aspektów i wpływów środowiskowych wynikających ze wszystkich etapów cyklu życia, w tym:

- Pozyskiwanie i przetwarzanie surowców naturalnych
- Produkcja
- Dystrybucja
- Transport
- Użytkowanie
- Ponowne użytkowanie
- Recykling lub inne sposoby odzysku
- Gospodarowanie odpadami

*Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna (ISO)* definiuje LCA jako technikę identyfikacji aspektów środowiskowych i potencjalnych wpływów powiązanych z oceną produktu. LCA, według ISO powinno zawierać następujące cztery punkty:

- Identyfikacja celu i zakres badania
- Spis wkładu i wyników pracy systemu produktu
- Potencjalne wpływy środowiskowe związane z wkładem i wynikami pracy oceny systemu
- Interpretacja wyników

LCA odnosi się do złożonych interakcji pomiędzy produktem a środowiskiem. Główne kategorie wpływów środowiskowych wymagają brania pod uwagę ludzkiego zdrowia, wykorzystania zasobów naturalnych oraz jakości ekosystemu.

Metoda LCA umożliwia określenie metodologii efektywnego zarządzania surowcami w zarówno środowiskowym jak i ekonomicznym aspekcie. Z tego powodu jest ważnym narzędziem w kształtowaniu rozwiązań zmniejszających konsumpcję zasobów naturalnych i energii pozostając wystarczającym dostawcą dóbr i usług. Ponadto, LCA służy ocenie wpływów środowiskowych we współczesnych procesach technologicznych oraz modelowych i istniejących procesach alternatywnych.

Zakres informacji jakie można ocenić za pomocą LCA wciąż się poszerza. Daje to możliwość poszerzenia metody na nowe produkty oraz obszary aplikacji. Zwiększenie ilości informacji pozwoli również na większą dokładność metody LCA. Kolejną zaletą LCA jest możliwość wprowadzenia optymalnych rozwiązań środowiskowych oraz eliminacja procesów niekorzystnych pod kątem zrównoważonego rozwoju. Potencjalny obszar przyszłego rozwoju metodologii LCA polega na połączeniu z innymi metodami zarządzania środowiskiem. Większość narzędzi do zarządzania środowiskiem pomija wiele pośrednich aspektów środowiskowych, które mogą uzupełniać LCA. Jeżeli LCA ma służyć jako narzędzie do oceny pośrednich i bezpośrednich procesów środowiskowych oraz potencjalnych wpływów w całym cyklu życia produktu to niezbędna jest proces klasyfikacji zebranych danych. Kolejna istotna kwestia dotyczy rozwoju metodologii dostępności danych. Zarówno metodologią jak i dane stają się coraz lepiej udokumentowane co dowodzi, że wraz z rozwojem norm ISO ustalonych o standardy LCA, przyszły rozwój metody LCA będzie jeszcze bardziej ustandaryzowany niż uprzednio<sup>1,2</sup>.

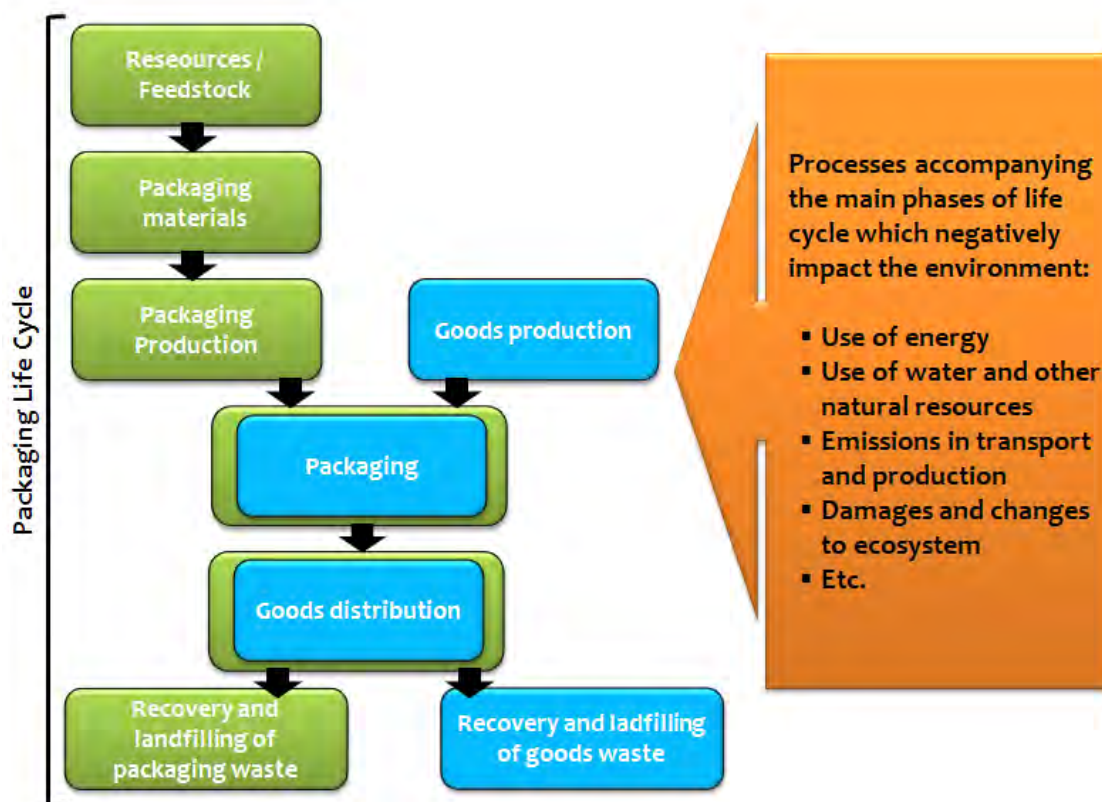
Każdy produkt w inny sposób wpływa na środowisko a cykl jego życia jest często długi i złożony. Z tego powodu ważna jest minimalizacja wpływów środowiskowych we wszystkich etapach cyklu życia produktu, szczególnie w tych w których wpływy są największe<sup>3</sup>. Komisja Europejska zainicjowała nie dawno inicjatywę *Single Market for Green Products*, której celem jest uproszczenie i standaryzacja komunikacji na płaszczyźnie ekologiczności. W wyniku tego powstały dwie metody oceny ekologiczności w cyklu życia: the Product Environmental Footprint (PEF) oraz the Organisation Environmental Footprint (OEF). LCA będzie głównym narzędziem pomiarowym stosowanym w tych dwóch nowych metodach. Rozkładając na czynniki pierwsze produkty opakowaniowe, cykl życia obejmuje produkcję surowców, produkcję materiałów opakowaniowych, produkcję opakowań, pakowanie/napełnianie, użytkowanie oraz różne scenariusze pozbycia się powstałych odpadów. Wykres 1 przedstawia typowy cykl życia opakowania:

---

<sup>1</sup> Rebitzer G. et al. „Life cycle assessment, Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications”, Environment International 30. 2004 pp. 701-720.

<sup>2</sup> Pennington D.W. et al., *Life cycle assessment Part 2: Current impact assessment practice*, Environment International 30. 2004 pp. 721-739.

<sup>3</sup> ISO 14040:2006 Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and framework



**Wykres 1:** Główne etapy cyklu życia na przykładzie opakowania z uwzględnieniem etapów na których opakowanie i zawartość należy traktować jako jedność.

Podobne podejście powinno obejmować graficzne produkty z papieru, biorąc pod uwagę wszystkie etapy procesu od produkcji surowców dla masy makulaturowej aż po scenariusze pozbycia się odpadów.

Zbiór danych dla LCA produktów papierowych powinien zgadzać się z normą ISO 14044<sup>4</sup>. Obejmuje on procedury zbiórki danych oraz obliczeń prowadzących do ustalenia ilości materiałów i energii wprowadzonych do procesów jednostkowych (wkład) i pozostałych po procesie (wynik pracy). Dane te mogą zawierać zużycie surowców oraz emisje do wody, powietrza i gleby.

Istotne kategorie wpływu dla cyklu życia produktów z papieru to te, które łączą się z procesami:

- Produkcji papieru
- Przetwarzania papieru
- Wykańczania papieru (zadrukowywania/lakierowania/tłoczenia, itd.)
- Końca cyklu życia – recykling papieru.

<sup>4</sup> ISO 14044:2006 Environmental management -- Life cycle assessment -- Requirements and guidelines

Przykładowo, stosując jedną z najpowszechniejszych metod kalkulacji (ReCiPe), trzy z 18 kategorii wpływów uznawane są za najbardziej istotne do analizy produktów graficznych i opakowaniowych z papieru:

- Rolna i miejska gospodarka gruntami (szczególnie dotyczy procesu produkcji papieru)

Obszar gruntów rolnych lub miejskich gospodarowanych przez określony czas. Jednostka:  $m^2 \cdot yr$ .

- Transformacja terenu naturalnego (szczególnie dotyczy procesu produkcji papieru)

Obszar terenu naturalnego przetransformowany i użytkowany przez określony czas. Jednostka:  $m^2 \cdot yr$ .

- Paliwa kopalne i zużycie minerałów (do wszystkich celów)

Wychodząc z założenia, że większość produktów z papieru nadaje się do recyklingu, bieżące wytyczne przykładają szczególną uwagę do parametrów wpływających na jakość nowych produktów oraz ich efekt na najistotniejsze kategorie wpływów wymienione powyżej. W procesie recyklingu papieru, przygotowanie masy makulaturowej jest w największym stopniu zależne od natury produktu poddawanego procesowi recyklingu. Z tego powodu najważniejszymi parametrami wpływa dla badań LCA są te powiązane z wykorzystaniem energii i produkcją odpadów. W przypadku produktów graficznych udział środków chemicznych jest również istotny z powodu zachodzących procesów odbarwiania.

## 4. Ocena wpływu recyklingu produktów z papieru

Eko-projektowanie i produkcja produktów z papieru wpływa na różne parametry procesu recyklingu masy makulaturowej i produkcję nowych produktów z papieru. Odmienne podejście do oceny recyklingu produktów z papieru zależy od celu i zakresu badania oraz od ocenianego systemu produktu. Jeżeli zakresem badania jest głównie ocena wpływów w różnych scenariuszach pozbycia się śmieci, np. recykling papieru a spalanie, oraz schodzenie z wyższej jakości pętli recyklingu do niższej – badanie powinno zakładać możliwy efekt odzysku materiału w podejściu bliskiej pętli. Tak zdarza się kiedy produkt lub fragment materiału produktowego może zostać poddany recyklingowi na końcu cyklu życia w tej samej pętli produkcji, produkując papier ter samej jakości co materiał wyjściowy. Ta opcja umożliwi redukcję ilości nowych surowców naturalnych potrzebnych do produkcji nowych produktów z ogólnym pozytywnym efektem w większości z kategorii wpływów w procesie LCA.

Te istotne zagadnienia zademonstrowane zostały podczas dwóch procesów LCA wykonanych w ramach projektu EcoPaperLoop. Jedno z badań dotyczyło gazet z wykorzystaniem różnych drukarskich rozwiązań. Drugie, papierowych toreb na zakupy o różnym składzie i rozwiązaniach projektowych. Jako przykład wybrano studium przypadku, ponieważ głównym celem było porównanie różnych efektywności różnych metod recyklingu i scenariuszy pozbycia się odpadów.

Najważniejszym dowodem badań, który należy uznać za ogólny symptom, jest fakt, że ze środowiskowego punktu widzenia ważne jest nie tylko to, że produkt z papieru jest przydatny do



---

recyklingu, ale że jest zdolny do recyklingu w tej samej pętli recyklingu. To pozwoli na obliczenie możliwych oszczędności w zużycia surowców naturalnych podobnej klasy.

Z drugiej strony, jeżeli celem LCA jest ocena różnych poziomów zdolności do recyklingu w pętli recyklingu podobnej jakości, np. produkty graficzne zdolne do recyklingu w pętli papieru graficznego ale z różnymi poziomami odbarwalności lub zdolności do recyklingu w tej samej pętli ale z różnymi wynikami, konieczne jest zapewnienie ilościowych relacji pomiędzy różnymi poziomami zdolności do recyklingu uzyskanymi z badań laboratoryjnych i zbliżonych wpływów środowiskowych służących do kalkulacji końcowej fazy cyklu życia w LCA. Ten innowacyjny aspekt został dokładnie zbadany w ramach projektu EcoPaperLoop i włączony do metodologii oceny wpływów. Założenie jest podobne jak w produktach graficznych i produktach z papieru chociaż w tym przypadku inne parametry recyklingu są brane pod uwagę a wpływ wywierany jest na inne parametry środowiskowe.

#### 4.1 Graficzne produkty z papieru:

Recykling produktów graficznych wykonuje się zazwyczaj posługując się alkalicznym procesem odbarwiania. Celem jest oddzielenie cząsteczek farby od masy makulaturowej co umożliwi ponowne użycie włókien przy produkcji nowego papieru graficznego o odpowiednich właściwościach optycznych. Wyniki procesu odbarwiania zależą od procesu produkcyjnego i rozwiązań projektowych zadrukowanego wyrobu, np. rodzaj papieru, użyte farby, technologia druku itd. Najważniejsze parametry odbarwiania brane pod uwagę przy ocenie środowiskowej to **Jaskrawość** oraz zawartość **Cętek** w odbarwionej masie makulaturowej. Parametry te można oceniać pod kątem indywidualnych produktów używając standardowej laboratoryjnej metody Ingede Method 11:2012<sup>5</sup>.

Wyżej wymienione parametry są najważniejszymi wskaźnikami jakości odbarwionej masy makulaturowej. W przypadku nie uzyskania satysfakcjonującej jakości, konieczne jest wykonanie dodatkowych zabiegów w procesie recyklingu, co jest jednoznaczne z podwyższeniem całkowitego wpływu środowiskowego procesu produkcji.

Biorąc pod uwagę standardowy zakład odbarwiania, przyjmuje się, że dodatkowe czynności są konieczne w celu uzyskania właściwej jakości odbarwionej masy makulaturowej jeśli Jaskrawość i/lub zawartość Cętek w odbarwionej masie nie mieści się w średnim dopuszczalnym zakresie. Odwrotnie, niektórych czynności można uniknąć jeżeli parametry są wyższe niż dopuszczalna średnia wyników.

Jeżeli jaskrawość testowanych produktów jest niższa niż średnia wartość dla jej kategorii, wtedy należy ją zwiększyć. Istnieją różne możliwości w zależności od specyfikacji danego zakładu odbarwiania ale na ogół zwiększa się dawkę substancji chemicznych → wysokie zużycie związków chemicznych.

---

<sup>5</sup> INGEDE Method 11 : 2012. Assessment of print product recyclability- Deinkability test.

W przypadku jaskrawości wyższej niż średnia wartość dla swojej kategorii, możliwa jest redukcja w procesie odbarwiania, np. uproszczenie pętli emisji → niższe zużycie energii.

W przypadku kiedy ilość cętek jest wyższa niż średnia wartość dla swojej kategorii, istnieje kilka sposobów obniżenia tej wartości w zależności od specyfiki danego zakładu odbarwiania ale ogólnie stosuje się poniższe rozwiązania:

- i) Zwiększenie energii podczas etapu rozproszenia → wysokie zużycie energii.
- ii) Dodatkowy etap rozproszenia → wysokie zużycie energii.

Najistotniejszymi wpływami na środowisko są te związane z użyciem substancji chemicznych oraz ze zużyciem energii elektrycznej co wpływa na wybrane kategorie wpływów w procesie LCA.

Ilościowe różnice w zużyciu prądu i substancji chemicznych w związku z jaskrawością i cętkami zostały zbadane w ramach projektu EcoPaperLoop i potwierdzone w badaniach LCA przy pomocy porównania różnych magazynów o odmiennych poziomach odbarwialności. Konkretnie wartości dla każdego parametru dostępne są w Załączniku 1: "Graphic paper products, recycling parameters and environmental emissions to be considered for the recycling scenario".

Uwierzytelniona metodologia może zostać włączona i stosowana do oceny wpływów procesu recyklingu w metodzie LCA.

#### **4.2 Produkty opakowaniowe z papieru:**

Produkcja opakowań z papieru do recyklingu zakłada przygotowywanie masy w wodzie bez pomocy chemicznych dodatków. Głównymi etapami są oddzielenie części z metalu i tworzyw sztucznych, klei oraz pozostałych niechcianych nie papierowych komponentów od masy makulaturowej. W ten sposób umożliwia się ponowne użycie włókien przy produkcji nowych papierowych opakowań dobrej jakości i o odpowiednich właściwościach mechanicznych.

Wyniki poziomu zdolności do recyklingu zależą od procesów produkcyjnych, rozwiązań projektowych takich jak rodzaj papieru, użycie tworzyw sztucznych, laminacja, pokrycie, aplikacja werniksu bądź wosku, użyte dodatki oraz ilość i rodzaj aplikacji kleistych.

Najważniejszymi z parametrów recyklingu wybranych do tego obszaru badań są odrzuty z procesu czyszczenia masy makulaturowej oraz zawartość makro zanieczyszczeń kleistych w masie po recyklingu. Parametry te mogą być poddane ocenie dla konkretnych produktów przy użyciu standardowej metody laboratoryjnej EcoPaperLoop Leaflet 1 : July 2014.<sup>6</sup>

Odrzuty i zawartość makro zanieczyszczeń kleistych są najważniejszymi wskaźnikami jakości masy makulaturowej po recyklingu. Jeżeli ich poziom jest zbyt wysoki potrzebne są dodatkowe działania

---

<sup>6</sup> EcoPaperLoop Leaflet : July 2014. Recyclability Test for Packaging Products.

w procesie recyklingu przez co produkuje się więcej odpadów co oznacza ogólny wyższy wpływ produktu na środowisko.

W oparciu o standardowy proces produkcji opakowań z papieru, przyjęto które z dodatkowych działań są niezbędne w przygotowywaniu masy gdy odrzuty/ zanieczyszczenia kleiste przewyższają swoją ilością dopuszczalne normy lub są poniżej tych norm.

Odrzuty: (i) Jeżeli ilość odrzutów jest wyższa niż średnia to dodatkowa masa odrzutów wliczana jest jako wyprodukowany odpad, (ii) Jeżeli ilość ta jest niższa od średniej, mała ilość odrzutu jest wliczana do odpadów recyklingowych.

Wysoki poziom zawartości makro zanieczyszczeń kleistych w masie makulaturowej jest determinowany poprzez zawartość dużej ilości nierozpuszczalnych cząstek kleju poniżej konkretnej wielkości, które są potencjalnie trudne do rozdzielania w standardowych jednostkach do dokładnego sortowania.

W celu zmniejszenia ilości makro zanieczyszczeń kleistych stosuje się kilka rozwiązań:

- i) Większy wysiłek włożony w proces sortowania → wyższe zużycie energii elektrycznej
- ii) Dodanie etapu rozproszenia → wyższe zużycie energii elektrycznej
- iii) Jeżeli zawartość makro zanieczyszczeń kleistych jest niższa niż średni poziom, możliwa jest redukcja poboru energii podczas procesu sortowania / rozproszenia → niższe zużycie energii elektrycznej

Najważniejszą kategorię wpływu na środowisko produktów opakowaniowych to te związane z produkcją odpadów i zużyciem energii elektrycznej co ma wpływ również na wybrane kategorie wpływu LCA.

Ilościowe różnice w wyrobie odpadów i zużyciu energii zostały opracowane w projekcie EcoPaperLoop oraz potwierdzone podczas badań LCA w badaniach dotyczących różnych typów tektury opakowaniowej o różnych stopniach zdolności do recyklingu. Określone wartości dla każdego z parametrów dostępne są w Załączniku 2 : "Packaging paper products, recycling parameters and environmental emissions to be considered for the recycling scenario".

Uwierzytelniona metodologia może być włączona do oceny wpływu procesów recyklingu w LCA.

---

## Kalkulator zrównoważonego rozwoju

Uwierzytelniona metoda wyjaśniona w poprzednim rozdziale oraz ilościowe relacje pomiędzy parametrami recyklingu a wpływami środowiskowymi, w kategoriach funkcji obliczeniowych, zostały zastosowane w Kalkulatorze Zrównoważonego Rozwoju (Sustainability Calculator tool), darmowym oprogramowaniu dostępnym na stronie internetowej.

Kalkulator zrównoważonego rozwoju jest dedykowany producentom papieru i opakowań, przetwórcom, posiadaczom marek i końcowym użytkownikom papieru i produktów opakowaniowych. Jego celem jest zwiększenie zrównoważonego rozwoju środowiska zaczynając od analizy wyników recyklingu.

Kalkulator umożliwia zmierzenie najważniejszych wskaźników środowiskowych związanych z recyklingiem i produktami z papieru. Wymagane wyniki to parametry odbarwiania i recyklingu uzyskane w badaniach laboratoryjnych zgodnie z międzynarodową metodą badawczą opisaną powyżej.

Danymi wyjściowymi z kalkulatora są wartości konsumpcji substancji chemicznych oraz energii elektrycznej w standardowym procesie odbarwiania badanych produktów graficznych oraz wartości produkcji odpadów i zużycia prądu w standardowym procesie recyklingu badanych produktów opakowaniowych.

Dodatkowo obliczany jest wskaźnik carbon footprint procesów odbarwiania / recyklingu zgodnie z IPCC 2013 GWP100 i wprowadzany jako ekwiwalent emisji dwutlenku węgla na jednostkę funkcjonalną produktów z papieru.



**PRZEWODNIK:  
EKO-PROJEKTOWANIE DLA RECYKLINGU: KRYTERIA  
ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU**

**ZAŁĄCZNIK 1**

Graficzne wyroby z papieru , parametry recyklingu i emisje do środowiska, które należy brać pod uwagę przy scenariuszach recyklingu w procesie LCA.

W następujących tabelach znajdują się najistotniejsze parametry procesu odbarwiania (Jaskrawość i zawartość cętek) wpływające na jakość odbarwionej masy makulaturowej oraz na związane emisje (substancje chemiczne i zużycie energii elektrycznej) dla trzech najważniejszych kategorii graficznych wyrobów z papieru (gazety, niepowlekane i powlekane magazyny).

**Tabela 1.** Gazety z drukiem offsetowym. Jaskrawość vs. Energia elektryczna i substancje chemiczne.

N1 i N2 to funkcje liniowe dla korelacji wartości Jaskrawości od dolnego limitu do średniej, oraz zużycie substancji chemicznych. N3 to funkcja liniowa dla korelacji wartości Jaskrawości od średniej do górnego limitu, oraz zużycie energii elektrycznej.

| GAZETY OFFSET<br>(wliczając ulotki)                             | Jaskrawość (Y)   |  |   |  |  |
|---|--|--|---|--|--|
|   | Y < 33,5   | Dolny limit: Y = 33,5                          | Średnia: Y = 53,0                             | Górny limit: Y = 72,5                      | Y > 72,5                                   |
| Zużycie energii,<br>elektryczność, kWh/kg<br>masy makulaturowej | Słaba<br>odbarwialność,<br>najlepiej usprawnić<br>projekt produktu | stała= 0,300                                   | 0,300 (N3)                                    | 0,270 (N3)                                 | stała = 0,270                              |
| chemia do odbarwiania,<br>g/kg masy<br>makulaturowej            |  | 13 g/kg NaOH (N1)<br>40 g/kg krzemianu<br>(N2) | 5 g/kg NaOH (N1)<br>10 g/kg krzemianu<br>(N2) | stała= 5<br>g/kg NaOH 10<br>g/kg krzemianu | stała= 5<br>g/kg NaOH 10<br>g/kg krzemianu |

**Tabela 2.** Niepowlekane magazyny . Jaskrawość vs. Energia elektryczna i substancje chemiczne.

U1 i U2 to funkcje liniowe dla korelacji wartości Jaskrawości od dolnego limitu do średniej, oraz zużycie substancji chemicznych. U3 to funkcja liniowa dla korelacji wartości Jaskrawości od średniej do górnego limitu, oraz zużycie energii elektrycznej.

| NIEPOWLEKANE<br>MAGAZYNY (wliczając<br>ulotki)                  | Jaskrawość (Y)   |  |   |  |  |
|---|--|--|---|--|--|
|   | Y < 52,0   | Dolny limit: Y = 52,0                          | Średnia: Y = 68,0                             | Górny limit: Y = 83,0                      | Y > 83,0                                   |
| Zużycie energii,<br>elektryczność, kWh/kg<br>masy makulaturowej | Słaba<br>odbarwialność,<br>najlepiej usprawnić<br>projekt produktu | stała = 0,300                                  | 0,300 (U3)                                    | 0,270 (U3)                                 | stała = 0,270                              |
| chemia do odbarwiania,<br>g/kg masy<br>makulaturowej            |  | 13 g/kg NaOH (U1)<br>40 g/kg krzemianu<br>(U2) | 5 g/kg NaOH (U1)<br>10 g/kg krzemianu<br>(U2) | stała= 5<br>g/kg NaOH 10<br>g/kg krzemianu | stała= 5<br>g/kg NaOH 10<br>g/kg krzemianu |

**Tabela 3.** Powlekane magazyny . Jaskrawość vs. Energia elektryczna i substancje chemiczne.

C1 i C2 to funkcje liniowe dla korelacji wartości Jaskrawości od dolnego limitu do średniej, oraz zużycie substancji chemicznych. C3 to funkcja liniowa dla korelacji wartości Jaskrawości od średniej do górnego limitu, oraz zużycie energii elektrycznej.

| POWLEKANE MAGAZYNY<br>(wliczając ulotki)                        | Jaskrawość (Y)   |  |   |   |   |
|---|--|--|---|---|---|
|   | Y < 52,0   | Dolny limit: Y = 52,0                          | Średnia: Y = 73,5                             | Górny limit: Y = 87,0                       | Y > 87,0                                    |
| Zużycie energii,<br>elektryczność, kWh/kg<br>masy makulaturowej | Słaba<br>odbarwialność,<br>najlepiej usprawnić<br>projekt produktu | stała = 0,300                                  | 0,300 (C3)                                    | 0,270 (C3)                                  | stała = 0,270                               |
| chemia do odbarwiania,<br>g/kg masy<br>makulaturowej            |  | 13 g/kg NaOH (C1)<br>40 g/kg krzemianu<br>(C2) | 5 g/kg NaOH (C1)<br>10 g/kg krzemianu<br>(C2) | Stała = 5<br>g/kg NaOH 10<br>g/kg krzemianu | Stała = 5<br>g/kg NaOH 10<br>g/kg krzemianu |

**Tabela 4.** Gazety z drukiem offsetowym. Cętki vs. Energia elektryczna i substancje chemiczne. N4 to

funkcja liniowa dla korelacji wartości cętek od średniej do górnego limitu, oraz zużycie energii elektrycznej.

| GAZETY OFFSET (wliczając ulotki)                          | Cętki ( $A_{50}$ ), $\text{mm}^2/\text{m}^2$ |                         |                              |   |
|---|--|-------------------------|------------------------------|---|
|   | Dolny limit: $A_{50} = 0$                    | Średnia: $A_{50} = 630$ | Górny limit: $A_{50} = 3000$ | $A_{50} > 3000$   |
| Zużycie energii, elektryczność, kWh/kg masy makulaturowej | stała = 0,300                                | 0,300 (N4)              | 0,340 (N4)                   | Słaba odbarwialność, najlepiej usprawnić projekt produktu |
| chemia do odbarwiania, g/kg masy makulaturowej            | -  | -                       | -                            |   |

**Tabela 5.** Niepowlekane magazyny . Cętki vs. Energia elektryczna i substancje chemiczne.

U4 to funkcja liniowa dla korelacji wartości cętek od średniej do górnego limitu, oraz zużycie energii elektrycznej.

| NIEPOWLEKANE MAGAZYNY (wliczając ulotki)                  | Cętki ( $A_{250}$ ), $\text{mm}^2/\text{m}^2$ |                         |                              |   |
|---|---|-------------------------|------------------------------|---|
|   | Dolny limit: $A_{50} = 0$                     | Średnia: $A_{50} = 190$ | Górny limit: $A_{50} = 1500$ | $A_{250} > 1500$  |
| Zużycie energii, elektryczność, kWh/kg masy makulaturowej | stała = 0,300                                 | 0,300 (U4)              | 0,340 (U4)                   | Słaba odbarwialność, najlepiej usprawnić projekt produktu |
| chemia do odbarwiania, g/kg masy makulaturowej            | -   | -                       | -                            |   |



**Tabela 6.** Powlekane magazyny . Cętki vs. Energia elektryczna i substancje chemiczne.  
 C4 to funkcja liniowa dla korelacji wartości cętek od średniej do górnego limitu, oraz zużycie energii elektrycznej.

| POWLEKANE MAGAZYNY<br>(wliczając ulotki)                     | Cętki ( $A_{250}$ ), $\text{mm}^2/\text{m}^2$ |                         |                              |   |
|--|---|-------------------------|------------------------------|---|
|  | Dolny limit: $A_{50} = 0$                     | Średnia: $A_{50} = 290$ | Górny limit: $A_{50} = 2000$ | $A_{250} > 2000$  |
| Zużycie energii, elektryczność,<br>kWh/kg masy makulaturowej | constant = 0,300                              | 0,300 (C4)              | 0,340 (C4)                   | Słaba odbarwialność,<br>najlepiej usprawnić<br>projekt produktu |
| chemia do odbarwiania, g/kg<br>masy makulaturowej            | -   | -                       | -                            |   |

## **Źródła:**

Definicja limitów i średnich wartości parametrów odbarwiania, jaskrawości i cętek:

- Ingede Database of printed products. Ingede, International Association of the Deinking Industry.

Definicja wartości zużycia substancji chemicznych i energii elektrycznej:

- Ingede, Information Package Deinking. **2010.**

- Holik H. , in Recycled Fiber and Deinking, Papermaking Science and Technology, vol.7. **2000.**

- Holik H. , revised by Samuel Schabel, in Recycled Fiber and Deinking, Papermaking Science and Technology, vol.7. **2010.**

- Holik H. , Handbook of Paper and Board, Chapter 7 Unit Operations. **2013.**

- Blechschmidt J. , Altpapier, Abwasserreinigung und Energienutzung. **2011.**



**PRZEWODNIK:  
EKO-PROJEKTOWANIE DLA RECYKLINGU: KRYTERIA  
ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU**

**ZAŁĄCZNIK 2**

Produkty opakowaniowe z papieru, parametry procesu recyklingu i emisje do środowiska, które należy brać pod uwagę przy scenariuszach recyklingu w procesie LCA.

W następujących tabelach znajdują się najistotniejsze parametry procesu recyklingu (zawartość odrzutów i makro zanieczyszczeń kleistych) wpływające na jakość recyklingowej masy makulaturowej oraz związane emisje (produkcja odpadów i zużycie energii elektrycznej) dla dwóch najważniejszych kategorii produktów opakowaniowych (pudła z tektury falistej i pudła składane).

**Tabela 1.** Pudła z tektury falistej. Zawartość odrzutów vs. Produkcja odpadów.

CB1 to funkcja liniowa dla korelacji wartości odrzutów od dolnego limitu do średniej, oraz produkcja odpadów.

| PUDŁA Z TEKTURY FALISTEJ                                    | Odrzuty, CR %    |                   |  |  |
|---|------------------|-------------------|--|--|
|   | Dolny limit: 0,0 | Górny limit: 20,0 | 20,0 < CR < 30,0   | CR ≥ 30,0  |
| Zużycie energii, elektryczność, kWh / kg masy makulaturowej | -                | -                 | Akceptowalna zdolność do recyklingu. Wymaga jednak udoskonalenia projektu i/lub adaptacji procesów | Nienadający się do użytku w standardowym procesie recyklingu. Możliwość użycia w procesach specjalistycznych |
| Produkcja odpadów kg odpadów / kg surowców                  | 0,0 (CB1)        | 0,2 (CB2)         |  |  |

**Tabela 2.** Pudła składane. Zawartość odrzutów vs. Produkcja odpadów.

F1 to funkcja liniowa dla korelacji wartości odrzutów od średniej do górnego limitu, oraz produkcja odpadów.

| PUDŁA SKŁADANE  | Odrzuty, CR %    |                   |  |  |
|---|------------------|-------------------|--|--|
|   | Dolny limit: 0,0 | Górny limit: 20,0 | 20,0 < CR < 30,0   | CR ≥ 30,0  |
| Zużycie energii, elektryczność, kWh / kg masy makulaturowej | -                | -                 | Akceptowalna zdolność do recyklingu. Wymaga jednak udoskonalenia projektu i/lub adaptacji procesów | Nienadający się do użytku w standardowym procesie recyklingu. Możliwość użycia w procesach specjalistycznych |
| Produkcja odpadów kg odpadów / kg surowców                  | 0,0 (F1)         | 0,2 (F1)          |  |  |

**Tabela 3.** Pudła z tektury falistej. Zawartość makro zanieczyszczeń kleistych vs. Zużycie energii elektrycznej.

CB2 to funkcja liniowa dla korelacji wartości makro zanieczyszczeń kleistych od dolnego limitu do średniej, oraz zużycie energii elektrycznej.  
 CB3 to funkcja liniowa dla korelacji wartości makro zanieczyszczeń kleistych od średniej do górnego limitu, oraz zużycie energii elektrycznej.

| PUDŁA Z TEKSTURY<br>FALISTEJ                                      | Makro zanieczyszczenia kleiste <2000, MSA mm <sup>2</sup> /kg |                   |                    |  |   |
|---|---|-------------------|--------------------|--|---|
|   | Dolny limit: 0  | Średnia: 2600     | Górny limit: 20000 | 20000 < MSA < 30000  | MSA ≥ 30000   |
| Zużycie energii,<br>elektryczność, kWh / kg<br>masy makulaturowej | 0,120 (CB2)   | (CB2) 0,140 (CB3) | 0,220 (CB3)        | Akceptowalna zdolność do recyklingu. Wymaga jednak usprawnienia aplikacji substancji kleistych | Nienadający się do użytku w standardowym procesie recyklingu jako produkt indywidualny. |
| Produkcja odpadów<br>kg odpadów / kg surowców                     | -   | -                 | -                  |  |   |

**Table 4.** Pudła składane. Zawartość makro zanieczyszczeń kleistych vs. Zużycie energii elektrycznej.

F2 to funkcja liniowa dla korelacji wartości makro zanieczyszczeń kleistych od dolnego limitu do średniej, oraz zużycie energii elektrycznej.  
 F3 to funkcja liniowa dla korelacji wartości makro zanieczyszczeń kleistych od średniej do górnego limitu, oraz zużycie energii elektrycznej.

| PUDŁA SKŁADANE  | Makro zanieczyszczenia kleiste <2000, MSA mm <sup>2</sup> /kg |                 |                    |  |   |
|---|---|-----------------|--------------------|--|---|
|   | Dolny limit: 0  | Średnia: 2400   | Górny limit: 20000 | MSA > 20000  | MSA ≥ 30000   |
| Zużycie energii,<br>elektryczność, kWh / kg<br>masy makulaturowej | 0,120 (F2)  | (F2) 0,140 (F3) | 0,220 (F3)         | Akceptowalna zdolność do recyklingu. Wymaga jednak usprawnienia aplikacji substancji kleistych | Nienadający się do użytku w standardowym procesie recyklingu jako produkt indywidualny. |
| Produkcja odpadów<br>kg odpadów / kg surowców                     | -   | -               | -                  |  |   |

## **Źródła:**

Definicje limitów i średnich wartości dla parametrów recyklingu, zawartości odrzutów i makro zanieczyszczeń kleistych:

- EcoPaperLoop, Recyclability Database of packaging products.

Definicje wartości produkcji odpadów i zużycia energii:

- Holik H. , in Recycled Fiber and Deinking, Papermaking Science and Technology, vol.7. **2000**.
- Holik H. , revised by Samuel Schabel, in Recycled Fiber and Deinking, Papermaking Science and Technology, vol.7. **2010**.
- Holik H. , Handbook of Paper and Board, Chapter 7 Unit Operations. **2013**.
- Blechschmidt J. , Altpapier, Abwasserreinigung und Energienutzung. **2011**.