

Ocena przydatności do recyklingu produktów zadrukowanych

**Poziom usuwalności aplikacji
kleistych (Scorecard for the
Removability of Adhesive
Applications)**



1 Wstęp

Przy ocenie przydatności do recyklingu produkty zadrukowanych należy uwzględnić kilka aspektów. Najważniejsze z nich to usuwalność aplikacji kleistych oraz odbarwialność. Usuwalność aplikacji kleistych produktów zadrukowanych oceniania jest na podstawie Poziomu usuwania (Removal Score) o zakresie -20 do +100.

Odpowiednie usuwanie aplikacji kleistych jest wyzwaniem, przed którym stoją producenci papieru wykorzystujący papier z odzysku. Podczas przetwarzania makulatury aplikacje kleiste są rozwłókniane do „zanieczyszczeń kleistych” w procesie wytwarzania masy włóknistej makulaturowej. Zanieczyszczenia kleiste to szeroki termin obejmujący wszystkie lepkie komponenty znajdujące się w masie makulaturowej. W zależności od rozmiaru i właściwości dzieli się je na makro zanieczyszczenia kleiste, mikro zanieczyszczenia kleiste i potencjalne wtórne zanieczyszczenia kleiste. Najefektywniejszą metodą usuwania zanieczyszczeń kleistych jest sortowanie mechaniczne z wykorzystaniem sita szczelinowego. Wysoka efektywność tego procesu będzie miała miejsce tylko w przypadku, gdy aplikacje kleiste rozwłókną się w cząstki o dużym rozmiarze. Im mniejsze cząstki tym mniejsza efektywność procesu. Małe cząstki mogą ulec ponownemu złączeniu tworząc wtórne zanieczyszczenia podczas procesu produkcji papieru, co może spowodować duże problemy w procesach produkcji i/lub przetwórstwa.

Z tego powodu usuwalność aplikacji zależy nie tylko od składu użytych klejów, lecz również od rodzaju aplikacji, tj. kształtu i grubości warstwy kleju. Im większa i grubsza warstwa kleju tym, tym mniejsza szansa rozwłóknienia na małe cząsteczki. W każdym z przypadków, rozmiar cząsteczek ma określony rozkład. Zastosowana metoda badań – INGEDE Method 12 – wykrywa cząstki o rozmiarze 100 μm i większe.

Badania potwierdziły, że makro zanieczyszczenia kleiste większe niż 2 000 μm są całkowicie usuwalne w najnowocześniejszych procesach recyklingu papieru. Celem jest uzyskanie niewielkiego obszaru całkowitego makro zanieczyszczeń kleistych, których należy spodziewać się po przemysłowym procesie sortowania, z tego powodu obszar ten może mieć wielkość do 80 punktów w przedstawionej metodzie oceny. Im większy procent zanieczyszczeń poniżej 2 000 μm tym większe ryzyko, że duża ilość zanieczyszczeń będzie miało rozmiar poniżej poziomu wykrywalności metody. Dlatego wartość progowa dla makro zanieczyszczeń kleistych poniżej 200 μm wynosi 50%. Niższe wyniki procentowe nagradzane są punktami (max. 20).

Literatura: patrz Uwagi końcowe

2 Zakres

Ten dokument ERPC zawiera ocenę usuwalności aplikacji kleistych zadrukowanych wyrobów z papieru, który jest jednym z aspektów oceny przydatności do recyklingu. Oceny dokonuje na podstawie analizy wyników laboratoryjnych procedur badawczych. Ocena jest wiążąca dla każdego rodzaju zadrukowanych wyrobów z papieru zawierających dodatek dowolnych aplikacji kleistych.

3 Reguła

Ocena dotyczy fragmentacji aplikacji kleistych oraz ich usuwalności w laboratoryjnym procesie sortowania. Służy to ocenie potencjalnych problemów z zanieczyszczeniami kleistymi na maszynie papierniczej i powstawania wad jakościowych wytwarzanych papieru i tektury. Ocena dotyczy kompletnych zadrukowanych produktów o dowolnej liczbie i typie aplikacji kleistych. Szczegóły procedury badawczej opisane są w INGEDE Method 12. Osiągnięte przy pomocy INGEDE Method 12 wyniki pomiaru makro zanieczyszczeń kleistych są następnie konwertowane na Poziom usuwalności (Removal Score). Istnieje próg dla sumy makro zanieczyszczeń poniżej 2 000 μm (ekwiwalent średnicy okręgu).

Wynik powyżej tego progu skutkuje oceną negatywną i komentarzem „usunięte w niewystarczającym stopniu”. Obszar cząsteczek poniżej 2 000 μm ma swój limit punktacji. Teoretyczną zawartość makro zanieczyszczeń

kleistych w masie makulaturowej po sortowaniu oblicza się przyporządkowując efektywność usuwania aplikacji kleistych do różnych klas wielkości cząsteczek znajdujących się w przesortowanej masie, po procesie sortowania przemysłowego. Jeżeli wartość przekracza limity oceny, obszar makro zanieczyszczeń otrzymuje 0 punktów. To samo dzieje się w przypadku, gdy udział makro zanieczyszczeń w danym obszarze nie przekracza wymaganego progu. Obydwa parametry – udział i obszar – mają zdefiniowane wartości docelowe. Jeżeli wyniki osiągają wartości docelowe lub je przewyższają, dostają maksymalną liczbę punktów przewidzianych dla danego parametru.

4 Ustalenie Poziomu usuwalności (Removal Score)

W tym rozdziale, szczególnie w tabelach, użyte są następujące skróty:

A_t Teoretyczny obszar makro zanieczyszczeń kleistych w masie makulaturowej po sortowaniu przemysłowym

S_{2000} Udział makro zanieczyszczeń kleistych o rozmiarze 2 000 μm (ekwiwalent średnicy okręgu)

T_a Wartość docelowa dla teoretycznego obszaru makro zanieczyszczeń kleistych A_t

T_s Wartość docelowa dla udziału makro zanieczyszczeń kleistych w obszarze S_{2000}

Zaokrąglanie parametrów: A_t do dziesięciu, S_{2000} do liczb całkowitych. Indywidualne wyniki dla obu parametrów są również zaokrąglane do liczby całkowitych. Metoda: zaokrąglanie wartości

4.1 Źródło wyników usuwalności

Wyniki badań pozyskuje się zgodnie z INGEDE Method 12. Analizę obrazu przeprowadza się używając DOMAS lub Simpatic.

4.2 Wydajność usuwania różnych klas wielkości cząstek

Jednym z czynników określających wydajność przemysłowych procesów sortowania jest dystrybucja rozmiarów cząsteczek makro zanieczyszczeń kleistych. Im większe makro zanieczyszczenia, tym wyższa efektywność ich usuwania podczas procesu sortowania. W oparciu o wyniki projektów badawczych i ocenę próbek przemysłowych można ustalić wydajność sortowania (Tabela 1).

Klasa wielkości makro zanieczyszczeń (ekwiwalent średnicy okręgu)	Wydajność usuwania
< 600 μm	0 %
600–1 000 μm	20 %
1 000–2 000 μm	80 %

Tabela1: Wydajność usuwania jako funkcja rozmiaru cząsteczek makro zanieczyszczeń kleistych

4.3 Wyważenie parametrów

Ocena usuwalności aplikacji kleistych bazuje na dwóch parametrach. Dla przemysłu przetwarzającego makulaturę najkorzystniejszym jest, jeżeli całkowita ilość makro zanieczyszczeń kleistych jest niska. Dlatego „ilość” otrzymuje znacznie wyższy wynik niż „udział” makro zanieczyszczeń kleistych .

Parametr	S_{2000}	A_t	Suma
Maksymalny wynik	20	80	100
Minimalny wynik	-20	0	-20

Tabela 2: Maksymalny wynik dla wszystkich parametrów

Jeżeli wyroby zadrukowane zawierają aplikacje kleiste, ale nie udało się wykryć obecności makro zanieczyszczeń kleistych, należy zbadać odrzut z sortowania prowadzonego w warunkach laboratoryjnych. Istnieją dwie prawdopodobne, skrajne przyczyny tego stanu rzeczy – klej jest wciąż przytwierdzony do podłoża (etykieta, taśma, itd.) lub jest niewykrywalny. W pierwszym przypadku produkt otrzyma maksymalne wyniki dla obydwu parametrów. W drugim przypadku należy przyjąć, że wszystkie zanieczyszczenia kleiste są zbyt małe do wykrycia. Takie produkty otrzymują -20 dla S_{2000} i 0 dla A_t .

4.4 Wartość progowa i limit punktów

Przekroczenie górnej wartości progowej S_{2000} skutkuje przyznaniem punktów ujemnych dla tego parametru. Przekroczenie limitu punktów A_t skutkuje wynikiem 0 dla tego parametru.

Parametr	S_{2000} [%]	A_t [mm ² /kg produktu]
Limit punktów	n/a	5 000
Górna wartość progowa	50	n/a

Tabela 3: Wartość progowa i limit punktów

4.5 Wartości docelowe

Obydwa parametry posiadają docelowe wartości:

Parametr	T_s [%]	T_A [mm ² /kg produktu]
Wartości docelowe	< 10	<500

Tabela 4: Wartości docelowe

Specjalny przypadek: Etykiety

W normalnych przypadkach aplikacje klejowe mogą być właściwie ocenione dopiero po aplikacji na zadrukowany produkt. Wyjątkiem są etykiety, które nie są końcowym produktem, a ich aplikacja może być łatwo symulowana. Szczegóły: INGEDE Method 12. Jako że etykieta nie jest zazwyczaj poddawana recyklingowi, jako czysty materiał, ocena ta definiuje projekcję zawartości makro zanieczyszczeń kleistych wynikającą z aplikacji etykiety. W przypadku naklejkowych okładek magazynów i naklejek adresowych na kopertach, udział kompletnych etykiet (papier i klej) wynosi około 2,5% całego danego produktu. W oparciu o to założenie ilość makro zanieczyszczeń kleistych wyrażona w mm²/kg i określona według INGEDE Method 12 musi zostać podzielona przez 40.

Omówione narzędzie do obliczeń powinno być używane tylko w przypadku, gdy skończony produkt rzeczywisty nie jest dostępny.

4.6 Ustalenie Poziomu usuwalności (Removal Score)

Zaleca się obliczanie wyników przy użyciu arkusza kalkulacyjnego. INGEDE Office zapewnia odpowiednią formułę w formacie Microsoft Excel®.

4.6.1 Obliczanie wyników dla danego parametru

Wyniki poszczególnych parametrów, które uzyskały lub przewyższyły wartości docelowe otrzymują maksymalną ilość punktów (według Tabeli 2). „Przewyższenie wartości docelowych” oznacza, że wyniki musi być niższy niż wartość docelowa.

W przeciwnym razie, wynik oblicza się za pomocą interpolacji liniowej. Dla obu parametrów indywidualnie, stosunek punktów wyższych od limitów właściwych wartości progowych podzielony przez różnicę pomiędzy limitem punktów a wartością docelową pomnożony przez maksymalny wynik dla danego parametru daje jego Poziom usuwalności (Removal Score). Poszczególne wyniki zaokrąglane są do liczb całkowitych.

Obliczanie Poziomu usuwalności dla udziału makro zanieczyszczeń kleistych poniżej 2 000 µm:

$$RS_s = \frac{(50 - S_{2000})}{(50 - T_s)} = 20$$

(Formuła 1)

Gdzie

RS_s to Poziom usuwalności dla udziału makro zanieczyszczeń kleistych

50 to wartość progowa udziału makro zanieczyszczeń kleistych poniżej 2 000 µm (ekwiwalent średnicy okręgu; według Tabeli 3)

S_{2000} to udział makro zanieczyszczeń kleistych o powierzchni poniżej 2 000 µm (ekwiwalent średnicy okręgu)

T_s to wartość docelowa udziału makro zanieczyszczeń kleistych poniżej 2 000 µm (ekwiwalent średnicy okręgu; według Tabeli 4)

+20 i -20 to maksymalne i minimalne wartości punktowe dla udziału makro zanieczyszczeń kleistych poniżej 2 000 µm (według Tabeli 2)

Obliczanie teoretycznego obszaru makro zanieczyszczeń kleistych w masie makulaturowej po sortowaniu:

Poniższe obliczenia są konieczne tylko jeżeli wyniki RS_s dla udziału makro zanieczyszczeń kleistych wynosi 0 lub więcej. Jeżeli wynik RS_s dla udziału makro zanieczyszczeń kleistych jest niższy niż 0, RS_A dla obszaru makro zanieczyszczeń kleistych jest ustawiony na 0.

$$A_s = A_{600} + A_{1000} \cdot 0,8 + A_{2000} \cdot 0,2 \text{ (Formuła 2)}$$

Gdzie

A_T to teoretyczny obszar makro zanieczyszczeń kleistych po sortowaniu przemysłowym w mm²/kg zadrukowanego produktu

A_{600} to zawartość makro zanieczyszczeń kleistych w klasach rozmiaru poniżej 600 µm (ekwiwalent średnicy okręgu)

A_{1000} to zawartość makro zanieczyszczeń kleistych w klasach rozmiaru pomiędzy 600 µm a 1 000 µm (ekwiwalent średnicy okręgu; 0,8 odpowiada 20% wydajności sortowania)

A_{2000} to zawartość makro zanieczyszczeń kleistych w klasach rozmiaru pomiędzy 1 000 µm a 2 000 µm (ekwiwalent średnicy okręgu; 0,2 odpowiada 80% wydajności sortowania)

Obliczanie Poziomu usuwalności dla obszaru makro zanieczyszczeń kleistych:

$$RS_A = \frac{(5000 - A_t)}{5000 - T_A} \times 80$$

(Formuła 3)

Gdzie:

RS_A to Poziom usuwalności (Removal score) dla obszaru makro zanieczyszczeń kleistych

5000 to limit punktów obszaru zanieczyszczeń kleistych (według Tabeli 3).

A_t to teoretyczny obszar makro zanieczyszczeń kleistych po sortowaniu w mm^2/kg zadrukowanego produktu

T_A to wartość docelowa obszaru makro zanieczyszczeń kleistych w mm^2/kg zadrukowanego produktu (według Tabeli 4)

+80 i 0 to maksymalne i minimalne wyniki dla obszaru makro zanieczyszczeń kleistych (według Tabeli 2)

Jeżeli wartość A_t jest wyższa niż limit punktów (5 000 mm^2/kg), wynik RS_A wynosi 0.

Poziom usuwalności ograniczony jest do maksymalnej ilości punktów dla każdego z parametrów, nawet w przypadku gdy obliczenia dają wyższy wynik. W takim przypadku nie można rekompensować niskiej przydatności do recyklingu dla jednego parametru wysokimi wynikami innego parametru.

Jeżeli wynik jest niższy niż wartość progowa, wynik dla danego parametru jest negatywny. W takim przypadku wartość bezwzględna ograniczona jest do tej samej wartości jak maksymalny wynik dla tego parametru.

4.6.2 Obliczanie Poziom usuwalności

Jeżeli wynik RS_s dla udziału makro zanieczyszczeń kleistych jest negatywny, wynik RS_A dla obszaru makro zanieczyszczeń wynosi 0, a ocena zadrukowanego produktu (usunięte w niewystarczającym stopniu). W przypadku gdy wynik RS_s udziału makro zanieczyszczeń kleistych wynosi 0 lub więcej, dodaje się obydwa indywidualne wyniki RS_s i RS_A .

5 Klasyfikacja wyników

Wyniki należy oceniać zgodnie z poniższą tabelą:

Wynik	Ocena usuwalności
71 do 100 Punktów	Dobra
51 do 70 Punktów	Średnia
0 do 50 Punktów	Akceptowalna
Negatywny (poniżej progu)	Niewystarczająca

Tabela 5: Klasyfikacja Poziomu usuwalności

W tabelach powinno używać się różnego koloru tła. Dla odzwierciedlenia powyższej oceny powinny być przedstawiane w następujących kolorach:

- Poniżej 0 punktów: czerwony
- 0 do 40 punktów: pomarańczowy
- 40 do 50 punktów: gradient z pomarańczowego do żółtego

- 50 do 70 punktów: żółty
- 70 do 80 punktów: gradient z żółtego do zielonego
- 80 do 100 punktów: zielony

6 Raport

Raport powinien zawierać szczegółowe dane dotyczące zadrukowanego produktu, procesu aplikacji klejów oraz laboratoryjnego testu sortowania:

- Identyfikacja zadrukowanego produktu: nazwa, wydawnictwo, data wydania, kategoria produktu, typ aplikacji kleistych i jakość papieru.
- Dane techniczne i ustawienia urządzenia do aplikacji klejów.
- Nazwa i dokładna identyfikacja klejów.
- Wyniki testów przydatności do recyklingu wg. Metody 12 INGEDE .
- Sprzęt laboratoryjny do badania przydatności do recyklingu oraz odstępstwa od Metody 12 INGEDE (jeżeli zaistniały).
- Poziomy usuwalności dla obydwu parametrów i łącznie (łącznie jeżeli obydwa parametry wynoszą 0 lub więcej). Wyniki można prezentować zarówno liczbowo jak i graficznie. Do graficznego przedstawienia wyników zaleca się używanie skumulowanych wykresów kolumnowych. Jeżeli wynik udziału makro zanieczyszczeń kleistych jest negatywny, produkt zostaje zaklasyfikowany jako „usunięte w niewystarczającym stopniu”, nawet jeżeli wynik dla obszaru makro zanieczyszczeń kleistych jest pozytywny.
- Ocena przydatności do recyklingu według Tabeli 5.
- Opcjonalne ale pożądane: Każda interpretacja wyników która jest możliwa przy wsparciu danymi technicznymi.

7 Uwagi końcowe

Ta ocena została opracowana na podstawie wyników INGEDE Project 129 09 PMV wspieranego również przez bvdm, FEICA i FINAT. Dane zostały zebrane z książek, broszur, katalogów i etykiet.

Istnieje duży zbiór literatury dotyczącej zanieczyszczeń kleistych, ich pochodzenia, zachowania w procesie recyklingu papieru oraz wpływu na jakość produktów. Jednym z przykładów jest: Putz, H.-J., Stickies in recycled fiber pulp, rozdział 11 z: Gottsching, L. i Pakarinen, H. (wydawcy), Recycled Fiber and Deinking, Fapet Oy 2000, ISBN 952-5216-07-1.

8 Źródła

- INGEDE Method 12 – Assessment of the Recyclability of Printed Paper Products – Testing of the Fragmentation Behaviour of Adhesive Applications

Załącznik: Przykłady

Charakterystyka przykładów:

- A. Książka z klejami proteinowymi, EVA i PVAc
- B. Książka telefoniczna z klejeniem masami topliwymi EVA

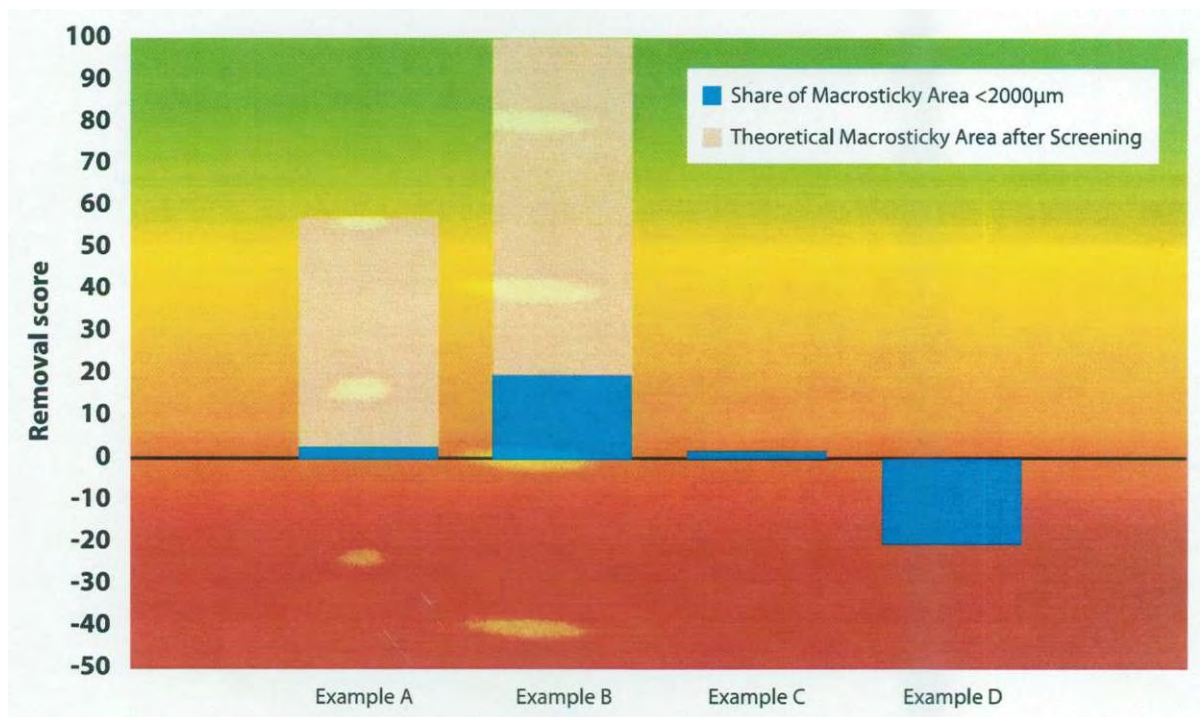
C. Etykieta papierowa PSA z akrylowym klejem UV, bez lepiszczy

D. Książka z klejem dyspersyjnym PVAc

Parametr / Próbką	A	B	C*	D	Uwagi
Obszar makro zanieczyszczeń kleistych [µm]	mm²/kg	mm²/kg	mm²/kg	mm²/kg	
100-200	143	33	35	10	
200 - 400	340	59	23	11	
400 - 600	442	68	459	15	
600 -1 000	1 000	208	4 315	16	
1 000 - 2 000	836	599	33 058	30	
2 000 - 3 000	127	388	30 162	0	
3 000-10 000	3 402	1423	15419	0	
10 000-20 000	0	19 043	0	0	
20 000 - 200 000	0	13 244	0	0	

Tabela 6:
Podział rozmiarów makro zanieczyszczeń kleistych (wg Metody 12 INGEDE)

* Terminology of Stickies, ZELLCHEMING Technical Leaflet REC01, 1/2006



Rysunek 2: Poziomy usuwalności dla Przykładów A do D

Interpretacja wyników dla Przykładów A do D:

- A. Udział S_{2000} blisko progu i obszar A_t na średnim poziomie skutkują średnim Poziomem usuwalności.
- B. Niski udział S_{2000} i niski obszar A_t skutkują najwyższym Poziomem usuwalności.
- C. Udział S_{2000} blisko progu i bardzo duży obszar A_t skutkują niskim Poziomem usuwalności.
- D. Bardzo wysoki udział S_{2000} skutkuje oceną "usunięte w niewystarczającym stopniu" pomimo bardzo niskiego obszaru A_t .

Parametr/Próbka	Przykład A	Przykład B	Przykład C	Przykład D	Uwagi
Klasa wielkości makro zanieczyszczeń kleistych [μm]	mm^2/kg	mm^2/kg	mm^2/kg	mm^2/kg	
100 - 600	925	160	517	36	A_{600}
600 – 1 000	1 000	208	4 315	16	A_{1000}
1 000 – 2 000	836	599	33 058	30	A_{2000}
100 – 2000	2 761	967	37 890	82	Suma częściowa 2000
100 – 200 000	6 290	35 065	83 471	82	Suma

Tabela 7: sumy częściowe i łączne z Tabeli 6.

Parametr/Próbka	Przykład A	Przykład B	Przykład C	Przykład D	Uwagi
udziału makro zanieczyszczeń kleistych poniżej 2 000 μm S_{2000}	44%	3%	45%	100%	Obliczenie: Suma częściowa 2000 podzielona przez sumę (Tabela 7)
Teoretyczny obszar makro zanieczyszczeń kleistych po sortowaniu A_t w mm^2/kg	1 892	446	10 581	55	Patrz Formuła 2

Tabela 8: Obliczenie parametrów pomocniczych

Parametr/Próbka	Przykład A	Przykład B	Przykład C	Przykład D	Uwagi
-----------------	------------	------------	------------	------------	-------

Udział					
Wartość progowa udziału	50%	50%	50%	50%	
Wartość docelowa T_s	10%	10%	10%	10%	
Maksymalna wartość punktowa dla udziału	20	20	20	20	Według Tabeli 2
Wyniki dla udziału RS_s	3	20	2	- 20	Patrz Formuła 1
Obszar					
Limit punktów dla obszaru	5000	5000	5000	5000	
Wartość docelowa obszaru T_A	500	500	500	500	
Maksymalna wartość punktowa dla obszaru	80	80	80	80	Według Tabeli 2
Poziom usuwalności (RS_A) dla obszaru	55	80	0	0	
Wynik całkowity					
Poziom usuwalności	58	100	2	- 20	

Tabela 9: Obliczenie punktów

ERPC Secretariat c/o CEPI
Avenue Louise 250, Box 80 1050 Bruksela, Belgia erpc@cepi.org
www.paperrecovery.eu

Arkusze kalkuacyjne:
INGEDE e.V. (International Association of the Deinking Industry)
Gerokstr. 40
74321 Bietigheim-Bissingen, Niemcy Tel. +49 7142 7742-81 - Fax +49 7142
7742-80 www.ingede.org - office@ingede.org



WSPIERAJĄCY



European Recovered Paper Council
c/o CEPI aisbl
Confederation of European Paper Industries 250
Avenue Louise, Box 80 B-1050 Brussels
Tel:+32 2 627 49 11 Fax:+32 2 646 81 37
erpc@cepi.org
www.paperrecovery.eu

* Przykład C: Wyniki otrzymane zgodnie z Metodą 12 INGEDE zostały już podzielone przez 40 (patrz rozdział 4.5)

If you want to help us develop paper recycling in Europe, why not include the following email tagline in your own email signature:

"When you print this email, please recycle it. Paper is renewable, recyclable and the natural support of ideas, www.paperonline.org"