

Zrównoważony rozwój wyrobów
Raport

Wpływ tworzyw sztucznych na zużycie energii oraz na emisję gazów cieplarnianych w Europie z uwzględnieniem całego cyklu życia wyrobów

Raport podsumowujący

Czerwiec 2010

Tłumaczenie polskie kwiecień 2011

Autorzy:

Harald Pilz

Bernd Brandt

Roland Fehringer



Spis treści

0	Słowo wstępne od PlasticsEurope – Określenie celu badania.....	4
1	Wstęp	6
2	Streszczenie CZĘŚCI 1: Wpływ tworzyw sztucznych na zużycie energii oraz na emisję gazów cieplarnianych w Europie z uwzględnieniem całego cyklu życia wyrobów– skutki teoretycznego wyeliminowania tworzyw sztucznych	8
2.1	Cel i metoda	8
2.2	Dane podstawowe.....	9
2.3	Wyniki	10
3	Streszczenie CZĘŚCI 2: Dodatkowe argumenty przemawiające za przewagą tworzyw sztucznych pod względem efektywności energetycznej oraz ochrony klimatu	13
3.1	Cel i podejście.....	13
3.2	Przykładowe fakty i wielkości	13
3.2.1	Poprawa parametrów produkcji oraz własności tworzyw sztucznych odnotowana w dłuższej perspektywie czasu	13
3.2.2	Korzyści płynące z lepszych własności izolacyjnych (tworzyw sztucznych)	14
3.2.3	Korzyści płynące z wykorzystania tworzyw sztucznych do produkcji energii odnawialnej	14
3.2.4	Wpływ zasobów odnawialnych na oszczędność energii oraz emisję gazów cieplarnianych	15
3.2.5	Korzystny wpływ recyklingu i odzysku odpadów na ograniczenie zużycia energii i emisji gazów cieplarnianych	16
3.2.6	Porównanie strategii odzysku odpadów: „Pełna zgodność z produktowymi dyrektywami UE” a „maksymalne ograniczenie ilości odpadów składowanych”	16
3.2.7	Wyroby z tworzyw sztucznych i ich udział w śladzie węglowym generowanym przez sektor konsumencki.....	17
3.3	Oszacowania i dane ilościowe	18
3.3.1	Ograniczanie strat w żywności i jego wpływ na zużycie energii oraz emisję gazów cieplarnianych.....	18
3.3.2	Ograniczenie zużycia energii oraz poziomu emisji gazów cieplarnianych w wyniku zastosowania innowacji, zmian koncepcji oraz zmniejszenia masy wyrobu	19
3.3.3	Szacunkowy „bilans węglowy” dla całego rynku wyrobów z tworzyw sztucznych w roku 2007 i prognoza na rok 2020..	19
4	Wnioski.....	21
5	Bibliografia	23
6	ZAŁĄCZNIK A: Wybrane najważniejsze tabele i rysunki	24
7	ZAŁĄCZNIK B: Recenzje	33



Wykaz skrótów

ABS	Kopolimer akrylonitryl-butadien-styren
CO ₂ -eq	Równoważniki dwutlenku węgla (<i>Carbon dioxide equivalents</i>)
E&E	Sprzęt elektryczny i elektroniczny
ELV	Pojazdy wycofane z eksploatacji (<i>End-of-life vehicles</i>)
EPS	Polistyren spieniony
EU	Unia Europejska
EU27+2	27 krajów członkowskich UE plus Norwegia i Szwajcaria
GHG	Gazy cieplarniane
GWP	Potencjał tworzenia efektu cieplarnianego (<i>Global Warming Potential</i>)
HDPE	Polietylen wysokiej gęstości
HIPS	Polistyren wysokoudarowy
LCA	Ocena (analiza) cyklu życia (<i>Life cycle assessment / analysis</i>)
LDPE	Polietylen niskiej gęstości
LLDPE	Liniowy polietylen niskiej gęstości
MSWI	Zakład Termicznego Unieszkodliwiania Odpadów Komunalnych (<i>Municipal solid waste incinerator</i>)
PA	Poliamid
PE	Polietylen
PET	Poli(tereftalan etylenu)
PE-X	Polietylen sieciowany
PLA	Kwas polimlekowy
PMMA	Poli(metakrylan metylu)
PP	Polipropylen
PS	Polistyren
PUR	Poliuretan
PCW	Polichlorek winylu
SAN	Kopolimer styren-akrylonitryl
U-value	Całkowity współczynnik przenikania ciepła
WEEE	Zużyty sprzęt elektroniczny i elektryczny
XPS	Polistyren ekstrudowany



0 Słowo wstępne od PlasticsEurope – Określenie celu badania

Tworzywa sztuczne cieszą się w porównaniu z innymi materiałami nienajlepszą lub wręcz złą opinią, szczególnie w odniesieniu do postrzegania ich wpływu na środowisko oraz na wykorzystanie zasobów naturalnych. Celem niniejszego opracowania oraz wcześniej przeprowadzonych badań było dokonanie rzeczywistej oceny całego cyklu życia wybranych typowych tworzyw sztucznych oraz pokazanie, że w wielu przypadkach ich wykorzystanie może przyczynić się do oszczędności zasobów naturalnych.

Niniejsze opracowanie dotyczy w głównej mierze sposobów wykorzystania energii oraz zmian klimatycznych i obejmuje cały cykl życia opisanych w nim produktów.

O ile w wielu przypadkach charakterystyka produktu z tworzywa sztucznego może być korzystniejsza niż produktu wykonanego z innego materiału, to wykazanie przewagi któregośkolwiek z surowców nie jest naszym celem. Wszystkie materiały charakteryzują się własnościami czyniącymi je bardziej lub mniej przydatnymi do konkretnych zastosowań. W wielu przypadkach rozwiązanie najbardziej właściwe z punktu widzenia zasobów naturalnych może wymagać połączenia różnych materiałów (np. pokryta warstwą aluminium folia plastikowa w opakowaniach niektórych produktów żywnościowych).

Wybór materiału do konkretnego zastosowania może zależeć również od wielu czynników, które nie są objęte zakresem niniejszego opracowania, takich jak jego wpływ na zaśmiecanie środowiska lub na dobrze rozwinięty system odzysku odpadów. W takich przypadkach preferowany wybór może różnić się w zależności od kraju i może być związany z proporcją pomiędzy zastosowaniami jednokrotnego i wielokrotnego użytku.

Przykładowe zastosowania tworzyw sztucznych będące przedmiotem szczegółowych analiz zawartych w niniejszym opracowaniu dotyczą tworzyw pochodzących z surowców kopalnych. Choć tworzywa sztuczne ze źródeł odnawialnych znajdują się obecnie w fazie doskonalenia, ich udział rynkowy nie jest na tyle duży, by wywierały one znaczący wpływ na ogólne wyniki badań lub na płynące z nich wnioski.

Niemniej jednak warto zauważyć, że odnawialne źródła energii mogą w przyszłości pełnić w przemyśle tworzyw sztucznych ważną rolę. Mogą one służyć do produkcji tworzyw sztucznych na dwa różne sposoby. Jeden z nich to wytwarzanie nowych polimerów, takich jak PLA. Wyzwanie rynkowe polega w tym przypadku na konkutowaniu z wytwarzanymi obecnie masowymi tworzywami sztucznymi pod względem opłacalności produkcji oraz dostosowaniu urządzeń do przetwórstwa tworzyw. Drugie podejście polega na wytwarzaniu popularnych monomerów, takich jak etylen (lub jego pochodne) z etanolu pozyskanego ze źródeł odnawialnych. Monomery te mogą być następnie wykorzystywane w istniejących zakładach polimeryzacyjnych, wytwarzających szeroką gamę doskonale znanych odmian polietylenu. W obydwu przypadkach technologie chemiczne są już sprawdzone w praktyce, lecz czynnikiem decydującym będzie ilość (nieodnawialnej) energii zużytej w całym łańcuchu produkcyjnym.

Zakres badania, które objęłoby zastosowanie wszystkich tworzyw sztucznych w Europie jest tak rozległy, iż niezbędne było dokonanie licznych założeń oraz przybliżeń. Niemniej jednak, naszym zdaniem płynące z badania wnioski ogólne są wystarczająco przekonujące – co zostało również potwierdzone w dołączonej do niego krytycznej analizie wyników – aby upewnić decydentów, że wykorzystywanie tworzyw sztucznych, nawet wytwarzanych na bazie obecnych surowców – paliw kopalnych, znacząco przyczynia się do osiągnięcia celów związanych z efektywnością energetyczną oraz ochroną klimatu.



Autorzy niniejszego opracowania wyrażają nadzieję, że decydenci będą świadomi, iż surowce „odnawialne” nie powinny być preferowane automatycznie przy ocenie wariantów nowych rozwiązań prawnych, takie podejście należy zastąpić raczej koncepcją „myślenia w kategoriach całego cyklu życia produktu”.

Należy również zauważyć, że analizowane tu przykłady zastosowania tworzyw sztucznych nie oznaczają preferowania stosowania konkretnych tworzyw nad innymi. Kluczową rolę w przygotowaniu dokumentu stanowiła dostępność informacji z różnych źródeł, jednak opracowanie zawiera przykłady zastosowań większości stosowanych masowych tworzyw sztucznych.

1 Wstęp

Do wytworzenia tworzyw sztucznych konieczna jest energia. Obecnie energia ta niemal w całości pochodzi ze źródeł nieodnawialnych, których wykorzystanie powoduje emisję gazów cieplarnianych. Jednak zużycie energii oraz emisja gazów cieplarnianych byłyby jeszcze wyższe, jeśli produkty z tworzyw sztucznych zostałyby zastąpione materiałami alternatywnymi, co wynika z opracowania przygotowanego przez GUA/denkstatt w latach 2004/2005 [Pilz i inni, 2005].

Niektóre wyroby z tworzyw sztucznych umożliwiają ponadto oszczędność energii w perspektywie całego swego cyklu życia, nawet bez porównywania ich z innymi materiałami. Przykładem mogą tu być materiały izolacyjne (wszystkie ich rodzaje), łopaty wirników turbin wiatrowych, opakowania z tworzyw sztucznych, zmniejszające straty żywności i pomagające unikać uszkodzeń towarów trwałych (dotyczy to również w pewnym zakresie opakowań z innych materiałów), nowe wyroby z tworzyw zastępujące te o większej masie oraz wyroby, w których wprowadzono innowacyjne zmiany, zmodyfikowano ich koncepcje, co w skrajnych przypadkach prowadzić może do dematerializacji produktu.

Opracowanie pt. „Wpływ tworzyw sztucznych na zużycie energii oraz emisję gazów cieplarnianych w całym cyklu życia produktów w Europie” składa się z dwóch części:

Część 1 stanowi aktualizację kompleksowego opracowania GUA/denkstatt wspomnianego powyżej, w którym cały rynek tworzyw sztucznych (dla których istnieją zamienniki) w Europie przedstawiony jest w formie 32 studiów przypadku, i gdzie dokonano porównania zużycia energii oraz emisji gazów cieplarnianych w całym cyklu życia produktów, dla tworzyw sztucznych i dla **różnych** materiałów alternatywnych dostępnych na rynku.

Część 2 zawiera dalsze argumenty przemawiające za korzyściami jakie tworzywa sztuczne mogą przynieść w zakresie poprawy efektywności zużycia energii oraz ochrony klimatu – zarówno obecnie jak i w przyszłości. W części 2 opisano również najważniejsze społeczne i polityczne obawy związane z tworzywami sztucznymi oraz z ich wpływem na wykorzystanie energii i zmiany klimatu. Mamy nadzieję, że część 2 przedstawi czytelnikom pełny obraz sytuacji.

PlasticsEurope oraz firma denkstatt przyjęły podczas pracy nad dokumentem zasadę „80/20”. Oznacza to osiągnięcie 80% wyników przy włożeniu 20% wysiłku niezbędnego do przygotowania bardziej kompleksowego dokumentu. Poniżej przedstawiono najważniejsze założenia oraz skutki przyjęcia takiego podejścia:

- Opracowanie ogranicza się do oszacowania zapotrzebowania na energię oraz poziomu emisji gazów cieplarnianych w związku z wysokim priorytetem, jakim zagadnienia te cieszą się obecnie w polityce UE.
- Przedstawione tu wyniki są raczej wskazówką, co do statusu i tendencji w poszczególnych obszarach zastosowań, nie zawierają zaś szczegółów dotyczących konkretnych produktów.
- Opracowanie nie stanowi szczegółowego porównania LCA pomiędzy tworzywami sztucznymi i materiałami alternatywnymi w odniesieniu do *pojedynczych* zastosowań – jest raczej realistycznym oszacowaniem wpływu wywołanego przez wszystkie wyroby z tworzyw sztucznych obecne na rynku (wraz z wszystkimi niedoskonałościami związanymi z tego typu szacunkami).
- Celem opracowania jest uzyskanie całościowego obrazu poprzez przedstawienie zarówno znaczących, jak i możliwych do pominięcia skutków dla zużycia energii oraz emisji gazów cieplarnianych w całym cyklu życia produktów.



Obydwie części opracowania poddane zostały krytycznej analizie dokonanej przez prof. Adisę Azapagica, ze School of Chemical Engineering and Analytical Science, University of Manchester, Wielka Brytania oraz przez Rolanda Hischiera, członka Technology & Society Laboratory w Federalnym Laboratorium EMPA w Sankt Gallen (Szwajcaria) .

Raporty z analizy krytycznej zostały dołączone do niniejszego opracowania w formie załączników.

2 Streszczenie CZĘŚCI 1: Wpływ tworzyw sztucznych na zużycie energii oraz na emisję gazów cieplarnianych w Europie z uwzględnieniem całego cyklu życia wyrobów – skutki teoretycznego wyeliminowania tworzyw sztucznych

2.1 Cel i metoda

Celem pierwszej części opracowania jest aktualizacja kompleksowej analizy przeprowadzonej przez GUA/denkstatt w latach 2004/2005 („Wkład wyrobów z tworzyw sztucznych na wzrost efektywności wykorzystania zasobów naturalnych”), w której cały rynek wyrobów z tworzyw sztucznych (teoretycznie możliwych do zastąpienia wyrobami z innych materiałów zobrazowany został przez 32 studia przypadku, uwzględniające dodatkowo poszczególne rodzaje polimerów [Pilz i inni, 2005]. Przedstawiając szczegółowy model obliczeniowy, opracowanie to określiło w sposób ilościowy zużycie energii oraz emisję gazów cieplarnianych w przypadku zastąpienia tworzyw sztucznych innymi rodzajami materiałów. Wzięto pod uwagę znane materiały, które mogłyby z powodzeniem zastąpić plastik. W ten sposób obliczono łączne oszczędności w skali Europy - zarówno w zużyciu energii jak i emisji gazów cieplarnianych – wynikające z zastosowania tworzyw sztucznych.

W aktualnej wersji opracowania rozszerzono objęty nim obszar z EU15+2 do EU27+2 (w tym Norwegia i Szwajcaria), uwzględniono nowe dane, dotyczące ilości produktów zużywanych w poszczególnych sektorach zastosowań, oraz zaktualizowano liczne informacje dotyczące masy, energii oraz emisji gazów cieplarnianych w poszczególnych fazach cyklu życia produktów.

Podczas pracy nad dokumentem zastosowano „zasadę 80/20”, oznaczającą, że zamiarem autorów było objęciem badaniem 80% zakresu przy włożeniu 20% wysiłku niezbędnego do przygotowania bardziej kompleksowego dokumentu. W rezultacie osiągnięto wysoki stopień wiarygodności wyników na poziomie ogólnym, ale nie dotyczy to każdej konkretnej wielkości w poszczególnych przypadkach będących przedmiotem badania, w których to – ze względu na zastosowanie metody „80/20” – wiele danych było niedostępnych, w związku z czym musiano dokonać licznych (rozsądnych) przybliżeń.

2.2 Dane podstawowe

Według Plastics Europe przetwórcy tworzyw sztucznych z krajów EU27+2 zużyli w roku 2007 52.500.000 ton polimerów/żywic [PlasticsEurope, 2008]. Ta wielkość 52,5 mln ton obejmuje poza typowymi zastosowaniami również polimery i żywice termoutwardzalne, wykorzystywane do produkcji włókien, powłok, klejów, uszczelnaczy itp. (jakkolwiek włókna nie zostały uwzględnione w wielkości 52,5 mln ton). Niniejsze opracowanie obejmuje „wyroby z tworzyw sztucznych” bez włókien, powłok, klejów i uszczelnaczy, które w opinii społeczeństwa, polityków czy też w analizie struktury odpadów nie są traktowane jako „wyroby z tworzyw sztucznych”. Ponadto, wyroby z innych niż poliuretany termoutwardzalnych tworzyw sztucznych, stanowiące mniej niż 10% wyrobów z tworzyw sztucznych, również nie zostały objęte badaniem, gdyż nie są dostępne odpowiednie dane dotyczące ich wykorzystania w poszczególnych, głównych obszarach zastosowań. Po uwzględnieniu powyższych ograniczeń otrzymujemy zapotrzebowanie europejskich przetwórców (EU27+2) w wielkości 46 430 tys. ton tworzyw sztucznych w roku 2007 [PEMRG, 2009] i wielkość ta stanowi podstawę do dalszych obliczeń.



W obliczeniach dokonywanych na potrzeby niniejszego raportu uwzględniono wyłącznie przypadki zastosowania tworzyw sztucznych w sektorach, w których mogą być one zastąpione innymi materiałami. Ustalono, że dla około 16% wszystkich obecnych na rynku tworzyw sztucznych nie ma realnych zamienników, co oznacza, że w tych przypadkach zastąpienie tworzyw sztucznych nie jest możliwe bez znaczących zmian we wzornictwie, funkcji, przeznaczeniu wyrobu i sposobie wykonania.

Przeanalizowano łącznie 173 produkty. W ramach analizy każdego przypadku, reprezentującego pewną grupę wyrobów, uwzględniono do 6 różnych polimerów oraz do 7 różnych konkurencyjnych materiałów alternatywnych (patrz Załącznik, Tabela 3 i Tabela 4).

Wszystkie przypadki opisane w niniejszym raporcie uwzględniają łącznie około 75% możliwych do zastąpienia wyrobów z tworzyw sztucznych. W Tabeli 1 przedstawiono zestawienie ze względu na segmenty zastosowań i udziały rynkowe dla niezastępowalnych wyrobów z tworzyw sztucznych, dla wyrobów zastępowalnych nieobjęte tą analizą oraz dla wyrobów z tworzyw objętych niniejszymi badaniami.

	Wielkość rynku		Zakres badania			Zakres badania		
	Udział w rynku	Udział w rynku	Niezastępowalny	Zastępowalny, ale nie objęty tym badaniem	Zastępowalny, objęty tym badaniem	Niezastępowalny	Zastępowalny, ale nie objęty tym badaniem	Zastępowalny, objęty tym badaniem
	tys. ton	Udział % w całym rynku	Udział % w segmencie	Udział % w segmencie	Udział % w segmencie	Udział % w całym rynku	Udział % w całym rynku	Udział % w całym rynku
Opakowania	19,180	41.3%	2%	0%	98%	0.9%	0.0%	40.5%
Budownictwo - rury	2,830	6.1%	0%	0%	100%	0.0%	0.0%	6.1%
Budownictwo - inne niż rury	7,050	15.2%	0%	53%	47%	0.0%	8.1%	7.1%
Sprzęt elektryczny i elektroniczny	2,590	5.6%	56%	27%	18%	3.1%	1.5%	1.0%
Przemysł samochodowy	3,700	8.0%	55%	0%	45%	4.3%	0.0%	3.6%
Gospodarstwo domowe	1,840	4.0%	0%	50%	50%	0.0%	2.0%	2.0%
Meble	1,470	3.2%	0%	50%	50%	0.0%	1.6%	1.6%
Medycyna	630	1.3%	50%	30%	20%	0.7%	0.4%	0.3%
Obuwie	410	0.9%	0%	56%	44%	0.0%	0.5%	0.4%
Inne segmenty	6,700	14.4%	50%	50%	0%	7.2%	7.2%	0.0%
Razem	46,400	100%				16.2%	21.2%	62.5%

Tabela 1: Niepodlegające zastąpieniu innymi materiałami segmenty produktów z tworzyw sztucznych; stopień uwzględnienia podlegających zastąpieniu tworzyw sztucznych w studiach przypadków (Wielkość rynku oparta na danych z roku 2007 [PEMRG, 2009]).

Obliczenia dotyczące zużycia energii oraz emisji gazów cieplarnianych w całym cyklu życia produktów

Dane dotyczące fazy wytwarzania wyrobów z tworzyw sztucznych zaczerpnięto głównie z publikacji „Ecoprofiles” opublikowanych przez PlasticsEurope. Dane związane z produkcją materiałów alternatywnych pobrano z bazy danych Ecoinvent [2007] lub z porównywalnych do niej źródeł.

Jeżeli chodzi o fazę użytkowania, obliczenia obejmują tylko te przypadki, w których wpływ na zużycie energii oraz emisję gazów cieplarnianych jest inny dla tworzyw sztucznych i inny dla materiałów alternatywnych. Główne czynniki brane pod uwagę to: zużycie paliwa niezbędnego do transportu, zapobieganie stratom w żywności, różnice we właściwościach termoizolacyjnych, oraz oszczędność paliwa wynikająca z

mniej masy plastikowych komponentów wykorzystywanych w przemyśle motoryzacyjnym.¹

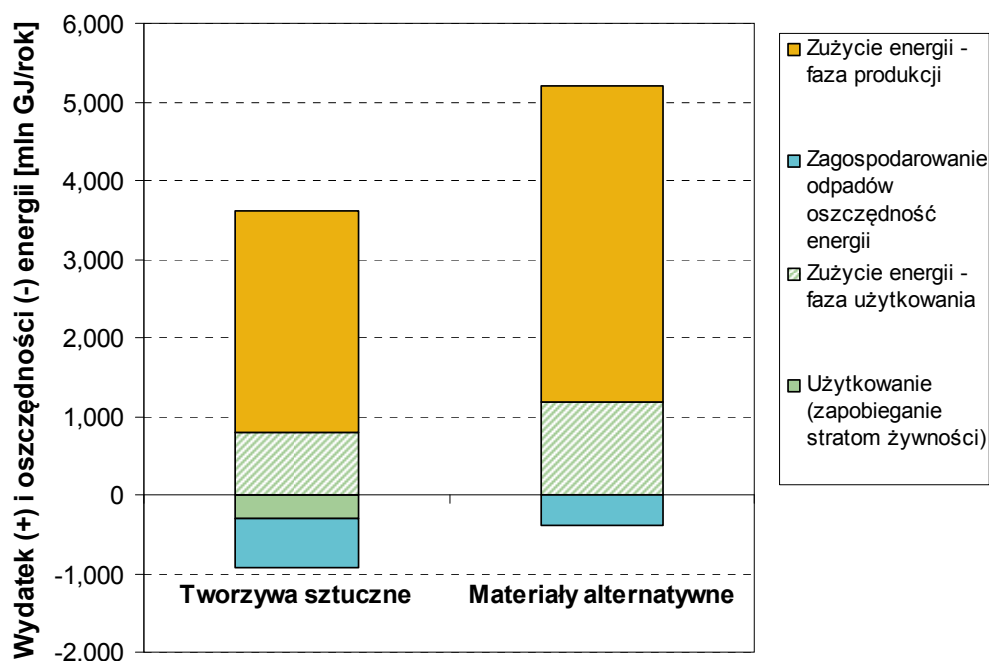
Oszczędność energii (+) oraz zwiększone zapotrzebowanie na energię (–) produktów z tworzyw sztucznych w porównaniu z materiałami alternatywnymi, podzielone na główne obszary zastosowań oraz fazy cyklu życia (produkcja, użytkowanie oraz gospodarka odpadami) przedstawiono w Załączniku, na Rys. 4.

Dane dotyczące gospodarki odpadami pochodzą z roku 2007. Szczegółowe dane związane z modelem zastępczym oraz gospodarką odpadami przedstawiono w Załączniku (Tabela 5 i Tabela 6) niniejszego opracowania.

2.3 Wyniki

Wyniki wskazują, że zarówno zużycie energii jak i emisja gazów cieplarnianych wzrosłyby znacząco, jeżeli wyroby z tworzyw sztucznych miałyby zostać zastąpione, w teoretycznie najwyższym stopniu, przez te wykonane z materiałów alternatywnych.

Innymi słowy, zastępując bardziej tradycyjne materiały w różnych zastosowaniach, tworzywa sztuczne przyczyniły się do ograniczenia zużycia energii oraz poziomu emisji gazów cieplarnianych.



Rys. 1: Zużycie energii w całym cyklu życia wyrobów z tworzyw sztucznych (badane przypadki; 63% całego rynku) oraz ich możliwych zamienników, w podziale na fazy cyklu życia (produkcja, użytkowanie i zagospodarowanie odpadów). Wartości dodatnie oznaczają zużycie energii, wartości ujemne oznaczają jej oszczędność wynikającą z unikniętych strat w żywności, zmniejszenia produkcji materiałów pierwotnych (recykling) oraz oszczędności w produkcji elektryczności i ciepła (odzysk energii).

¹ Oszczędności energii i mniejsza emisja gazów cieplarnianych przez materiały izolacyjne stosowane w budownictwie – patrz część 2 niniejszego opracowania (dane te nie zostały przedstawione w części 1, gdyż inne materiały umożliwiają zwykle osiągnięcie podobnych oszczędności).



Na przykład zastąpienie tworzyw sztucznych innymi materiałami w objętych analizą przypadkach spowodowałoby w Europie (EU27+2) - w odniesieniu do danych za 2007 rok - **zwiększenie zużycia energii w całym cyklu życia wyrobów** o około **2 140 milionów GJ rocznie**, zaś **emisji gazów cieplarnianych o 110 mln ton równoważnika CO₂ rocznie**.

Oszczędność energii, jaką można przypisać wykorzystaniu tworzyw sztucznych, różni się znacząco w zależności od obszaru ich zastosowania, przy czym zdecydowanie największe oszczędności odnotowano w przemyśle opakowaniowym. Ostrożnej, **szacunkowej oceny wpływu całego rynku tworzyw sztucznych dokonano poprzez ekstrapolację danych uwzględniając** jedynie 50% oszczędności w zużyciu energii i emisji gazów cieplarnianych w omawianych przypadkach.

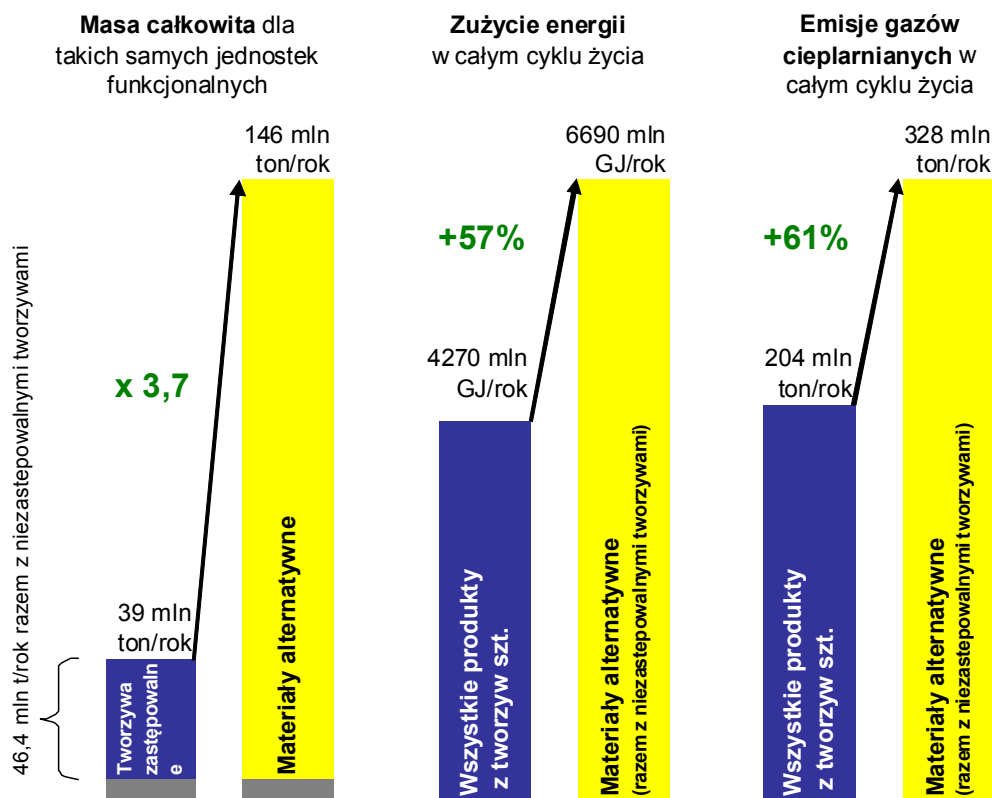
Wyniki wskazują, że łączna ilość niezbędnej w całym cyklu życia energii (w fazie produkcji, użytkowania oraz odzysku) wyrobów z tworzyw sztucznych wynosi w Europie (EU27+2) 4 300 mln GJ/rok, zaś łączna emisja gazów cieplarnianych równa jest w całym cyklu życia 200 mln t/rok.² Można również stwierdzić, że **zastąpienie, tam gdzie tylko jest to możliwe, zastąpienie wyrobów z tworzyw sztucznych wykonanymi z innych materiałów, wymagałoby około 57% (1 500 – 3 300 mln GJ/rok) więcej energii** niż ta, która zużywana jest obecnie w całym cyklu życia tych wyrobów. Podobnie, zastąpienie w produkcji wyrobów tworzyw sztucznych materiałami alternatywnymi, w najwyższym teoretycznie możliwym stopniu, spowodowałoby, **w całym cyklu życia tych wyrobów, wzrost ilości emitowanych gazów cieplarnianych o 78 – 170 mln ton (tj. o około 61%)** (patrz Rys. 2).

Innymi słowy, znajdujące się obecnie na rynku **produkty z tworzyw sztucznych** umożliwiły **oszczędność energii o około 2 400 mln GJ rocznie**, co odpowiada 53 milionom ton ropy naftowej mieszczącej się w 205 gigantycznych tankowcach. **Oszczędności w emisji gazów cieplarnianych (124 mln ton rocznie)** to ilość równa łącznej emisji CO₂ wygenerowanej w roku 2000 przez taki kraj jak np. Belgia [UNFCCC, 2009] lub równoważność 39% przyjętego w Kyoto dla EU15 celu ograniczenia emisji tych gazów.

Tylko dla nielicznych wyrobów z tworzyw sztucznych zużycie energii jest większe niż w przypadku ich odpowiedników wykonanych z innych materiałów. Większość wyrobów z tworzyw sztucznych wymaga mniejszej niż ich ewentualne substytuty nakładów energii w fazie produkcji. Ponadto wyroby tworzywowe umożliwiają dalsze, znaczące oszczędności w fazie ich użytkowania. Szczególnie jest to widoczne w przypadku części samochodowych, materiałów izolacyjnych stosowanych w budownictwie³ i przemyśle elektronicznym, oraz opakowań z tworzyw sztucznych. Faza użytkowania ma istotne znaczenie w całym cyklu życia: przypada na nią średnio 18% zapotrzebowania na energię w przypadku cyklu życia wyrobów z tworzyw sztucznych oraz 24% całkowitego zapotrzebowania na energię w cyklu życia wyrobów z innych materiałów. Po wyłączeniu z analizy wyrobów, które nie przynoszą oszczędności w fazie użytkowania, otrzymano średni udział fazy użytkowania w całkowitym zapotrzebowaniu na energię dla wyrobów z tworzyw sztucznych oraz wyrobów z materiałów alternatywnych, który wyniósł 31%.

² Należy pamiętać, że wielkości te obejmują również zużycie energii oraz emisję gazów cieplarnianych w fazie użytkowania produktów, np. niższe zużycie paliwa spowodowane niższą masą komponentów motoryzacyjnych.

³ Oszczędności energii i mniejsza emisja gazów cieplarnianych przez materiały izolacyjne stosowane w budownictwie – patrz część 2 niniejszego opracowania (dane te nie zostały przedstawione w części 1, gdyż inne materiały umożliwiają zwykle osiągnięcie podobnych oszczędności).



Rys. 2: Zmiany w masie produktów, zużyciu energii i emisji gazów cieplarnianych, po teoretycznym zastąpieniu tworzyw sztucznych materiałami alternatywnymi.

Podczas obliczeń, modyfikacji, aktualizacji oraz analiz przeprowadzanych dla potrzeb niniejszego opracowania wykazano, że stosunkowo duża ilość analizowanych przypadków zapewnia wiarygodność końcowych wyników. Wynika to z tego, że różnice obserwowane dla pojedynczego badania stają się mało istotne w odniesieniu do wszystkich zastosowań i przypadków, zaś ewentualne korekty danych wyjściowych dotyczą w równym stopniu tworzyw sztucznych, jak i materiałów alternatywnych. Ponadto, w wielu przypadkach celowo przyjęto bardzo umiarkowane założenia, co oznacza, że wyniki końcowe faworyzują konkurencyjne, alternatywne materiały.



3 Streszczenie CZĘŚCI 2: Dodatkowe argumenty przemawiające za przewagą tworzyw sztucznych pod względem efektywności energetycznej oraz ochrony klimatu

3.1 Cel i podejście

Celem drugiej części opracowania było przedstawienie kolejnych dowodów na to, że stosowanie tworzyw sztucznych przynosi określone korzyści związane z efektywnością energetyczną oraz ochroną klimatu. Związane jest to z takimi elementami jak: poprawa parametrów tworzyw sztucznych, która dokonała się w miarę upływu czasu (zwiększona wydajność zarówno samych materiałów jak i procesów produkcyjnych), korzyści wynikające z lepszych właściwości izolacyjnych tworzyw sztucznych, obecność takich wyrobów z tworzyw sztucznych, dla których korzyści wynikające z fazy ich użytkowania przewyższają negatywny wpływ fazy produkcji, uwzględniając ponadto korzystny wpływ różnych strategii zagospodarowania opadów. W tej części omówione zostały również kwestie stosowania do tworzyw sztucznych produkcji zasobów odnawialnych, udziału tworzyw sztucznych w konsumenckim śladzie węglowym, oraz wkładu tworzyw sztucznych w procesy innowacji i dematerializacji.

Z tego względu niniejsze opracowanie przedstawia informacje na temat tych zmian, zwłaszcza ich kierunku i wielkości, dzięki czemu uzyskać będzie można odpowiedź na podstawowe niepokoje i uprzedzenia opinii publicznej i decydentów politycznych w stosunku do tworzyw sztucznych, a w szczególności wpływu tych materiałów na zużycie energii i zmiany klimatu. Te informacje będą przydatne w debacie publicznej i pomogą ukazać temat we właściwym świetle

Wszelkie uzyskane dane zostały na koniec podsumowane w tak zwanym „bilansie węglowym” tworzyw sztucznych, w którym porównano poziomy emisji gazów cieplarnianych związane z fazą produkcji w odniesieniu do oszczędności emisji uzyskanymi w fazie użytkowania wyrobów z tworzyw sztucznych. Przedstawiono zarówno stan obecny jak i prognozy na rok 2020.

3.2 Przykładowe fakty i wielkości

3.2.1 Poprawa parametrów produkcji oraz własności tworzyw sztucznych w perspektywie czasu

Najnowsze dane, dotyczące sześciu typowych wyrobów opakowaniowych oraz profili okiennych, zostały porównane z danymi historycznymi w celu oceny postępu jaki się dokonał w tym czasie. Oceniano obniżenie masy opakowania w przeliczeniu na jednostkę funkcjonalną oraz zmniejszenie zużycia energii i związaną z tym redukcję emisji gazów cieplarnianych.

Wśród badanych opakowań znalazły się: pojemniki na napoje mleczne i na śmietanę, na mleczko do kawy (małe porcje), butelki na płynne środki piorące, duże pojemniki zbiorcze na dżem oraz butelki na niegazowaną wodę mineralną.

Porównanie historii różnych wyrobów opakowaniowych wykazuje, że zmniejszenie ich masy pozwoliło ograniczyć zużycie energii oraz emisję gazów cieplarnianych nawet o 28% w stosunku do roku 1991. Ponadto korzyści wynikające z usprawnienia procesu produkcji plastikowych opakowań (wynoszące do 5%) są znacząco niższe niż te

wynikające ze zmniejszenia masy wyrobu, a w niektórych przypadkach nie obserwowano żadnych tego typu korzyści (patrz Załącznik, Tabela 7).

W przypadku ram okiennych czynnikiem dominującym okazała się poprawa ich własności izolacyjnych: dzisiaj przez rame „ucieka” trzy razy mniej energii w stosunku do wartości z roku 1970. Na przestrzeni ostatnich 30 lat roczne oszczędności w zużyciu energii oraz obniżeniu emisji gazów cieplarnianych związane z ramami okiennymi zwiększyły 7-krotnie (energia) i 9-krotnie (emisja gazów) w stosunku do rocznego zapotrzebowania na energię oraz związanej z tym emisji gazów w procesie produkcji takich ram.

3.2.2 Korzyści płynące z lepszych własności izolacyjnych tworzyw sztucznych

W Części 1 niniejszego opracowania, wykonane z tworzyw sztucznych materiały izolacyjne, zostały porównane z wełną mineralną oraz pianką szklaną. Wyniki wskazują, że przy produkcji izolacji z tworzyw sztucznych zużywa się średnio 16% mniej energii i emitowane jest o 9% mniej gazów cieplarnianych, niż w przypadku alternatywnej mieszanki wełny mineralnej i pianki szklanej (w tych ilościach uwzględnione zostały wielkości związane z całym cyklem życia środków spieniających, natomiast wyłączone wartości związane z efektem użytkowym w postaci oszczędności energii do ogrzewania i chłodzenia, które są identyczne dla porównywanych materiałów). Kwestie zużycia energii oraz emisji gazów cieplarnianych nie są jednakże jedynymi kryteriami wyboru materiałów izolacyjnych do konkretnych zastosowań. Niezbędna jest również analiza związanych z nimi aspektów środowiskowych, ekonomicznych oraz społecznych.

Znaczne oszczędności energii, zapewniane przez wszystkie materiały izolacyjne w fazie ich użytkowania, stanowią najważniejszy efekt energetyczny w całym ich cyklu życia, gdyż energia zużywana do ich wyprodukowania równa jest zwykle mniejsza niż 1% całkowitej energii związanej z ich cyklem życia.

Badania przeprowadzone przez denkstatt [Pilz i Mátra, 2006] wykazały, że materiały izolacyjne z tworzyw sztucznych umożliwiają niezwykle duże oszczędności energii podczas fazy użytkowej; energia niezbędna do wytworzenia tych wyrobów zostaje zrównoważona poprzez oszczędności poczynione już w po 4 miesiącach ich użytkowania.

W całym swoim cyklu życiowym panele izolacyjne z tworzyw sztucznych pozwalają zaoszczędzić ponad 150 razy więcej energii niż potrzeba do ich wyprodukowania.

Wg szacunkowych danych oszczędności energii netto zapewnianej przez wszystkie wykonane z tworzyw sztucznych materiały izolacyjne zastosowane w przemyśle budowlanym w roku 2004 wyniosły od 9 500 do 19 900 milionów GJ w całym ich cyklu życia, a związana z tym redukcja emisji gazów cieplarnianych wyniosła 536 – 1,120 milionów ton równoważnika CO₂.

3.2.3 Korzyści płynące z wykorzystania tworzyw sztucznych do produkcji energii odnawialnej

Tworzywa sztuczne odgrywają coraz ważniejszą rolę w produkcji energii odnawialnej. Za przykład mogą tu służyć wykonane właśnie z tworzyw sztucznych łopaty wirników turbin wiatrowych czy cienkowarstwowe, ogniwa fotowoltaiczne, w których inne niż krzemowe (oparte o związki metali lub związki organiczne) półprzewodniki nadrukowane są na polimerowej folii.

Turbiny wiatrowe: zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych wynikające z fazy użytkowania (energia wiatru zastępuje prąd elektryczny) daje oszczędności ponad 140 razy większe w odniesieniu do ilości wyemitowanych w fazie produkcji, przy założeniu,



że jedna trzecia⁴ redukcji emisji gazów cieplarnianych osiąganych przez turbinę wiatrową przypada na jej wirnik (patrz Załącznik, Rys. 5).

Panele fotowoltaiczne: zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych wynikające z fazy użytkowania (energia słoneczna zastępuje prąd elektryczny) daje oszczędności 340 razy większe w odniesieniu do ilości wyemitowanych w fazie produkcji, przy założeniu, że jeżeli jedna czwarta⁵ redukcji emisji gazów cieplarnianych osiąganych dzięki panelowi fotowoltaicznemu przypada na folię wykonaną z tworzywa sztucznego (patrz Załącznik, Rys. 5).

3.2.4 Wpływ zasobów odnawialnych na oszczędność energii oraz emisję gazów cieplarnianych

Z zasobów odnawialnych produkować można dwie podstawowe kategorie tworzyw sztucznych. Jedną z nich to nowe monomery (takie jak kwas polimlekowy) stosowane do wytwarzania nowych, być może biodegradowalnych polimerów (np. PLA). Wyzwanie rynkowe polega w tym przypadku na konkurowaniu z wytwarzanymi obecnie masowymi tworzywami sztucznymi pod względem opłacalności produkcji oraz dostosowaniu urządzeń do przetwórstwa tworzyw.. Drugie podejście polega na wytwarzaniu popularnych monomerów, takich jak etylen (lub jego pochodne) z etanolu pozyskanego ze źródeł odnawialnych. Monomery te mogą być następnie wykorzystywane w istniejących zakładach polimeryzacyjnych, wytwarzających szeroką gamę doskonale znanych odmian polietylenu. W obydwu przypadkach technologie chemiczne są już sprawdzone w praktyce, lecz czynnikiem decydującym będzie ilość nieodnawialnej energii zużytej w całym łańcuchu produkcyjnym.

Tworzywa sztuczne wykonane z biodegradowalnych polimerów uzyskanych ze źródeł odnawialnych

Przykłady opakowań wykonanych z PLA oraz ich porównanie z opakowaniami z PET wskazują na duży wpływ warunków produkcji (w szczególności struktury zużytej w procesie produkcji energii – „koszyka energetycznego”) produktów z PLA oraz na jeszcze większy wpływ sposobu zagospodarowania ich odpadów na ogólne wyniki dotyczące emisji gazów cieplarnianych w całym cyklu życia. Przy obecnych rozwiązaniach z zakresu gospodarki odpadami butelki PET przyczyniają się do globalnego ocieplenia w stopniu mniejszym niż butelki wykonane z PLA. Jeśli plastikowe butelki nie będą składowane na wysypiskach, to wyniki mogą być zgoła odmienne. W zależności od zastosowanej metody zagospodarowania odpadów różnica pomiędzy minimalną i maksymalną emisją równoważnika CO₂ może być znacząca (patrz Załącznik, Tabela 8).

Tworzywa sztuczne wykonane z etanolu pozyskanego ze źródeł odnawialnych

Aby dokonać oceny poziomu emisji gazów cieplarnianych (wyrażone za pomocą równoważnika CO₂), związanych z produkcją folii LDPE wytworzonej z etylenu pozyskanego ze źródeł odnawialnych jako podstawy do dalszego przetwarzania na biotworzywa, wykorzystano trzy opublikowane niedawno badania [DfT, 2008], [Zah i inni, 2007] oraz [Baitz i inni, 2007] jako odniesienie przyjmując folię LDPE wyprodukowaną na bazie paliw kopalnych [Boustead, 2005].

We wszystkich analizowanych przypadkach potencjał tworzenia efektu cieplarnianego (GWP) miał podobny, dość szeroki zakres (patrz Załącznik, Rys. 6). Jeżeli chodzi o LDPE pozyskany z zasobów odnawialnych, ów szeroki zakres jest wynikiem zastosowanych różnych surowców (kukurydzy, pszenicy, buraków cukrowych, trzciny

⁴ Ze względu na trzy główne elementy funkcjonalne turbiny wiatrowej

⁵ Ze względu na cztery główne elementy funkcjonalne ogniwa fotowoltaicznego

cukrowej, itp.) oraz zastosowanej metody przetwarzania odpadów. W przypadku folii LDPE wytworzonej na bazie paliw kopalnych owa rozpiętość jest wynikiem różnych metod zagospodarowania odpadów.

Średnia przewaga folii PE wytworzonej na bazie zasobów odnawialnych wynosi od 2 do 3 kg CO₂ na kilogram PE, w porównaniu do folii PE pozyskanej z zasobów kopalnych. Przewaga ta może jednak różnić się znacząco w zależności od rodzaju surowców wykorzystanych do produkcji bioetanolu.

3.2.5 Korzystny wpływ recyklingu i odzysku odpadów na ograniczenie zużycia energii i emisji gazów cieplarnianych

W dzisiejszych czasach odpady z tworzyw sztucznych zawsze należy traktować jako wartościowy surowiec wtórny, który może przyczynić się do oszczędności energii oraz ograniczenia emisji gazów cieplarnianych. Ten korzystny wpływ recyklingu i odzysku na ograniczenie zużycia energii oraz emisji gazów cieplarnianych przedstawiono na przykładzie LDPE poddanego recyklingowi i odzyskowi za pomocą najważniejszych metod, recyklingu mechanicznego (materiałowemu) jednorodnych pod względem zawartości materiału frakcji odpadów polietylenowych, recyklingowi surowcowemu, przemysłowemu odzyskowi energii oraz spalaniu stałych komunalnych odpadów.

Wszystkie metody recyklingu i odzysku powodują oszczędność netto zasobów energetycznych (patrz Załącznik, rys. Rys. 7). Emisja gazów cieplarnianych również ulega zmniejszeniu w wyniku recyklingu materiałowego i surowcowego oraz przy zastosowaniu wysoko wydajnych energetycznie metod odzysku energii (patrz Załącznik, Rys. 8). Jednak obecnie w Europie odzysk energii z odpadów z tworzyw sztucznych prowadzony w spalarniach stałych odpadów komunalnych produkuje większe ilości CO₂ niż ilości odpowiadającą oszczędnościom wynikającym z wytworzonej w ten sposób energii elektrycznej i ciepłej.

Rys. 7 pokazuje również, że korzyści związane z recyklingiem mechanicznym mogą być porównywalne lub nawet mniejsze niż w przypadku recyklingu surowcowego lub przemysłowego odzysku energii, a dzieje się tak zwłaszcza w tych przypadkach, w których recykling mechaniczny wiąże się z dużymi stratami materiału, lub w których masa zastąpionego materiału pierwotnego jest znacznie niższa niż masa tworzyw sztucznych poddanych recyklingowi.

W przyszłości należy skupić się na eliminowaniu składowania tworzyw sztucznych na wysypiskach i na wykorzystaniu tych odpadów, jako wartościowego zasobu wtórnego w rozmaitych procesach recyklingu i odzysku. Należy również wszędzie, gdzie jest to tylko możliwe podnosić wydajność energetyczną spalarni komunalnych odpadów stałych

3.2.6 Porównanie strategii odzysku odpadów: „Pełna zgodność z produktowymi dyrektywami UE” a „maksymalne ograniczenie ilości odpadów składowanych”

Dokonano oceny wpływu, jaki na oszczędność energii oraz poziom emisji gazów cieplarnianych mają dwie różne strategie odzysku odpadów wymienione poniżej:

- 1: Pełna zgodność z europejskimi dyrektywami dotyczącymi odpadów opakowaniowych, odpadów elektrycznych i elektronicznych (WEEE) oraz zużytych pojazdów (ELV): sytuacja dzisiejsza a pełna zgodność; porównanie z efektami
- 2: Zaprzestanie składowania wszystkich odpadów z gospodarstw domowych i z handlu / zakaz składowania

Szacunkowe wyniki podano dla

- odpadów z tworzyw sztucznych
- wszystkich materiałów

W przypadku zmieszanego strumienia odpadów z tworzyw sztucznych oraz papieru rozpatrzono dwa scenariusze:



- Scenariusz A: cała masa trafia do spalarni komunalnych odpadów stałych
- Scenariusz B: 50% odpadów z tworzyw sztucznych i papieru trafia do przemysłowego odzysku energii i recyklingu surowcowego, reszta do spalarni komunalnych odpadów stałych

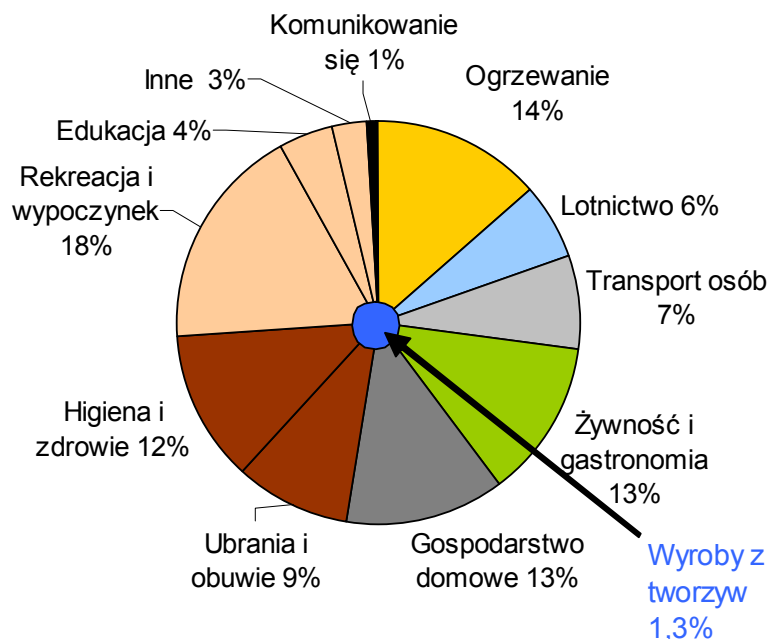
Wyniki tych szacunkowych kalkulacji wskazują, że oszczędność energii oraz obniżenie emisji gazów cieplarnianych w wyniku strategii „pełnego odejścia od składowania” (w zależności od scenariusza) jest do 11 razy (energia) oraz do 28 razy (gazy cieplarniane) większa, niż ograniczenie ilości energii oraz emisji gazów cieplarnianych w wyniku pełnej zgodności z unijnymi dyrektywami o odpadach opakowaniowych, ELV oraz WEEE (patrz Załącznik, Rys. 9).

Wyniki pokazują również jak ważne jest wydzielenie z pozostałych odpadów wysokokalorycznej frakcji mieszanych odpadów z tworzyw sztucznych, aby poddać je utylizacji w procesie przemysłowego odzysku energii lub w procesie recyklingu surowcowego.

3.2.7 Wyroby z tworzyw sztucznych i ich udział w śladzie węglowym generowanym przez sektor konsumencki

Aby obliczyć udział tworzyw sztucznych w śladzie węglowym generowanym przez przez sektor konsumencki przyjęto szacunkową wielkość całkowitego śladu węglowego dla sektora konsumenckiego za Hertwichem i Petersem [2009], gdzie została ona określona, dla krajów EU27+2, na poziomie 12,2 ton równoważnika CO₂ na mieszkańca w roku 2001. Zakładamy, że do roku 2007 wartość ta zwiększała się co najmniej o 2%/rok, co daje 13,7 ton równoważnika CO₂ na mieszkańca w roku 2007.

W Części 1 niniejszego opracowania podano, że w 2007 roku 510 milionów ludzi zużyło 46,4 mln ton produktów z tworzyw sztucznych, co daje 91 kg/osobę. Wyniki Części 1 pokazują, że średnia emisja w fazie produkcji wraz ze średnią emisją netto z fazy zagospodarowania odpadów, wynosi 3,4 kg równoważnika CO₂ na kilogram tworzyw sztucznych, zaś ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w fazie użytkowania wynosi -1,5 kg równoważnika CO₂ na kilogram tworzyw sztucznych, co daje łączny bilans dla całego cyklu życia równy 1,9 kg równoważnika CO₂ na kilogram tworzyw sztucznych lub 173 kg równoważnika CO₂ na jednego konsumenta. Równa się to 1,3 % łącznej emisji gazów cieplarnianych wytwarzanych przez jednego konsumenta, która wynosi 13,7 ton równoważnika CO₂ na mieszkańca (patrz Rys. 3).



Rys. 3: Udział wyrobów z tworzyw sztucznych w śladzie węglowym generowanym przez sektor konsumencki. Podział na poszczególne sektory za www.carbontrust.co.uk [Carbon Trust, 2009]; obliczenie względnego udziału tworzyw sztucznych oparte na danych z niniejszego opracowania.

3.3 Oszacowania i dane ilościowe

3.3.1 Ograniczanie strat w żywności i jego wpływ na zużycie energii oraz emisję gazów cieplarnianych

Oszacowanie ewentualnych oszczędności w emisji CO₂, wynikających z zapobiegania stratom żywności w wyniku zastosowania przeznaczonych dla świeżej żywności materiałów opakowaniowych z tworzyw sztucznych wskazuje, że ograniczenie strat o 10-20% daje ograniczenie emisji CO₂ od 4 do 9 razy przekraczające poziom emisji tego gazu w fazie produkcji opakowań (patrz Załącznik, Tabela 9). Dlatego też tego typu korzyści generowane w fazie użytkowania zdecydowanie przewyższają emisję gazów cieplarnianych w fazie produkcji (w przypadku opakowań takich produktów, dla których występują straty żywności i są one nieuniknione).

Jeżeli założymy, że 70% wszystkich opakowań żywnościowych (z tworzyw sztucznych i innych materiałów) pozwala zapobiec stracie 20% opakowanej w nie żywności (w porównaniu do dystrybucji towarów bez opakowań), oraz jeżeli założymy ten sam współczynnik oszczędności emisji CO₂ dla fazy produkcji opakowań i produkcji żywności, jaki podano powyżej, to odpowiednie korzyści związane z ograniczeniem emisji CO₂, wynikające z zastosowania opakowań z tworzyw sztucznych mogą być oszacowane na poziomie 190 mln ton CO₂.

Ponadto, zastosowanie zamiast materiałów alternatywnych tworzyw sztucznych do pakowania świeżej żywności daje dodatkową oszczędność niewyemitowanych 22 mln ton CO₂ (według Części 1 niniejszego opracowania).



3.3.2 Ograniczenie zużycia energii oraz poziomu emisji gazów cieplarnianych w wyniku zastosowania innowacji, zmian koncepcji oraz zmniejszenia masy wyrobu

W celu uzyskania ogólnego poglądu na to, w jaki sposób zmiany w zastosowaniu materiałów mogą wpłynąć na zużycie energii oraz na potencjał tworzenia efektu cieplarnianego (GWP) dokonano oceny dwóch przypadków:

- (i) słuchanie muzyki zapisanej na płytach CD oraz w plikach,
- (ii) robienie zdjęć aparatami analogowymi oraz cyfrowymi.

Wyniki przedstawiono poniżej.

Zużycie energii oraz emisja gazów cieplarnianych zmniejszają się odpowiednio o 60 – 106 razy przy wykorzystaniu odtwarzaczy MP3 w porównaniu do przenośnych odtwarzaczy CD.

Zużycie energii oraz emisja gazów cieplarnianych zmniejszają się odpowiednio o 26 – 107 razy przy wykorzystaniu aparatów cyfrowych (z kartami SD) w porównaniu do aparatów analogowych (z rolkami filmu).

3.3.3 Szacunkowy „bilans węglowy” dla całego rynku wyrobów z tworzyw sztucznych w roku 2007 i prognoza na rok 2020

„Bilans węglowy” definiowany jest dla potrzeb niniejszego opracowania jako „ilość gazów cieplarnianych, których emisji udało się uniknąć” (w wyniku korzystnych cech tworzyw sztucznych związanych z fazą ich użytkowania oraz odzysku) podzielona przez ilość gazów cieplarnianych wyemitowanych w fazie produkcji tworzyw sztucznych (obydwie wielkości są wyrażone jako równoważnik CO₂).

Taki bilans węglowy określono dla całego rynku wyrobów z tworzyw sztucznych w państwach EU 27+2 w roku 2007, jako odpowiadający sytuacji obecnej. Ponadto, podano również przewidywany bilans węglowy dla roku 2020, który oparto na przewidywanych kierunkach rozwoju w poszczególnych obszarach zastosowań tworzyw sztucznych (patrz Tabela 2).

Należy zauważyć, że lista przykładów, korzystnego z punktu widzenia bilansu węglowego, zastosowania tworzyw sztucznych jest niekompletna – obejmuje ona te obszary, w których korzyści udało się do tej pory skwantyfikować.

W roku 2007 szacunkowe korzyści płynące z zastosowania tworzyw sztucznych były 5-9 razy wyższe niż emisja gazów cieplarnianych w fazie produkcji i odzysku.

W roku 2020 takie szacunkowe korzyści związane z fazą użytkowania mogą być 9-15 razy większe, niż przewidywany poziom emisji w fazie produkcji i zagospodarowania odpadów. Oznacza to, że korzyści osiągnęte w fazie użytkowania tworzyw sztucznych zdecydowanie przewyższają poziom emisji generowanej w fazie produkcji, jeżeli bilans węglowy obliczany jest dla całego rynku wyrobów z tworzyw sztucznych. Poziom korzyści wynikających z fazy użytkowania jest oczywiście różny w zależności od poszczególnych obszarów zastosowań.

Potencjał tworzyw sztucznych do dalszego ograniczania emisji gazów cieplarnianych będzie w przyszłości wzrastał. Głównym czynnikiem przyczyniającym się do jeszcze większych korzyści dla ogólnego bilansu węglowego, a wynikający z fazy użytkowania tworzyw sztucznych, będą politycznie określone cele strategiczne zmierzające do ograniczenia zużycia energii i emisji gazów cieplarnianych w sektorze budowlanym i motoryzacyjnym oraz do zwiększenia udziału energii produkowanej ze źródeł odnawialnych, zgodnie z planem działań UE, dotyczącym energii i zmian klimatycznych do roku 2020. Ponadto, zastosowanie tworzyw sztucznych do ochrony zapakowanych w nie produktów (w szczególności żywności) oraz w celu zastąpienia mniej wydajnych



energetycznie i pod względem emisji gazów cieplarnianych materiałów, jeszcze bardziej przyczyni się do zwiększenia roli tworzyw sztucznych w ograniczaniu emisji gazów cieplarnianych w całej Europie.

"Bilans węglowy"	2007	2020	Przeciętna zmiana do 2020
rynku tworzyw sztucznych w EU27+2	mln t CO ₂ -equ.	mln t CO ₂ -equ.	mln t CO ₂ -equ.
Produkcja	160	180	
Wzrost produkcji (2% rocznie)			47
Zwiększona wydajność materiału			-21
20% PE ze źródeł odnawialnych?			-6
Efekty recyklingu/odzysku/składowania	-1	-6 — +18	-5 — +19
Przykładowe efekty fazy użytkowania:			
zastąpienie materiału mniej wydajnego	-46 — -85	-59 — -110	-19
oszczędność paliwa	-17	-34	-17
izolacja	-540 — -1.100	-1.200 — -1.800	-700
zapobieganie stratom żywności	-100 — -200	-150 — -300	-75
wirniki turbin wiatrowych i panele słoneczne	-60	-250 — -500	-310
Całkowity bilans węglowy	-600 — -1.300	-1.500 — -2.500	
Faza użytkowania i odzysku vs. Produkcja	-5 — -9	-9 — -15	

Tabela 2: „Bilans węglowy” całego rynku wyrobów z tworzyw sztucznych w EU27+2 w roku 2007 oraz w 2020 (szacunkowa ekstrapolacja) z podziałem na emisję gazów cieplarnianych w fazie produkcji oraz w fazie odpadu, jak również szacunkowe zakresy korzyści w fazie użytkowania (wartości ujemne), płynące z zastosowania produktów z tworzyw sztucznych. W ostatniej linii przedstawiono stosunek ograniczenia emisji gazów cieplarnianych w fazie użytkowania (oraz odzysku) do emisji tych gazów w fazie produkcji.



4 Wnioski

Najważniejsze wnioski płynące z wyników badań:

- Wyroby z tworzyw sztucznych, obecne na rynku, pozwalają na znaczne ograniczenie zużycia energii oraz emisji gazów cieplarnianych (najważniejszą rolę odgrywają w tym procesie fazy produkcji i użytkowania).
- Przebadano wpływ rozmaitych materiałów na zapotrzebowanie na energię w ich całym cyklu życia. Wyniki pokazują, że w większości przypadków, wykorzystywane dzisiaj tworzywa sztuczne przyczyniają się do jak najbardziej wydajnego, biorąc pod uwagę bilans energetyczny, wykorzystania zasobów.
- Zastąpienie wyrobów z tworzyw sztucznych innymi materiałami spowoduje, w większości przypadków, wzrost zużycia energii oraz poziomu emisji gazów cieplarnianych.
- Zatem uwzględniając cały cykl życia wyrobów, tworzywa sztuczne mogą być uznane za jedno z najbardziej wydajnych energetycznie materiałów.
- Tworzywa sztuczne często umożliwiają zmniejszenie masy wyrobów.
- Zastosowanie tworzyw sztucznych w izolacjach termicznych, opakowaniach do żywności lub w urządzeniach do produkcji energii odnawialnej daje wyjątkowe korzyści związane z fazą użytkowania tych wyrobów.
- Polimery oparte na zasobach odnawialnych z samej przyczyny swojego pochodzenia nie są lepsze, niż konwencjonalne tworzywa sztuczne wytworzone na bazie paliw kopalnych. W zależności od użytego surowca i zastosowanej metody zagospodarowania odpadów różnica pomiędzy minimalną i maksymalną emisją równoważnika CO₂ jest większa niż różnica dzieląca je od konwencjonalnych polimerów.
- Tworzywa sztuczne pozyskiwane na bazie zasobów odnawialnych mogą przyczynić się do redukcji emisji gazów cieplarnianych w przyszłości, jeżeli wybrane zostaną właściwe zasoby surowcowe oraz odpowiednie metody zagospodarowania odpadów.
- „Bilans węglowy” całego rynku tworzyw sztucznych w EU27+2 wskazuje, iż szacunkowe korzyści związane z fazą użytkowania (ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w wyniku zastosowania tworzyw sztucznych) są około 5 - 9 razy większe, niż poziom emisji w fazie produkcji i odzysku wszystkich tworzyw sztucznych (wg danych na rok 2007). *Należy zauważyć, że lista przykładów korzystnego, z punktu widzenia bilansu węglowego, zastosowania tworzyw sztucznych jest niekompletna – obejmuje ona te obszary, w których korzyści udało się do tej pory określić ilościowo.*
- Korzyści związane z fazą użytkowania tworzyw sztucznych mogą być potencjalnie dużo większe do roku 2020 i mogą zdecydowanie przewyższyć poziom dodatkowej emisji spowodowanej rosnącą ilością tworzyw sztucznych. W roku 2020 przewidywane oszczędności w emisji CO₂ uzyskane w czasie użytkowania wyrobów mogą być 9-15 razy większe niż ilość CO₂ wyemitowana w tym samym roku w związku z produkcją i zagospodarowaniem odpadów.

- Najważniejszymi czynnikami wpływającymi na wzrost korzyści wynikających ze stosowania tworzyw sztucznych będą cele strategiczne UE (zgodnie z planem działań UE dotyczącym energii i zmian klimatycznych do roku 2020) zmierzające do ograniczenia zużycia energii i emisji gazów cieplarnianych w sektorze budowlanym i motoryzacyjnym oraz do zwiększenia udziału energii produkowanej ze źródeł odnawialnych. Ponadto zastosowanie tworzyw sztucznych do ochrony zapakowanych w nie produktów (w szczególności żywności) oraz w celu zastąpienia mniej wydajnych energetycznie i pod względem emisji gazów cieplarnianych materiałów również przyczyni się do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych w całej Europie.

Zastrzeżenia odnośnie przedstawionych powyżej wniosków

W Części 1 niniejszego raportu przeanalizowano efekty w zakresie zapotrzebowania na energię oraz poziomu emisji gazów cieplarnianych jeżeli tworzywa sztuczne, jako *materiał*, zastąpione zostałyby innym *materiałem*, przy jednoczesnej, możliwie jak najmniejszej, modyfikacji pozostałych cech produktów (funkcja, design, bezpieczeństwo, itp.). W związku z tym, w raporcie tym nie przeanalizowano stopnia zmiany zapotrzebowania na energię oraz emisji gazów cieplarnianych w następujących okolicznościach:

- kiedy wyroby z tworzyw sztucznych zastępowane są nie „zbliżonymi” wyrobami, lecz takimi, które są znacząco odmienne pod względem wzornictwa, funkcji, przeznaczenia wyrobu i sposobu wykonania
- kiedy zmianie podlegają również inne niż sam materiał aspekty wyrobu i jego użytkowania
- kiedy nowe technologie mogą spowodować wykonanie tej samej usługi bez użycia jakichkolwiek materiałów (np. komunikacja bezprzewodowa zastępująca procesy, w których niezbędne są kable).

W Części 2 uwzględniono tylko poprawę własności tworzyw sztucznych, w związku z czym nie dokonano ich porównania z żadnymi innymi materiałami. Należy pamiętać o tym, że podobnie jak w przypadku wyrobów z tworzyw sztucznych, wyroby wykonane z innych materiałów również mogą ulegać zmianom (ich własności mogą się poprawiać) wraz z upływem czasu, w związku z czym mogą one zapewniać równie korzystne efekty (np. korzyści związane z użyciem izolacji cieplnej nie zależą w tak dużym stopniu od rodzaju wykorzystywanych materiałów). Dlatego bezpośrednie porównanie tworzyw sztucznych z innymi materiałami jest niemożliwe.

W dążeniu do ostatecznego celu, jakim jest efektywne wykorzystanie zasobów, należy wziąć pod uwagę wszystkie możliwości, mogące przyczynić się do optymalizacji wszystkich powiązanych elementów. Zmiany wzornictwie, funkcji, przeznaczeniu wyrobu i sposobie wykonania mogą wywrzeć większy wpływ na ogólne zapotrzebowanie na energię niż samo zastosowanie alternatywnych materiałów.

Na koniec należy podkreślić, że kompleksowe porównanie materiałów nie powinno być oparte tylko na różnicach w zużyciu energii oraz emisji gazów cieplarnianych, lecz powinno obejmować „pełną ocenę zrównoważonego rozwoju” dotyczącą środowiskowych, ekonomicznych i społecznych skutków zastosowania poddanych analizie produktów.



5 Bibliografia

- Baitz M., Albrecht St., Zhang H., Deimling, S. & Goymann M. (2007): Environmental and economic analysis of different synthesis routes for ethylene. PE INTERNATIONAL GmbH. Leinfelden-Echterdingen, Germany.
- Boustead, I. (2005): Eco-profiles of the European plastics industry. Association of Plastics Manufacturers in Europe (PlasticsEurope), Brussels, Belgium.
- Carbontrust (2009): <http://www.carbontrust.co.uk>
- DfT (2008): Carbon and Sustainability Reporting Within the Renewable Transport Fuel Obligation - Requirements and Guidance. Department of Transport. London, UK.
- Ecoinvent (2007): Ecoinvent Database, Version 2.01, www.ecoinvent.ch, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, Switzerland.
- Hertwich, E. G. & Peters, G. P. (2009): Carbon Footprint of Nations - A global, trade-linked analysis, *Environmental Science & Technology* 2009 43 (16), 6414-6420
- IVV (1999): Recycling and Recovery of Plastics from Packagings in Domestic Waste, Fraunhofer Institut Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV), Freising, Germany.
- PEMRG (2009): Written information extracted from annual statistical survey. Plastics Europe. Market Research Group (PEMRG). PlasticsEurope - Association of Plastics Manufacturers, Brussels, Belgium.
- Pilz, H., Schweighofer, J. & Kletzer, E. (2005): The Contribution of Plastic Products to Resource Efficiency. GUA – Gesellschaft für umfassende Analysen, Vienna, Austria, for PlasticsEurope - Association of Plastics Manufacturers, Brussels, Belgium.
- Pilz, H., Mátra, Z. (2006): The potential of plastic insulation to realise energy savings and de-coupling in Europe. GUA – Gesellschaft für umfassende Analysen, Vienna, Austria, for PlasticsEurope, Brussels, Belgium.
- Plastics Europe (2008): The Compelling Facts About Plastics. An analysis of plastics production, demand and recovery for 2007 in Europe. PlasticsEurope - Association of Plastics Manufacturers, Brussels, Belgium.
- UNFCCC (2009): National greenhouse gas inventory data for the period 1990 to 2007. UNFCCC - United Nation Frame Work Convention on Climate Change.
- Zah, R., Böni H., Gauch, M., Hischier, R., Lehmann, M. & Wäger, P. (2007): Ökobilanz von Energieprodukten: Ökologische Bewertung von Biotreibstoffen. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA), Abteilung Technologie und Gesellschaft. Bern, Switzerland.

6 ZAŁĄCZNIK A: Wybrane najważniejsze tabele i rysunki

W Tabeli 3 przedstawiono podsumowanie 32 studiów przypadku oraz 173 różnych, poddanych ocenie wyrobów (studia przypadków w podziale na rodzaje materiałów). Te poszczególne wyroby zostały ujęte w modelu obliczeniowym, służącym do określenia zapotrzebowania na energię oraz emisji gazów cieplarnianych w całym cyklu życia. Poddane ocenie polimery oraz inne, konkurujące z nimi materiały opisano w Tabeli 4.

	Liczba zbadanych studiów przypadków	Liczba zbadanych produktów	Analizowane grupy produktów
Opakowania	7	57	Małe opakowania, butelki do napojów, inne butelki, inne sztywne opakowania, folie termokurczliwe i stretch, torebki foliowe, inne opakowania elastyczne
Budownictwo (z wył. rur)	3	11	Izolacje, wykładziny podłogowe, okna
Rury	9	55	Rury kanalizacyjne dużej i małej średnicy, rury systemów drenażowych, rury wodociągowe dużej i małej średnicy, rury stosowane w rolnictwie, rury osłonowe do kabli, rury gazowe, rury do c.o., rury przemysłowe
Sprzęt elektryczny i elektroniczny	2	9	Obudowy, izolacja w chłodziarkach
Motoryzacja	3	18	Przedział silnika, kabina pasażerska, karoseria, inne części
Gospodarstwo domowe	3	8	Pojemniki na świeżą żywność, wiaderka, pojemniki na odpady
Meble	2	7	Meble ogrodowe, materace
Produkty medyczne	2	4	Strzykawki, pojemniki na płyny infuzyjne
Obuwie	1	4	Podeszwy
Ogółem	32	173	

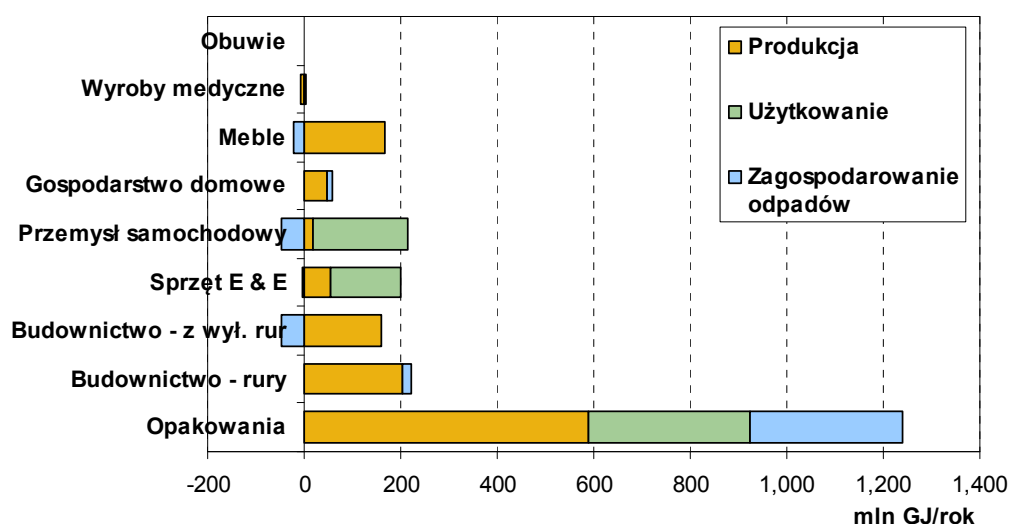
Tabela 3: Studia przypadków poddane analizie w niniejszym raporcie.



	Polimery analizowane w studiach przypadków	Materiały alternatywne analizowane w studiach przypadków
Opakowania	LDPE; LLDPE; HDPE; PP; PVC; PS; EPS; PET	Blacha cynowana, aluminium, szkło, tektura falista, papier & fibra, kompozyty na bazie papieru, drewno
Budownictwo (z wyl. rur)	PVC; XPS; EPS; PUR	Aluminium, pianka szklana, drewno, linoleum, wełna mineralna
Rury	HDPE; PP; PVC; PE-X; ABS/SAN	Stal, stal ocynkowana, żeliwo, aluminium, miedź, cement włóknisty, kamionka, beton
Sprzęt elektryczny i elektroniczny	PP; HIPS; ABS/SAN; PUR	Stal, aluminium, wełna mineralna, drewno, guma
Środki transportu	HDPE; PP; PMMA; PA; ABS/SAN; PUR	Stal, aluminium, szkło, guma
Gospodarstwo domowe	HDPE; PP	Stal, stal ocynkowana, aluminium, szkło
Meble	PP; PUR	Stal, aluminium, drewno, lateks
Produkty medyczne	PP; PVC	Szkło
Obuwie	PVC; PUR	Skóra, guma

Tabela 4: Polimery i materiały alternatywne analizowane w każdym studium przypadku.

Na Rys. 4 pokazano różnicę w zapotrzebowaniu na energię pomiędzy wyrobami z tworzyw sztucznych oraz z materiałów alternatywnych, dla wszystkich przeanalizowanych studiów przypadku pogrupowanych ze względu na obszary zastosowań, wyrażoną w milionach GJ/rok i wyliczoną dla EU27+2. Wyniki podzielono na fazy produkcji, użytkowania oraz zagospodarowania odpadów.



Rys. 4: Oszczędność energii (+) oraz dodatkowe zapotrzebowanie na energię (-) wyrobów z tworzyw sztucznych w porównaniu z wykonanymi z materiałów alternatywnych, w podziale na główne obszary zastosowań oraz poszczególne fazy cyklu życia: produkcję, użytkowanie oraz zagospodarowanie odpadów (efekt użytkowy izolacji został pominięty ze względu na to, że jest on identyczny dla określonych jednostek funkcjonalnych).

Tabela udziałów masowych	Udział tworzyw sztucznych	Razem tworzywa	LDPE	HDPE	PP	PVC	XPS	EPS	PET	PE-X, PMMA	ABS/SAN & inne termopl.	PUR	Inne termoutwardzalne	Razem materiały alternatywne	Stal nierdzewna	Stal ocynkowana	Żeliwo	Blacha cynowana/ opakowania ze	Aluminium	Miedź	Szkoło	Cement włóknisty	Kamionka	Beton	Tektura / tekt. falista	Papier & fibra	Kompozyty na bazie papieru	Drewno, tekstylia, itp.	Guma
Małe opakowania	3.18%	1.00	0.02	0.41	0.36	0.04	0.11		0.06					1.01				0.33	0.30							0.22	0.03	0.13	
Butelki do napojów	4.98%	0.83							0.83					12.48				0.04	0.09		12.30						0.06		
Inne butelki	2.53%	1.00	0.03	0.70	0.14	0.01			0.12					5.01				0.61	0.01		4.33						0.06		
Inne opakowania sztywne	13.15%	1.00		0.41	0.32		0.21	0.06						1.91				0.38	0.05		0.16				0.19	0.41	0.27	0.44	
Folie termokurczliwe i stretch	4.48%	1.00	1.00											5.94				0.69							3.79	1.07	0.05	0.33	
Torebki foliowe	1.37%	1.00	1.00											2.65												2.65			
Inne opakowania elastyczne	10.79%	1.00	0.72		0.22	0.03	0.03							1.80				0.23	0.12		0.04				0.16	0.64	0.36	0.25	
Rury kanalizacyjne i drenażowe o dużej średnicy	1.33%	1.00		0.30	0.10	0.60								11.75			0.32				0.19	2.22	9.02						
Rury kanalizacyjne i drenażowe o małej średnicy	1.33%	1.00		0.30	0.10	0.60								4.58		0.18	1.59		0.07		1.52	1.22							
Rury do wody pitnej o dużej średnicy	0.54%	1.00		0.40		0.56				0.04				3.70			2.10			0.78	0.83								
Rury do wody pitnej o małej średnicy	0.54%	1.00		0.40		0.56				0.04				4.54	0.45	2.67				1.42									
Rury stosowane w rolnictwie	0.56%	1.00		0.30	0.10	0.60								4.58		0.18	1.59		0.07		1.52	1.22							
Rury osłonowe do kabli	0.71%	1.00		0.05		0.95								4.34	4.34														
Rury gazowe	0.32%	1.00		1.00										6.63	1.34	5.29													
Rury do c.o.	0.32%	1.00			0.45					0.55				2.77	0.81		0.93			1.03									
Rury przemysłowe	0.38%	1.00		0.50	0.06	0.29				0.03	0.12			3.71	0.96		1.76		0.29	0.70									(Wełna mineralna)
Izolacja / wyciszanie	3.23%	1.00					0.13	0.42				0.44		3.47							2.31								(Wełna mineralna)
Wykładziny podłogowe	0.96%	3.00				3.00	(XPS)							2.73							(Pianka szklana)							2.73	2.73
Okna	2.45%	1.70				1.70								1.27					0.40									0.65	0.22
Obudowy	0.81%	1.00			0.25		0.27				0.47			2.07	0.65				0.55		(Wełna mineralna)							0.38	0.50
Izolacja w chłodziarkach	0.18%	1.00					(HIPS)					1.00		1.11						1.11									(Guma)
Przedział silnika	1.55%	1.00		0.38	0.37						0.25			1.48		1.14			0.34										
Kabina pasażerska i karoseria	1.31%	1.00			0.75					0.10	0.15			1.57		1.07			0.28		0.23								
Inne części samochodowe	0.76%	1.00			0.12						0.13	0.74		1.36		0.31			0.10		0.15								0.80
Pojemniki na świeżą żywność	1.19%	1.00			1.00									3.93	0.41				0.32		3.19								
Wiaderka	0.40%	1.00			1.00									3.56		3.56													
Pojemniki na odpady	0.40%	1.00		1.00										2.25		2.25													
Meble ogrodowe	1.11%	1.00			1.00									3.66	1.62				0.81									1.23	(Lateks)
Materace	0.48%	1.00										1.00		1.43	0.16														1.27
Strzykawki	0.16%	1.00			1.00									0.12							0.12								
Pojemniki na płyny infuzyjne	0.11%	1.00				1.00								9.83							9.83							(Skóra)	(Guma)
Podeszwy	0.40%	1.00				0.77						0.23		1.16														0.20	0.96

Tabela 5: Model zamian: udział tworzyw sztucznych w rynku i ich podział na polimery oraz współczynniki masowe do zastąpienia przez materiały alternatywne

			Założony poziom recyklingu mechanicznego																	Odpady?	Pozostałość po sortowaniu	Odpady zmieszane	Odpady palne	Inne materiały																	
		Opółtem recykling tworzyw	LDPE	HDPE	PP	PVC	PS	EPS	PET	PE-X	PMMA	ABS/SAN i inne termopl.	PUR	Inne termoutwardzalne	Stal nierdzewna	Stal ocynkowana	Żelazo	Błacha cynkowana/ ocynkowana	Aluminium	Miedź	Szkoło	Cement włóknisty	Kamionka	Beton	Tektura / tekt. falista	Papier & filitra	Kompozyty na bazie papieru	Drewno, tekstylia, itp.	Inne	Pozostałe w ziemi	Tworzywa sztuczne	Metale, szkło, minerały	Papier	Strzypianka szumowa resztkowy odpadów	Składowisko	Odzysk energii - spalanie odpadów	Odzysk energii - spalanie odpadów	Składowisko	Spalarnie odpadów komunalnych		
Opakowania	małe opakowania	26.4%	5%	5%	5%	5%	5%		5%	40%								20%	0%		20%				10%	10%	0%	0%			30%	20%	10%	0%	100%	65%	35%	0%	65%	35%	
	butelki do napojów		30%	30%	30%	30%	30%			30%								60%	50%	60%	60%	60%	50%				0%	0%			20%	10%	-	0%	100%	65%	35%	0%	65%	35%	
	inne butelki																	60%	25%	60%	25%	50%					0%	0%			20%	10%	-	0%	100%	65%	35%	0%	65%	35%	
	inne opakowania sztywne																	60%	25%	60%	25%	50%					0%	0%			20%	10%	-	0%	100%	65%	35%	0%	65%	35%	
	folie termokurczliwe i stretch		65%																60%							85%	85%	0%	0%			5%	5%	5%	0%	100%	65%	35%	0%	65%	35%
torebki foliowe	30%																										0%	0%			20%	-	10%	0%	100%	65%	35%	0%	65%	35%	
inne opakowania elastyczne		20%		20%	20%	20%												60%	25%		50%				50%	50%	0%	0%			30%	10%	10%	0%	100%	65%	35%	0%	65%	35%	
Budownictwo, bez rur	Rury kanalizacyjne i drenażowe o średnicy do 110 mm	4% 11%		0%	0%												0%		20%	0%		0%	0%	0%						100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Rury kanalizacyjne i drenażowe o średnicy powyżej 110 mm			5%	5%	15%										20%	20%	0%		20%		0%	0%							50%	10%	10%	-	0%	100%	65%	35%	0%	65%	35%	
	Rury do wody pitnej o dużej średnicy			0%	0%												0%					0%	0%							100%	-	-	-	-	-	-	-	-			
	Rury do wody pitnej o małej średnicy			5%		15%										20%	20%	20%			30%		0%							50%	10%	10%	-	0%	100%	65%	35%	0%	65%	35%	
	Rury stosowane w rolnictwie			5%	5%	15%											20%					0%								50%	10%	10%	-	0%	100%	65%	35%	0%	65%	35%	
	Rury osłonowe do kabli			0%		0%										0%	70%	20%				0%								20%	10%	10%	-	0%	100%	65%	35%	0%	65%	35%	
	Rury gazowe			70%													70%					0%								50%	10%	10%	-	0%	100%	65%	35%	0%	65%	35%	
	Rury do c.o.															20%		20%		30%										20%	10%	10%	-	0%	100%	65%	35%	0%	65%	35%	
Rury przemysłowe			5%	5%	15%							5%	5%		20%	20%	20%		30%									(Wetna mineralna)	20%	10%	10%	-	0%	100%	65%	35%	0%	65%	35%		
Rury	izolacja / wyciszanie	16% 18%					0%	0%					0%		20%		20%		20%	30%		0%						(Linoleum)	0%	20%		-	-	-	10%	90%	68%	42%	0%	68%	32%
	Wykładziny podłogowe						5%	(XPS)											60%									0%		10%	5%	-	-	0%	100%	65%	35%	0%	65%	35%	
Spręż E & E	Okna PCW/Alu	6.8%																									0%	0%		5%	5%	-	-	0%	100%	65%	35%	0%	65%	35%	
	Okna drewniane																											0%	0%	10%	10%	-	-	0%	100%	32%	18%	50%	0%	0%	
Przemysł samochodowy	Obudowy	8.3%		5%		5%						12%			50%				30%		(Wetna mineralna)							0%	0%	5%	5%	-	-	30%	70%	71%	28%	2%	75%	25%	
	Izolacja w chłodziarkach													0%						0%								(Guma)	30%	10%	-	-	30%	70%	71%	28%	2%	75%	25%		
Gospodarstwo domowe	Przedział silnika	13%		5%	5%						(PMMA)	0%	(PA-GF)		95%			70%				0%								5%	10%	-	-	100%	0%	85%	10%	5%	100%	0%	
	Kabina pasażerska & karoseria						20%				5%	20%				95%		70%		0%										5%	10%	-	-	100%	0%	85%	10%	5%	100%	0%	
Wyroby medyczne	Inne części samochodowe					0%						0%	0%		95%		70%		0%											5%	10%	-	-	100%	0%	85%	10%	5%	100%	0%	
	Pojemniki na świeżą żywność					0%									15%			15%	15%											10%	10%	-	-	0%	100%	65%	35%	0%	65%	35%	
Obuwie	Wiaderka	5%														15%															5%	5%	-	-	0%	100%	65%	35%	0%	65%	35%
	Pojemniki na odpady						60%									90%															5%	5%	-	-	0%	100%	65%	35%	0%	65%	35%
Meble ogrodowe	Mebel ogrodowe	0%		5%											60%			40%				0%						0%	(Lateks)	5%	5%	-	-	30%	70%	71%	28%	2%	75%	25%	
	Materace													5%		5%					0%							0%		10%	10%	-	-	30%	70%	71%	28%	2%	75%	25%	
Obuwie	Strzykawki	0%																			0%									-	-	-	-	0%	100%	65%	35%	0%	65%	35%	
	Pojemniki na płynny infuzyjny						0%														0%								(Skóra)	0%	-	-	-	-	0%	100%	65%	35%	0%	65%	35%
Obuwie	Podeszwy	0%																			0%	0%	0%							-	-	-	-	0%	100%	65%	35%	0%	65%	35%	
																														-	-	-	-	0%	100%	65%	35%	0%	65%	35%	

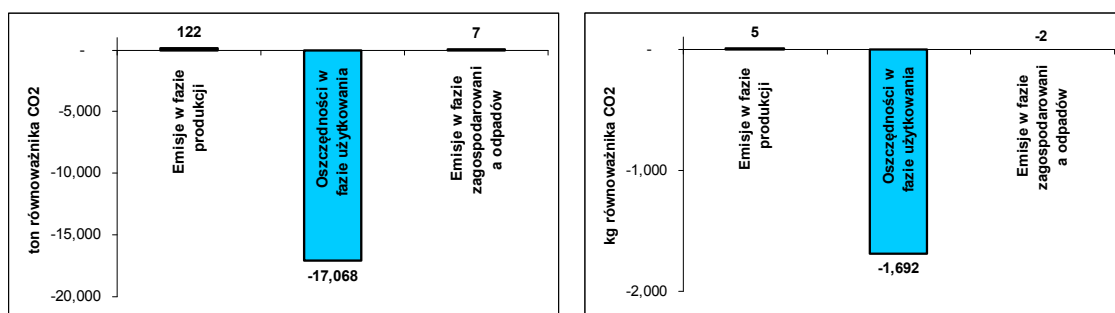


Tabela 7 pokazuje zachodzące w czasie zmiany dotyczące wykonanych z tworzyw sztucznych materiałów opakowaniowych. Oszczędności w zużyciu energii i emisji gazów cieplarnianych spowodowane zmniejszeniem masy jednostki funkcjonalnej sięgnęły poziomu 28% licząc od roku 1991. Usprawnienie procesów produkcji tworzyw sztucznych (na poziomie 5% maksimum) jest znacząco niższe niż obniżenie ich masy, a w niektórych przypadkach ma ono wręcz wartość ujemną.

Opakowanie	Okres	Masa [kg]	Energia [MJ/kg]	Równoważnik CO2 [kg/kg]
Napój mleczny 500 ml	1991-2009	-27,6%	-3,2%	-2,2%
Śmietana 200g	1991-2009	-19,2%	-4,8%	16,6%
Porcja skondensowanego mleka 10g	1991-2009	-15,8%	-4,8%	16,6%
Płyn do mycia naczyń 1.500 ml	1991-2009	-23,4%	-3,2%	-2,2%
Cateringowy pojemnik na dżem 12,5 kg	1991-2008	-22,3%	4,1%	-2,8%
Woda mineralna 1.500 ml	2000-2009	-21,7%	2,5%	1,0%

Tabela 7: Wzrost wydajności materiałów opakowaniowych oraz ich profil ekologiczny.

Na Rys. 5 pokazano poziom emisji gazów cieplarnianych w fazie produkcji, użytkowania i zagospodarowania odpadów na przykładzie wirnika turbiny wiatrowej o mocy 2,5 MW, wykonanego z tworzywa sztucznego wzmocnionego włóknem szklanym (wirnikowi przypisano 1/3 korzyści płynących z zastosowania całej turbiny) oraz na przykładzie folii plastikowej dla cienkiego modułu fotowoltaicznego o mocy szczytowej 1 kWp (folii przypisano 1/4 korzyści płynących z zastosowania całego modułu fotowoltaicznego).



Rys. 5: Emisja gazów cieplarnianych w fazie produkcji, użytkowania i zagospodarowania odpadów dla wirnika turbiny wiatrowej o mocy 2,5 MW, wykonanego z tworzywa sztucznego wzmocnionego włóknem szklanym oraz dla folii plastikowej stosowanej w cienkim module fotowoltaicznym o mocy szczytowej 1 kWp.

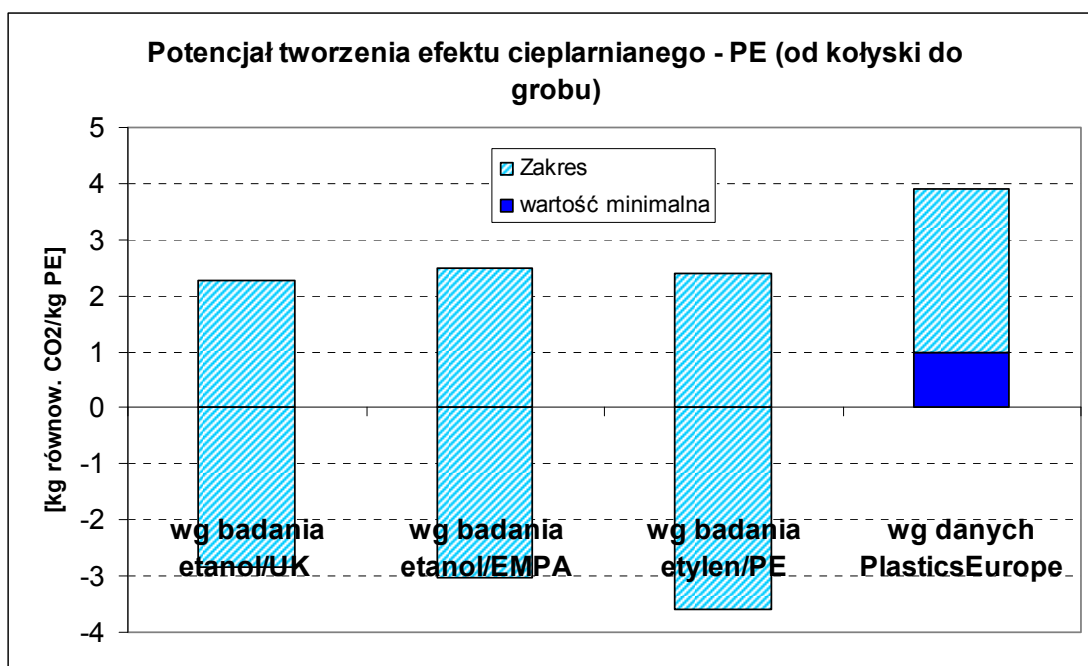


W Tabeli 8 przedstawiono wartości dla fazy produkcji oraz zagospodarowania odpadów półlitrowych butelek na napoje wykonanych z PLA⁶ oraz PET, które porównano z wynikami dla całego cyklu życia (zakresy min.-maks., nie uwzględniono przetwarzania granulat-butelka).

GWP100 [g równoważn. CO ₂ / butelkę 0,5 l]	Faza produkcji		Faza odpadu		Cały cykl życia	
	min	max	min	max	min	max
PLA butelkowy (USA)	55	58	-41	53	14	110
PLA butelkowy (GLO)	72	75	-61	53	10	128
PET butelkowy (GLO)	61	61	-59	17	2	78

Tabela 8: Potencjał globalnego ocieplenia (min.-maks.) dla 0,5 l butelek na napoje wykonanych z PLA lub PET, zależy od warunków produkcji PLA a w jeszcze większym w stopniu od różnych metod zagospodarowania odpadów⁷.

Jak pokazano na Rys. 6, wskaźnik globalnego ocieplenia (GWP) we wszystkich poddanych analizie przypadkach ma dość szeroki zakres. W przypadku zasobów odnawialnych uzależnione jest to od wybranego rodzaju surowców (kukurydzy, pszenicy, buraków cukrowych, trzciny cukrowej, itp.) oraz sposobu zagospodarowania odpadów. W przypadku paliw kopalnych, szeroki zakres jest wynikiem wyboru różnych opcji zagospodarowania odpadów.

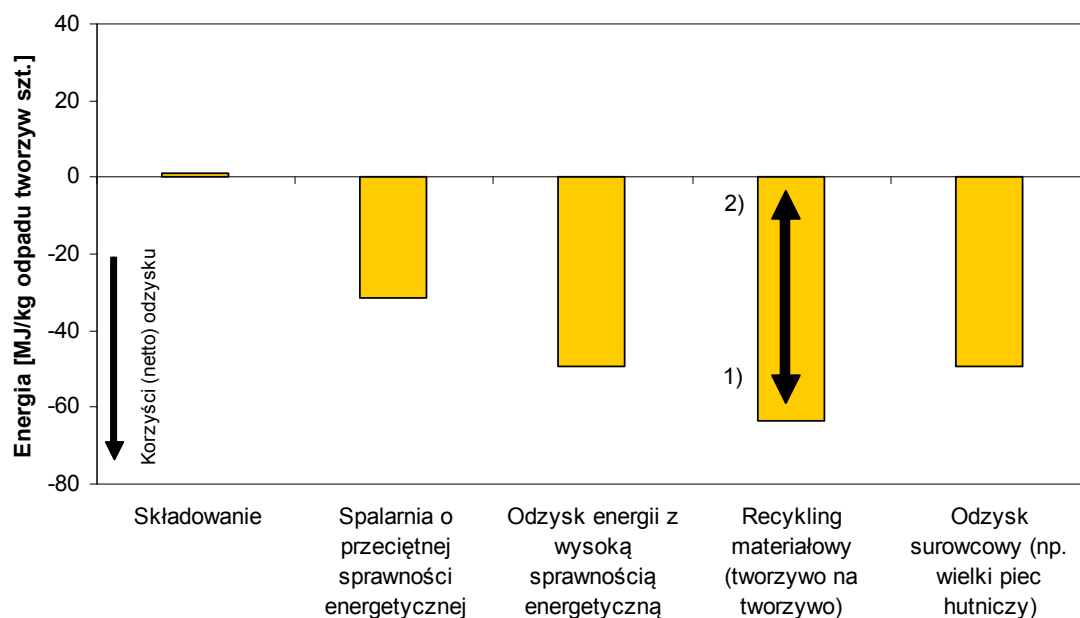


Rys. 6: Rozpiętość łącznej emisji gazów cieplarnianych w całym cyklu życia dla folii PE wyprodukowanej z wykorzystaniem zasobów odnawialnych (kolumna 1-3) oraz paliw kopalnych (ostatnia kolumna).

⁶ W szwajcarskiej bazie danych ecoinvent znajdują się dwa zestawy danych dla PLA [Ecoinvent 2007]. PLA bottle grade oznacza PLA wytwarzane w Europie. PLA Natureworks oznacza PLA produkowane w Nebrasce, USA. Zestaw danych ekologicznych dla PLA Natureworks jest korzystniejszy ze względu na energię elektryczną pochodzącą z farmy wiatrowej. Ponadto, emisja gazów cieplarnianych kompensowana jest inwestycjami w farmy wiatrowe.

⁷ Zgodnie z nomenklaturą Ecoinvent: US – Stany Zjednoczone, GLO – ujęcie globalne [Ecoinvent, 2007].

Na Rys. 7 widać, że wybór konkretnej metody recyklingu i odzysku może przyczynić się do oszczędności netto zasobów energetycznych. Ponadto, okazuje się, że korzyści płynące z recyklingu materiałowego (mechanicznego) mogą być na porównywalnym lub nawet niższym poziomie, niż korzyści związane z recyklingiem surowcowym lub przemysłowym odzyskiem energii. Dzieje się tak zwłaszcza w przypadkach, w których recykling mechaniczny powoduje duże straty materiału, lub jeżeli ilość zastąpionych materiałów pierwotnych jest zdecydowanie niższa niż masa tworzyw sztucznych poddanych recyklingowi.

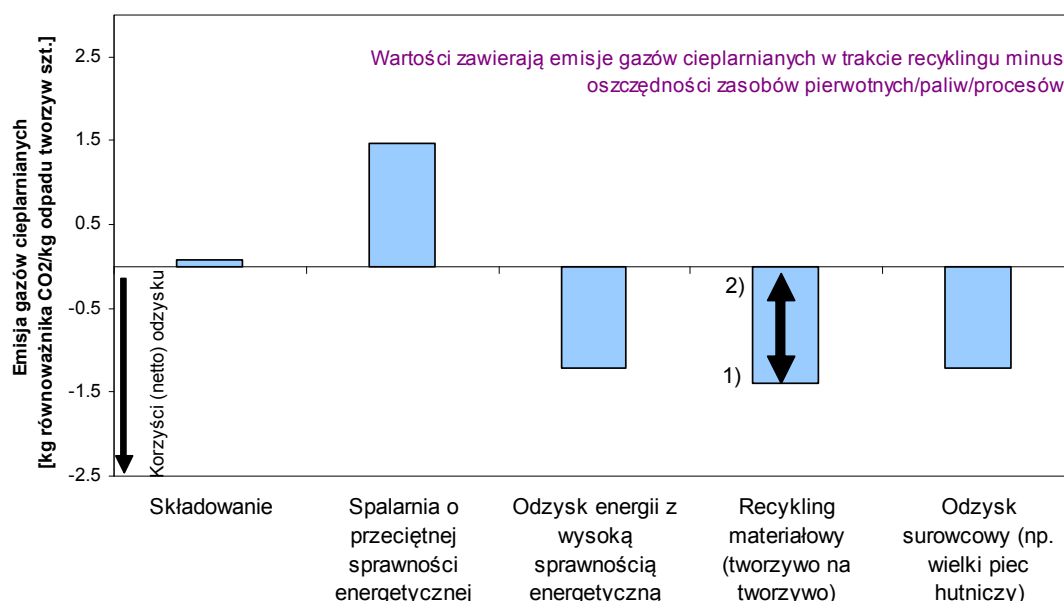


Rys. 7: Bilans energetyczny netto recyklingu, odzysku oraz składowania LDPE, obliczony za pomocą modelu kalkulacyjnego wykorzystanego w Części 1 niniejszego opracowania. Wpływ procesów zbiórki, sortowania i recyklingu, jak również korzyści związane z zastąpioną ilością materiału pierwotnego i zaoszczędzonymi przy tym paliwami pierwotnymi zostały już ujęte w podanych powyżej wielkościach⁸

Zgodnie z danymi przedstawionymi na rys. Rys. 8, emisja gazów cieplarnianych zostaje ograniczona również dzięki recyklingowi materiałowemu i surowcowemu oraz dzięki wysokowydajnemu odzyskowi energii. Obecnie w Europie odzysk energii z odpadów z tworzyw sztucznych prowadzony w spalarniach stałych odpadów komunalnych produkuje większe ilości CO₂ niż ilości odpowiadającą oszczędnościom wynikającym z wytworzonej w ten sposób energii elektrycznej i ciepłej.

⁸ (1) Wartości dotyczące recyklingu materiałowego uwzględniają 10% straty materiałowe w procesie recyklingu i zakładają, że produkt recyklingu zastępuje tę samą masę materiału pierwotnego.

(2) Korzyści płynące z recyklingu materiałowego zdecydowanie maleją wraz z wyższym poziomem strat materiałowych i/lub jeżeli zastępowane są nie materiały pierwotne lub takie jak beton czy drewno (np. słupy, pokrycia dachowe, itp. [IVV, 1999]).

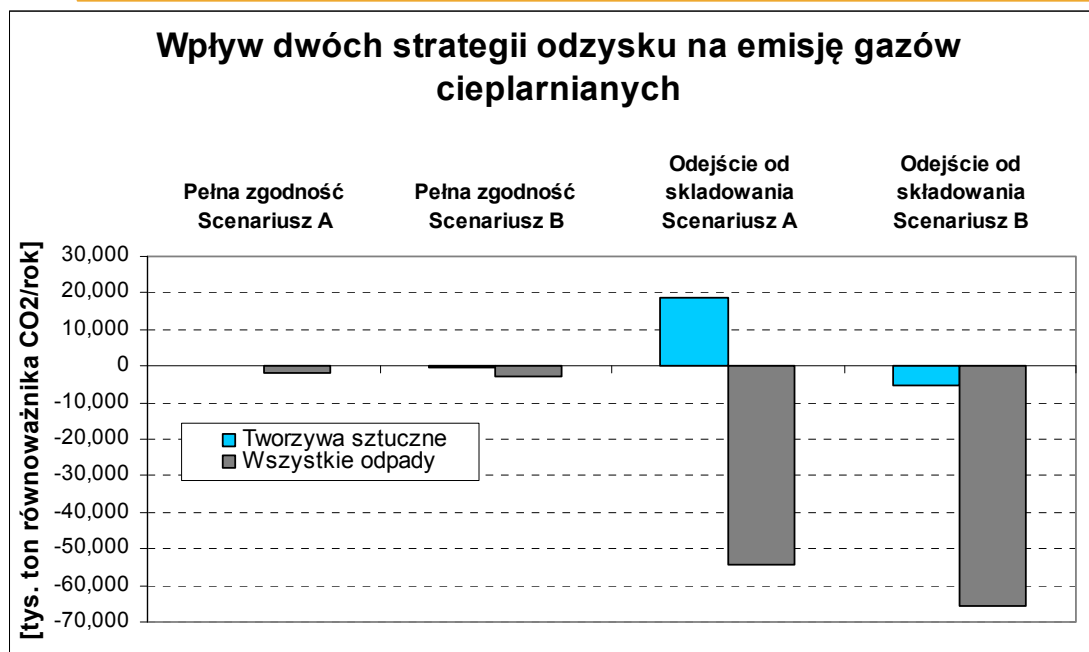


Rys. 8: Wpływ netto jaki na emisję gazów cieplarnianych mają procesy recyklingu, odzysku oraz składowania LDPE, obliczony za pomocą modelu kalkulacyjnego wykorzystanego w Części 1 niniejszego opracowania. Wpływ procesów zbiórki, sortowania i recyklingu, jak również korzyści związane z zastąpioną ilością materiału pierwotnego i zaoszczędzonymi przy tym paliwami pierwotnymi zostały już ujęte w podanych powyżej wielkościach⁹

Rys. 9 przedstawia wpływ, jaki na emisję gazów cieplarnianych mają poszczególne strategie postępowania z odpadami, tj. „pełna zgodność z europejskimi dyrektywami dotyczącymi materiałów opakowaniowych, ELV oraz WEEE”, oraz „odejście od składowania zmieszanych pozostałości odpadowych”. W scenariuszu A odzysk energii odbywa się tylko w spalarniach komunalnych odpadów stałych, zaś w scenariuszu B uwzględnione są również procesy przemysłowego odzysku energii oraz recyklingu surowcowego.

⁹ (1) Wartości dotyczące recyklingu materiałowego uwzględniają 10% straty materiałowe w procesie recyklingu i zakładają, że produkt recyklingu zastępuje tę samą masę materiału pierwotnego.

(2) Korzyści płynące z recyklingu materiałowego zdecydowanie maleją wraz z wyższym poziomem strat materiałowych i/lub jeżeli zastępowane są nie materiały pierwotne lub takie jak beton czy drewno (np. słupy, pokrycia dachowe, itp. [IVV, 1999]).



Rys. 9: Wpływ jaki na emisję gazów cieplarnianych mają poszczególne strategie postępowania z odpadami - „pełna zgodność z europejskimi dyrektywami dotyczącymi materiałów opakowaniowych, ELV oraz WEEE”, jak również „rezygnacja ze składowania mieszanych odpadów pozostałych”.

W Tabeli 9 pokazano szacunkowe oszczędności w emisji CO₂ wynikające z zapobiegania stratom w żywności dzięki wykorzystywaniu tworzyw sztucznych do pakowania świeżej żywności.

Grupa żywności	Oszczędzona emisja CO2 dzięki zapobieżeniu 10% strat żywności w stosunku do emisji CO2 przy produkcji opakowania	Oszczędzona emisja CO2 dzięki zapobieżeniu 20% strat żywności w stosunku do emisji CO2 przy produkcji opakowania
Świeże owoce	1.9	3.8
Świeże warzywa & sałatki	1.0	1.9
Wędliny & zimne produkty mięsne	3.7	7.4
Świeże mięso łącznie z drobiem	13.3	26.6
Ciasta, ciastka, torty	1.5	2.9
Sery	13.1	26.1
Krakersy, ciasteczka solone	1.5	2.9
Średnia ważona	4.7	9.5

Tabela 9: Emisja CO₂, której udało się zapobiec dzięki unikniętym stratom żywności (10% lub 20% strat), w odniesieniu do emisji CO₂ w fazie produkcji materiałów opakowaniowych.



7 Załącznik B: Recenzje



Review Statement

following the

Critical Review

of the study by denkstatt for Plastics Europe:

“The Impact of Plastics on Life Cycle Energy Consumption and GHG Emissions in Europe:

Part 1: Current Status & Future Scenarios &

Part 2: Additional Arguments on Benefits of Plastics for Energy Efficiency & Climate Protection”

Critical review carried out by:

Adisa Azapagic

School of Chemical Engineering and Analytical Science

The University of Manchester

July 2010



1 Background

This report summaries the findings of a critical review of the study “The Impact of Plastics on Life Cycle Energy Consumption and GHG Emissions in Europe, Parts 1&2”. The study was carried out by denkstatt for Plastics Europe.

This critical review was commissioned by Plastics Europe.

The critical-review process involved the following steps and activities:

- a meeting with denkstatt and Plastics Europe, during which the preliminary results of the study and the scope of the critical review were discussed;
- a review of the draft study report and the results (Parts 1&2), followed by a draft critical-review report which made a number of specific recommendations for improvements to the study;
- a review of the final study report (Parts 1&2 and Executive Summary), in which the authors of the study addressed most of the points as suggested in the draft critical review; and
- the final critical review report (this review statement).

The following sections present the findings of the critical review based on the study final report (Part 1&2, June 2010).

Although the international standards for Life Cycle Assessment (ISO 14040:2006 and 14044:2006) are not applicable to this study, the critical review has followed the main guiding principles defined in these standards. Thus, it should be noted that it is not the role of this critical review to endorse or dispute the goal of the study and the related conclusions but rather the aim was to:

- examine that the methods used are scientifically and technically valid given the goal of the study;
- that the data used are appropriate and reasonable in relation to the goal of the study;
- that the interpretation reflects the goal of the study and the limitations identified; and
- that the study report is transparent and consistent.

Therefore, the findings of this review are discussed in accordance to the above guiding principles.

The critical review did not involve a review of the data used in the study so that all the findings of the review presented here are based solely on the final reports and the discussions with the authors of the study and Plastics Europe.

Since Part 1 and Part 2 of the study had slightly different goals and used a different approach, they are discussed separately in this report.

2 Critical-review findings

2.1 Part 1

Part 1 represents an update of the GUA/denkstatt study “The Contribution of Plastic Products to Resource Efficiency”, carried out in 2004/2005.

The main goal of the updated study was to estimate the life cycle energy consumption and GHG emissions of typical plastic products and to compare this to a range of alternative materials which could realistically replace plastics (or vice versa). The ultimate goal was to “demonstrate that the use of plastics can in many cases actually help save resources.” (Part 1, section 1.1).

The scope of the study is from ‘cradle to grave’ and the focus is on two environmental aspects: energy consumption and GHG emissions. Although the study considers the whole life cycle of products, it is not LCA according to ISO 14040 and 14044, due to the limited number of environmental aspects considered. Furthermore, the study does not compare plastics and alternative materials in individual products, but rather gives an estimation of the impacts at the whole-market level, covering all plastics applications across Europe (EU27+2).

The plastic materials and products are compared to alternative materials which can substitute plastics in these products without any change in the design, function or service rendered by the product. It was found that only 16% of the total market of plastic products cannot be replaced realistically by other materials, without these changes. Due to data limitations, only 75% of substitutable plastic products (173 in total) are covered by the study (Part 1, Tables 2&3).

The study follows the “80/20” approach (see Part 1, section 1.2), whereby 80% of the results are obtained at 20% of effort.

Given the above limitations, this critical review has found that, overall, this represents a thorough and competent study of the life cycle energy consumption and GHG emissions of plastic materials and products. The study assumptions are reasonable; in many cases conservative assumptions have been made to ensure that plastics is not unduly favoured over other materials.

The data sources appropriate, as far as possible, given the “80/20” approach and the other constraints of the study. Arguably, in many respects the study goes beyond the “80/20” method and assumes a much more rigorous approach, as demonstrated by depth of analysis in some cases (where data availability allowed) as well as the uncertainty and sensitivity analyses carried out.

The scope of the study is extensive so that a large number of assumptions and extrapolations have had to be made. Nevertheless, while the results at the level of specific products may not be completely accurate, the overall results are sufficiently valid.

The interpretation of the results is appropriate given the assumptions, limitations and the data used. It should be noted that most data on plastics are sourced from Plastics Europe who commissioned the study – however, these data are recognised internationally as a reputable source and are used widely by LCA practitioners. The data for other materials and products are taken from various reputed sources in the public domain, including manufacturers’ data. Ecoinvent database has also been used extensively.

The study report is very detailed, transparent, consistent and balanced.

However, it should be borne in mind that this is a broad-brush, sectoral-level analysis and that large uncertainties exist, as demonstrated in the study. Moreover, there is no internationally accepted methodology for such analyses and as such, they are open to



scrutiny and interpretation. Nevertheless, this study uses the state-of-the-art methodology and is transparent enough to enable an informed debate on the issues raised.

2.2 Part 2

The second part of the study considers further aspects of the use of plastic materials, both today and in the future (2020). These include improvements of plastics over time (increased material and production efficiency); the use of renewable feedstocks for plastics production; the use of plastics in generating renewable energy; prevented food losses through the use of packaging; benefits of increased insulation; and effects of different end-of-life strategies.

Part 2 follows a different approach to Part 1: it presents “exemplary facts and figures” with a decreasing degree of detail, using “rough estimations and semi-quantitative arguments” (Part 2, section 1.1). As stated in the report: “The goal is to produce information on trends, ranges, orders of magnitude rather than to produce specific/reliable results.” Here, only plastics is considered and, appropriately, no attempt at comparison with other materials has been made.

The critical review of this part was not as detailed as that of Part 1 (as agreed at the outset) and has considered only the general assumptions, data sources and interpretation of the results. These have all been found to be appropriate, given the goal of the study.

However, it should be borne in mind that, similar to plastic products, products made from alternative materials will also change (improve) over time and in some cases could also have similar beneficial effects (e.g. benefits of insulation are not so much material-dependent) so that no direct comparison between plastics and other materials is possible or appropriate. This is stated clearly in the conclusions of the report.

3 Final remarks

This study has only considered two sustainability aspects: energy consumption and GHG emissions associated with plastic materials and their possible substitutes. As acknowledged in the report (Executive Summary, section 4), comparison of products and materials should not only be based on these two criteria, but should involve a much more comprehensive sustainability assessment, covering all relevant environmental, economic and social effects of the investigated materials and products.

Furthermore, the conclusions of the study are based on the assumption that plastic is replaced by alternative materials without any changes in the design, function or service of the products studied. Again, as acknowledged in the study report (Part 1, section 6), this is a limitation of the study as changes in the design and function can often have a bigger impact on the total energy demand and GHG emissions than different materials. This should be borne in mind when interpreting and discussing the results of this study.



The impact of plastics on life cycle energy consumption and GHG emissions in Europe

Critical Review Report

by

Roland Hischer

for

PlasticsEurope (Association of plastics Manufacturers)
Brussels (Belgium)

Date

June 27, 2010

Status

Final Version



1 Origination and Course of Action

The herein described critical review process, commissioned by PlasticsEurope (Association of Plastics Manufacturers), has been established in the timeframe of April 2009 to November 2009, plus an additional review of updates for the cases “windows” and “insulation” in June 2010. Although the examined study is not a traditional life cycle assessment (LCA) study according to the ISO EN DIN 14040 series [1a+b], a critical review process in the spirit of the terms of ISO series [1a] has been established. This on hand critical review report is based on the **final report, dated June 2010**. Its final version will be integrated in the very final version of the summary report of this study here.

The study has been established by collaborators of Austrian company denkstatt GmbH, Wien, Austria. The review team consisted of two persons – Professor Adisa Azapagic, University of Manchester (United Kingdom), and Mister Roland Hischier, Empa St. Gallen (Switzerland).

This report here summarizes only the comments from Roland Hischier – respective comments from Adisa Azapagic are summarized in a separate document.

Besides the above mentioned report, the reviewers got additionally multiple draft versions of all parts of the report, as well as several power point presentations with first results during the two meetings as well as in-between these meetings. The critical review was established as a so-called **accompanying survey**, i.e. the reviewers were involved already in a rather early stage of the study, and thus had the possibilities to influence the further development of the whole study from that moment on.

The work of the two reviewers took place in a very open and friendly ambiance; all requested documents were delivered by denkstatt. The commissioner of the study (PlasticsEurope) was involved in all technical arbitrations and showed a very special interest in an irreproachable and professional execution of the complete study. One of their important points was e.g. that the alternative materials are based on conservative estimations in order not to overestimate the effects of plastics. All in all, the reviewer experienced the complete process as well as the dependency triangle between commissioner, authors of the study and reviewer very positive.

Within the framework of the complete review process, the following meetings took place:

1st meeting: April 24, 2009 in Vienna

2nd meeting: June 25, 2009 in Brussels

Within the current review procedure, no meeting for an in-deep examination of the used calculation model took place. However, this has been judged not to be a problem, as denkstatt used the same calculation model as for the 2004/5 study “the contribution of plastic products to resource efficiency” [2] – study that has already been reviewed by Mister Roland Hischier. Then, such an examination of the calculation model took place, allowing to the reviewer to verify, by random samples, the voluminous calculation work done within the framework of the study.



2 Comments about the report

2.1 Criteria

The whole review process is based on the expectations of the commissioner concerning the review process, expressed during the very first meeting in Vienna, as well as the criteria mentioned in ISO EN DIN 14040 [1a]. In details, the following criteria have been examined for this study here:

- *Is the method, as well as the 80/20 approach, scientifically sounded & reasonable within the goal of the study?*
- *Are the used data sufficient & appropriate in respect of the goal of the study?*
- *Does the conclusion take into account the recognized limitations of the study, especially in the framework of the original aim of the study?*
- *Is the report transparent and coherent?*

2.2 Scientific background and Practicability of the used Method, the used 80/20 approach

This study had never the aim of establishing a complete “classical” LCA study according to the international ISO standards [1a+b] and thus cannot be compared with those standards in the framework of the critical review process here.

According to the commissioner, this study shall create data in form that PlasticsEurope has afterwards the necessary background information for questions / criticism of plastics in the context of sustainable development (SD); with a focus on the two aspects of energy use and climate change. A focus on these two aspects is valuable, as plastics are made from fossil resources and thus, the use of these resources as well as the influence on climate change are among the most relevant environmental impacts. In addition – having in mind the addresses of the report – these two aspects are among the most discussed in the framework of current environmental policies.

The authors of the study at denkstatt have put a lot of efforts in developing a transparent and logical, stepwise method already for the precursor study in 2004/5 [2] – method that has been judged by the reviewer already at that time as “scientifically adequate and (...) also to be manageable within a reasonable timeframe” (see review report in [2]). The review this time is thus rather focused on the applied 80/20 approach; in order to approve this approach for the commissioner of the study and to give them the necessary insurance for a presentation of the results of this report towards their various stakeholders.

The whole study is actually split into two parts – an update (and expansion) of the mentioned former study [2] and an additional examination of various further aspects of the use of plastics. In accordance with the commissioner of the study, this second part of the report has not been reviewed in-depth; rather its general lines and conclusions have been critically examined. Taking the 80/20 spirit of the overall work here, I can conclude for this second part of the study that the methodological efforts reported are in accordance with this approach. For part I of the study, the authors included even more case studies and more information than in the former study [2] – and thus it can be concluded that the stated 80/20 approach is largely fulfilled by the first part of the study.



All in all, the applied 80/20 approach can be qualified as an adequate approach for this study here; resulting in a reasonable narrow range of results in order to establish conclusions that are stable in their basic direction.

For the aggregation of the considered air emissions factors to one common global warming potential value, the method used is taken from the most recent developments in the field of LCA (see e.g. [3]).

2.3 Appropriateness of data

The consultants at denkstatt have already a long tradition and thus also a long-lasting experience with system analysis projects handling big amounts of data, especially in the field of waste treatment and waste strategies. Within the data collection for this study here, this knowledge and experience has been used (again) as far as possible.

In the framework of this study here, data on the following levels have been used:

1. data about the market situation of the various plastics
2. characteristics of the plastic parts and their respective alternatives in other materials during production, use and disposal
3. data about the energy consumption and the global warming potential of all materials

In comparison with the former study [2], part 1 of this study here covers now with EU 27 plus Norway plus Switzerland, almost twice as many countries as before. The market data collected represent the situation on the Western European market in 2007 and cover almost 90% of the market; about 75% of the substitutable plastics are covered by the 32 case studies analysed. For the life cycle information of the different materials, up-to-date literature and databases representing Western European conditions have been used. Energy consumption during the use phases has been calculated based on adequate technical information and expert judgment. The quality of the various datasets used is more than sufficient for this type of study. Under the aspect of the 80/20 approach it can be concluded that part 1 of the study goes clearly beyond this objective.

For part 2 of this report, the authors declare clearly that the degree of details – and thus the quality of the used data – is decreasing across chapter 2. Nevertheless, taking into account the 80/20 rule, it can be concluded that the chosen data sources are appropriate for the scope of this part of the study.

2.4 Conclusions of the Report

Like all other parts of the two reports also, the respective chapters (results, sensitivity analysis, conclusions) of both parts (i.e. part 1 and part 2) are presented in a very detailed, and also very transparent and logic manner. In addition, a summarizing document has been produced by the authors of this study – summarizing the results in a very clear and – despite its length of less than 30 pages – comprehensive manner; allowing to an interested party to get a overview of all results without reading the comprehensive reports of part 1 and part 2.

The study tries to stipulate in a very clear and comprehensive manner the limitations due to the chosen approach and the available data. In the final chapter “Conclusions” of the mentioned summarizing document, a clear link back to the limitations of the approach chosen for this study can be found – especially ...



... that part 1 of the study examines only the replacement of plastic materials by other materials --> thus, it is not examined if changes in "how things are done" would influence the total energy consumption to what extend; and

... that for a comprehensive comparison more aspects than just energy consumption and global warming potential should have been examined.

All in all this gives an adequate and complete picture from the total of all efforts as well as the limits that are behind these reports here.

2.5 Transparency and Coherence of the Report

The reporting of this study is split into three parts: (i) a summary report, (ii) a detailed report covering part 1 of the study, and (iii) a detailed report covering part 2 of the study. All these three documents are for themselves clear and logic in their respective structure and properly designed. Due to their extensive size however, the two detailed reports of part 1 and 2 can not be considered anymore as easy understandable documents to read through. They rather have to be considered as specific and comprehensive reference documents due to their detailed information content for all examined aspects. All these details are however presented in a very clear and transparent manner, allowing a quite easy overview of the various parts of this study.

The summary report – as the main document for the communication of the finding of this study – presents the results in a very clear, logic and thus easy understandable form.

3 Summary and Conclusion

The complete study has been established in a transparent and logic way, based on an even more comprehensive compilation – in comparison to [2] – of market and other information. The intended 80/20 approach is fulfilled in all parts of the study. All three documents of the report are clear and transparent and I would clearly recommend a publication of these reports.

4 References

- [1a] International Standard (ISO): Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. Standard ISO 14040:2006 (2006).
- [1b] International Standard (ISO): Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and Guidelines. Standard ISO 14044:2006 (2006).
- [2] Pilz, H., Schweighofer, J. & Kletzer, E. (2005): The Contribution of Plastic Products to Resource Efficiency, PlasticsEurope - Association of Plastics Manufacturers, Brussels, Belgium.
- [3] Frischknecht R., Jungbluth N., Althaus H.-J., Doka G., Dones R., Hirschier R., Hellweg S., Humbert S., Margni M., Nemecek T. and Spielmann M. (2007): Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods. Final report No. 3, ecoinvent data v2.0. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH, retrieved from: www.ecoinvent.ch.

St.Gallen, June 27, 2010

Roland Hirschier



Coordinates of reviewer:

Roland Hischier

Dipl. Natw. ETH

Life Cycle Assessment & Modelling Group

Technology & Society Lab

Empa

Lerchenfeldstrasse 5

CH-9014 St. Gallen

Tel.: (+41-(0)71)274 78 47

Fax: (+41-(0)71)274 78 62

e-mail: roland.hischier@empa.ch

web: www.empa.ch/lca