



## Limiting the use of raw materials and generation of polymer waste in the production cycle of installation systems

Monika Czop<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Katedra Technologii i Urządzeń Zagospodarowania Odpadów, ul. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice tel. 32 237 21 04, fax.32 237 11 67, e-mail: [Monika.Czop@polsl.pl](mailto:Monika.Czop@polsl.pl)

### Abstract

The article describes activities, which consist of reducing the amount of polymer wastes generated in the production cycle of the installation system. The main goal of the described case is to find a method to reduce the amount of polymer waste generated in the process of production. Minimization of the waste is one of the most important elements of introducing the Clean Production rules for enterprises. The Clean Production is a good background for the implementation of legislation which is binding in Poland and European Union and which concerns evaluation of environment management system.

**Keywords:** Enterprise eco-development, waste management, industrial enterprises, eco-development strategy.

### Streszczenie

Minimalizacja zużycia surowca i powstawania odpadów polimerowych w cyklu produkcyjnym systemów instalacyjnych

W artykule opisano działania polegające na ograniczaniu ilości odpadów polimerowych powstających w cyklu produkcyjnym systemów instalacyjnych. Głównym kierunkiem w opisywanym przykładzie było znalezienie metody zmniejszającej powstawanie ilości odpadów w samym procesie produkcyjnym. Minimalizacja odpadów jest jednym z ważniejszych elementów wdrażania zasady Czystszej Produkcji w przedsiębiorstwie. Czysta Produkcja stanowi dobre przygotowanie do wprowadzenia regulacji prawnych obowiązujących w Polsce oraz Unii Europejskiej, dotyczących oceny systemu zarządzania środowiskiem.

**Słowa kluczowe:** Produkcja proekologiczna, gospodarka odpadami, przedsiębiorstwo przemysłowe, strategia ekorozwoju.

### 1. Wstęp

W ostatnich kilkudziesięciu latach obserwuje się gwałtowny rozwój świadomości społecznej w zakresie ochrony Środowiska. Przyczyn tak silnie rosnącej świadomości ekologicznej wśród społeczeństwa upatruje się w coraz poważniejszej degradacji środowiska. Opinia publiczna dostrzega fakt, że rosnące skażenie środowiska wpływa na ludzi nie tylko bezpośrednio, oddziałując na zdrowie, pożywienie, budynki, ale również pośrednio, wywierając duży wpływ na lasy, rzeki, linie brzegowe, na cały ekosystem [1,2,3].

Zurbanizowane regiony są zagrożone najpoważniejszymi problemami skażenia środowiska. Oczyszczanie ścieków, niewłaściwe zagospodarowanie odpadów oraz zanieczyszczenie atmosfery przez obszary zurbanizowane wywiera wpływ na regiony wiejskie. Na całym świecie tej problematyce poświęca się coraz więcej uwagi. Rządy i politycy powołują do życia akty prawne, które nastawione są w pierwszej kolejności na zapobieganie i ograniczanie zanieczyszczeń w skali lokalnej jak i globalnej [1,3].

Postęp cywilizacji, dynamiczny wzrost zaludnienia oraz konieczność zaspokojenia coraz to większych potrzeb ludzkości sprawia, że z roku na rok rośnie ilość wytwarzanych odpadów. Brak pomysłu na ich rozsądne zagospodarowanie powoduje, że przyczyniają się one do degradacji środowiska przyrodniczego.

Każdego roku na świecie obserwuje się nieustanny wzrost ilości odpadów polimerowych pochodzących z różnych gałęzi gospodarki. W większości przypadków trafiają one na składowiska odpadów, jednak ze względu na ich długi czas degradacji deponowanie ich jest niekorzystne dla środowiska [2,3,4,5]. Odpady polimerowe

nie są bezpośrednio szkodliwe, jednak ze względu na długi okres rozkładu i to, że będą zalegać przez dziesiątki lat bez widocznych cech degradacji przy niewłaściwym ich zagospodarowaniu, może powodować zagrożenie.

Zastanawiający jest fakt, że struktura i ilość składowanych odpadów polimerowych nie zgadza się ze strukturą i ilościami produkowanych tworzyw. Przepuszczalnie jest to wynik przesunięcia czasowego wytwarzania i użytkowania wyrobów polimerowych oraz ich składowania[4,5].

Od wielu lat w krajach wysoko uprzemysłowionych dużo uwagi poświęca się problemom dotyczącym racjonalnego zagospodarowania odpadów polimerowych, co pozwala nie tylko ograniczyć ilość samych odpadów, ale również zaoszczędzić surowce i energię do ich przetwarzania [3,4,5].

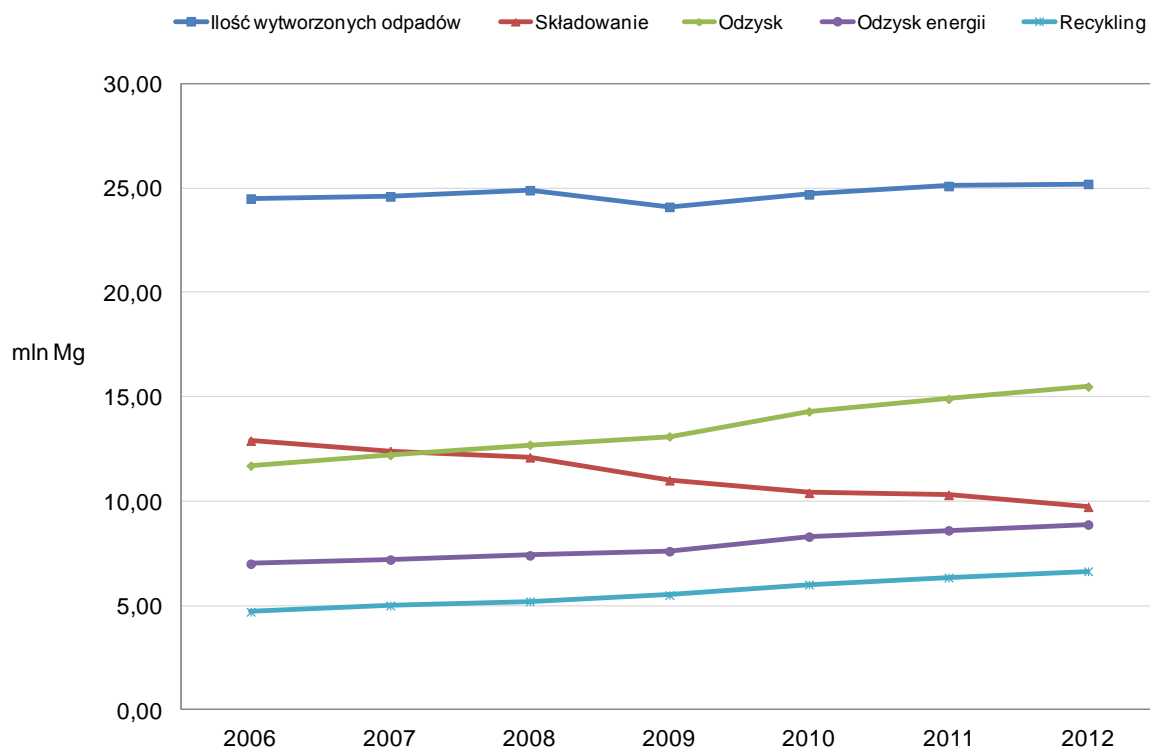
Analizując dane statystyczne można zaobserwować, że zagospodarowanie odpadów polimerowych w krajach UE-27 z roku na rok ulega zdecydowanej poprawie, a co za tym idzie coraz mniejsza ilość jest deponowana na składowisku. W większości krajów UE odnotowuje się coraz korzystniejszą tendencję w odniesieniu do poziomów odzysku oraz recyklingu odpadów polimerowych.

Największy udział wśród odpadów polimerowych przeznaczonych do recyklingu mają odpady opakowaniowe, stanowiące około 82%.

W roku 2012 całkowity stopień odzysku odpadów opakowaniowych kształtował się na poziomie 69,2%, co oznacza wzrost o 3,3% w odniesieniu do roku 2011.

Ogółem w Europie w roku 2012 recyklingowi mechanicznemu zostało poddanych 34,2% odpadów opakowaniowych, do recyklingu surowcowego zaklasyfikowano 0,5%, a odzyskowi energii poddano 34,5% (Rys.1.1)[3,4,5].

W 2012 roku około 26% wszystkich zebranych pokonsumenckich odpadów polimerowych przeznaczono do recyklingu mechanicznego, do recyklingu surowcowego skierowano 0,3%, a 35,6% odpadów polimerowych wykorzystano energetycznie. Pomimo rosnących wskaźników odzysku i recyklingu nadal szacuje się, że na składowiska trafia około 38,1% odpadów polimerowych rocznie [3,4,5].



Rys.1.1. Zagospodarowanie odpadów polimerowych w latach 2006-2012 w UE-27 [3,4,5].

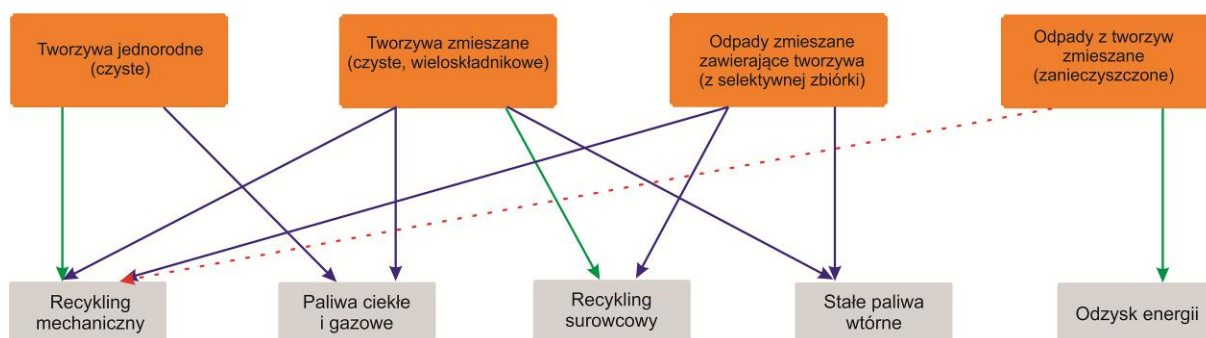
Doświadczenia w zakresie recyklingu odpadów polimerowych pokazały, iż system ten charakteryzuje się wieloma ograniczeniami. Odpady polimerowe charakteryzują się dużą różnorodnością pod względem struktury chemicznej i składu oraz form użytkowych. Obecnie powszechnie stosowane metody zagospodarowania odpadów polimerowych można podzielić na następujące grupy: recykling materiałowy, recykling surowcowy oraz odzysk energii.

Recykling materiałowy jest uważany za najbardziej racjonalny sposób przekształcenia odpadów polimerowych, ponieważ odzyskiwane recyklaty umożliwiają ograniczenie produkcji polimerów „czystych”. Większość obecnie działających technologii recyklingu materiałowego potrzebuje jednorodnego polimeru jako surowca wtórnego, czyli odpadów dobrze posegregowanych i niezanieczyszczonych.

Recykling surowcowy stosuje się w przypadku konieczności zagospodarowania odpadów ze zmieszanych różnych rodzajów tworzyw bądź odpadów z tworzyw zanieczyszczonych innymi substancjami. Recykling surowcowy można przeprowadzić za pomocą wielu technologii, np. pirolizy, gazyfikacji, depolimeryzacji, wytopu redukcyjnego w piecach hutniczych itd. Chociaż są to procesy znane i korzystne, na razie są one bardzo kosztowne czyli ekonomicznie nie uzasadnione [3,4,5,6].

W większości przypadków frakcja odpadowa tworzyw sztucznych ze względu na zabrudzenia oraz niejednorodność, nie kwalifikuje się do recyklingu materiałowego i jest jak na razie głównie deponowana na składowiskach odpadów komunalnych (Rys.1.2). Jednak zawarty w odpadowych tworzywach potencjał energetyczny skłania do wykorzystywania ich w procesach termicznych. Wykorzystywanie odpadów polimerowych do celów energetycznych jest korzystne ze względu na ich wysoką wartość kaloryczną, która średnio kształtuje się na poziomie około 40 MJ/kg [2]. Odpadowe tworzywa mogą być wykorzystywane również jako stałe paliwo wtórne. Odzysk energii może być z powodzeniem stosowany do odpadów silnie zmieszanych, zabrudzonych i trudnych do identyfikacji [3,4,5,6].

Odzysk energii powinien stanowić alternatywę dla recyklingu materiałowego i surowcowego, umożliwiającą wykorzystanie potencjału energetycznego tego typu odpadów [6,8,9]. Tak obrany kierunek stanowi dobrą podstawę do osiągnięcia założenia „Zero odpadów polimerowych na składowiskach do roku 2020”.



Rys. 1.2. Sposoby zagospodarowania odpadów polimerowych [6].

Dodatkowym argumentem przemawiającym za ponownym wykorzystaniem odpadów polimerowych jest fakt, że zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 8 stycznia 2013 r. w sprawie kryteriów i procedur dopuszczenia odpadów do składowania na składowiskach danego typu (Dz.U. 2013 poz. 38), od 1 stycznia 2013 roku nie można składować odpadów o następujących parametrach [7]:

- ogólny węgiel organiczny (TOC) powyżej 5%,
- strata przy prażeniu powyżej 8%,
- ciepło spalania powyżej 6 MJ/kg.

## 2. Założenia Czystszej Produkcji (CP)

W celach unijnych dąży się do zwiększenia recyklingu oraz zredukowania produkcji odpadów. Unia Europejska chce redukcji powstających odpadów o 25% do roku 2050 [3-5]. Europejska polityka zarządzania odpadami zawsze była i jest częścią polityki ekologicznej. Obecnie na tak ukierunkowaną politykę w zakresie gospodarki odpadami składają się trzy strategie [10-14]:

- eliminowanie odpadów u źródła,

- promowanie recyklingu,
- eliminowanie zanieczyszczeń spowodowanych termiczną degradacją odpadów.

Takie założenia są istotą Czystszej Produkcji, która oznacza stosowanie procesów, materiałów lub wyrobów oraz sposobów postępowania, przyczyniających się do uniknięcia lub zredukowania zanieczyszczeń [10-16].

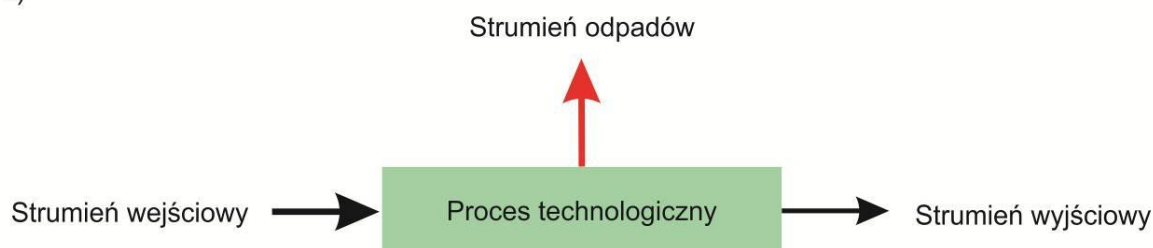
W programie prowadzonym w ramach UNEP-u (United Nations Environment Programme - Program Narodów Zjednoczonych ds. Środowiska) widnieje następująca definicja: „Czysta Produkcja jest konceptualną i proceduralną strategią, która wymaga, aby wszystkie etapy cyklu życiowego produktu lub procesu produkcyjnego uwzględniały cel prewencji lub minimalizacji przejściowego bądź trwałego ryzyka dla zdrowia ludzkiego lub środowiska naturalnego. Ogólne zaangażowanie społeczne jest niezbędne we wdrażaniu tej złożonej strategii w celu osiągnięcia stabilnych społeczeństw” [10-17].

Czysta Produkcja w swoim założeniu obejmuje wszystkie fazy istnienia produktu, od projektu po utratę cech użytkowych. Założenia Czystszej Produkcji są realizowane po przez [13-19]:

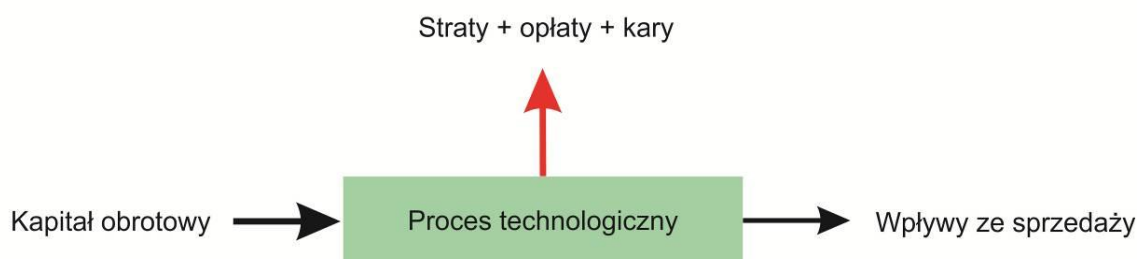
- odpowiednie zarządzanie daną organizacją,
- stosowanie nowoczesnych technologii,
- oraz edukację ekologiczną.

Zasady zawarte w założeniach Czystszej Produkcji mają skutecznie chronić środowisko przyrodnicze, ale również przynosić efekty ekonomiczne np. poprzez zmniejszenie kosztów produkcji czy kosztów związanych z opłatami i karami za korzystanie ze środowiska przyrodniczego [16-20].

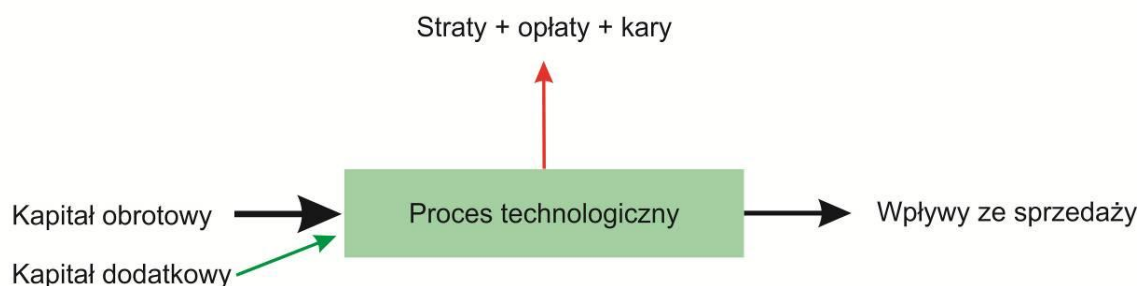
a)



b)



c)



Rys.2.1. Model przedsiębiorstwa: a) technologiczny, b) ekonomiczny przed zastosowaniem CP, c) ekonomiczny po zastosowaniu CP [17].

Rysunek 2.1a przedstawia prosty model procesu technologicznego, gdzie występują trzy podstawowe strumienie: strumień wejściowy (materiał wsadowy plus energia), strumień wyjściowy (gotowy produkt) i strumień odpadów. Na strumień odpadów zazwyczaj składają się trzy elementy: materiał wsadowy, który z różnych przyczyn (np. niegospodarności, prowadzenia procesu technologicznego lub jakości) stał się odpadem, produkt uboczny oraz produkt wybrakowany, który np. ze względu na nie spełnione normy dla produktu gotowego stał się odpadem[10,17].

Omówiony strumień masowy można zamienić na strumień środków finansowych. Model ekonomiczny prezentowany na rysunku 2.1b również składa się z trzech elementów: kapitału obrotowego, który jest na wejściu, a stanowią go koszty inwestycyjne na zakup materiału wsadowego, energii i kosztów eksploatacyjnych, drugi strumień stanowią wpływy ze sprzedaży wytworzonych produktów, a trzeci strumień stanowią środki finansowe wydane na materiał wsadowy, który opuścił zakład jako odpad, na energię oraz na opłaty związane z korzystaniem ze środowiska przez zakład. Ten strumień pieniędzy jest odpowiednikiem strumienia odpadów w modelu technologicznym[10-17].

Wdrożenie zasad Czystszej Produkcji ma na celu zmniejszenie strumienia odpadów, a za tym idzie doprowadzenie do obniżenia kosztów ponoszonych na opłaty i kary za korzystanie ze środowiska. Reasumując można powiedzieć, że strategia Czystszej Produkcji prowadzi do zwiększenia efektywności ekonomicznej procesu technologicznego. Realnie zaoszczędzone pieniądze zakład może wydatkować np. na poprawę procesu technologicznego, zmniejszenie oddziaływania na środowisko lub zwiększenie wydajności samej produkcji (Rys. 2.1c)[10,11].

### 3. Model procesu technologicznego po zastosowaniu CP

Omawiany w artykule zakład zajmuje się produkcją różnorodnych systemów instalacyjnych z tworzyw sztucznych, które pozwalają zaspokajać kluczowe potrzeby życia codziennego takie jak: bezpieczną dystrybucję wody pitnej, przyjazne środowisku zagospodarowanie wód deszczowych, energooszczędne systemy ogrzewania budynków [21,22].

Do priorytetowych zadań analizowanego zakładu w zakresie oddziaływania na środowisko przyrodnicze należą: kontrolowanie poziomu emisji substancji związanych z działalnością zakładu, optymalne zagospodarowanie odpadów, racjonalna oraz oszczędna gospodarka surowcami i energią, zapobieganie zanieczyszczeniom oraz przestrzeganie wymagań prawnych dotyczących ochrony środowiska.

Jednym z priorytetów ekologicznych na które kładzie się nacisk w zakładzie jest optymalne zagospodarowanie odpadów, które ma się przełożyć na zmniejszenie zużycia surowca do produkcji oraz zmniejszenie strumienia odpadów produkcyjnych. Zmniejszenie zużycia surowca do produkcji jest ważnym elementem gdyż wpływa zarówno na aspekty środowiskowe jak również na koszty operacyjne zakładu.

Odpady powstające w cyklu produkcyjnym zakładu to przede wszystkim materiały polimerowe: polietylen, polipropylen i polichlorek winylu. Wymienione materiały są polimerami należącymi do grupy termoplastów.

Odpady polimerowe w zakładzie powstają głównie na końcu cyklu produkcyjnego i mają postać gotowego produktu (np. rur, kształtek, rynien, itp.), jednakże nie spełniającego norm pełnowartościowego produktu, ze względu np. na grubość ścianki czy kształt. Drugim źródłem powstania odpadów polimerowych jest rozruch technologiczny i produkcja nowej serii.

Szacuje się, że w cyklu produkcyjnym zakładu w skali miesiąca powstaje około 250 Mg odpadów. W rozbiciu na poszczególne polimery - ilości odpadów kształtują się następująco: z polietylenu 10% czyli około 25 Mg, z polipropylenu 20% czyli 50 Mg, z polichlorku winylu 70% czyli 175 Mg [21,22].

Stwierdzono, że powstające odpady produkcyjne nie różnią się składem i właściwościami fizykochemicznymi od surowca podstawowego w związku z czym mogą z powodzeniem być zawracane w postaci recyklatu do produkcji.

Zgodnie z wprowadzonymi zasadami „Czystszej Produkcji” powstające w cyklu produkcyjnym odpady przeznaczają się do recyklingu materiałowego. Odpady pakowane są w paczki i zostają przetransportowane na pole magazynowe. Następnie zostają poddane procesowi rozdrobnienia. Sam proces rozdrobnienia odbywa się dwustopniowo, pierwszy etap następuje w młynie tzw. „grubym”, w którym odpad jest rozdrabniany do postaci granulatu o dużej średnicy (Rys.3.1), następnie otrzymany granulak mielony jest w młynie „Ultrafine” na proszek. Uzyskany proszek nosi nazwę recyklatu i jest dodawany do procesu produkcyjnego.

Ilość recyklatu dodawana do mieszanki surowcowej jest zależna od receptury wytwarzania danego produktu. Recyklaty stosowane są do wyrobu wszystkich rodzajów produktów instalacyjnych, za wyjątkiem rur do przesyłu gazu. Otrzymany recyklat dzielony jest kolorystycznie i rodzajowo. Produkty powstałe z mieszanki podstawowego surowca i recyklatów nie różnią się jakościowo od produktów otrzymywanych z „czystego” materiału.



Rys. 3.1. Granulat uzyskany z odpadów poprodukcyjnych w pierwszym etapie rozdrobnienia a) polietylen, b) polipropylen, c) polichlorek winylu (wyk. własne).

Rysunek 3.2 przedstawia proces przetwarzania odpadów w recyklingu materiałowym. Prezentowana metoda przetwórstwa odpadów polimerowych w rozpatrywanym przypadku zapewnia najwyższy stopień wykorzystania wartości materiałowej, bowiem uzyskany recyklat nadaje się w całości do zastąpienia lub uzupełnienia mieszanki surowcowej, z której powstaje gotowy pełnowartościowy produkt.

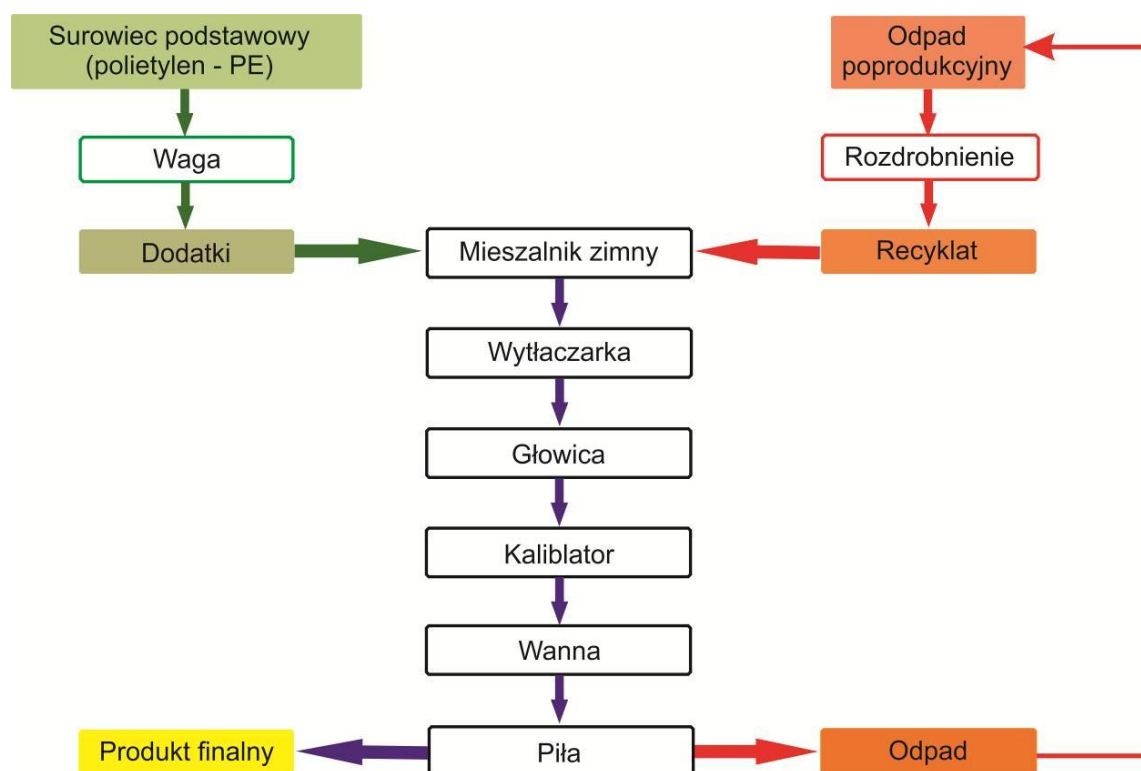
Proces produkcyjny w przypadku rur z polietylenu (Rys.3.3) zaczyna się od przygotowania materiału surowcowego. Następnym krokiem jest dodanie odpowiednich dla tej technologii dodatków w postaci stabilizatorów, ulepszaczy, barwników. Przygotowany wstępnie surowiec trafia do silosu skąd jest dozowany do mieszalnika, a następnie mieszany z recyklatem (odpadem) powstałym przy produkcji tego rodzaju rur. Kolejnym etapem procesu jest wytłaczanie w wytłaczarce i przekazywanie surowca dalej w kierunku głowicy formującej kształt produktu. Uzyskany produkt jest chłodzony i odprężany w wannie chłodzącej, ostatnim etapem procesu produkcyjnego jest cięcie rury na odpowiednie długości.

Wyroby z polipropylenu (Rys.3.4) produkowane są metodą wtrysku. Surowiec podstawowy z silosów oraz recyklat wprowadza się do mieszalnika, a następnie do wtryskarki gdzie następuje powstanie gotowego produktu tzw. wypraska, który następnie poddaje się badaniu jakości. Produkty spełniające normy kierowane są do sprzedaży natomiast produkty niepełnowartościowe czyli odpady poddaje się recyklingowi mechanicznemu.

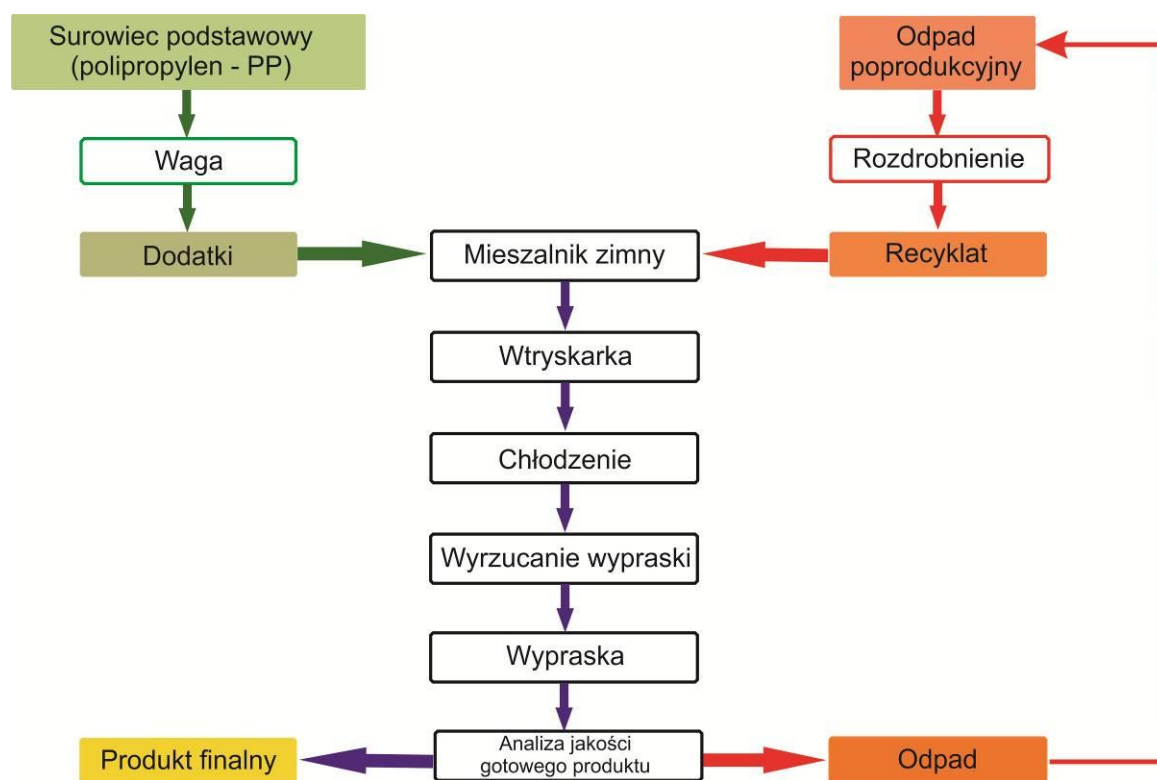
Proces produkcyjny w przypadku rur z polichlorku winylu (Rys.3.5) zaczyna się od przygotowania materiału surowcowego, następnym krokiem jest dodanie odpowiednich dla tej technologii dodatków w postaci stabilizatorów, ulepszaczy, barwników. Przygotowany surowiec trafia do mieszalnika „gorącego” skąd transportowany jest do silosa, następnie jest dozowany i mieszany na zimno z recyklatem powstałym przy produkcji tego rodzaju rur. Kolejnym etapem jest wytłaczanie i przekazywanie materiału dalej w kierunku głowicy formującej kształt produktu. Uzyskany produkt jest chłodzony i odprężany w wannie chłodzącej. Ostatnim etapem procesu jest cięcie rury na odcinki odpowiedniej długości bądź w przypadku rur kielichowych wytworzenie kielicha w kielicharce.



Rys. 3.2. Uproszczony schemat systemu recyklingu materiałowego w zakładzie[21].

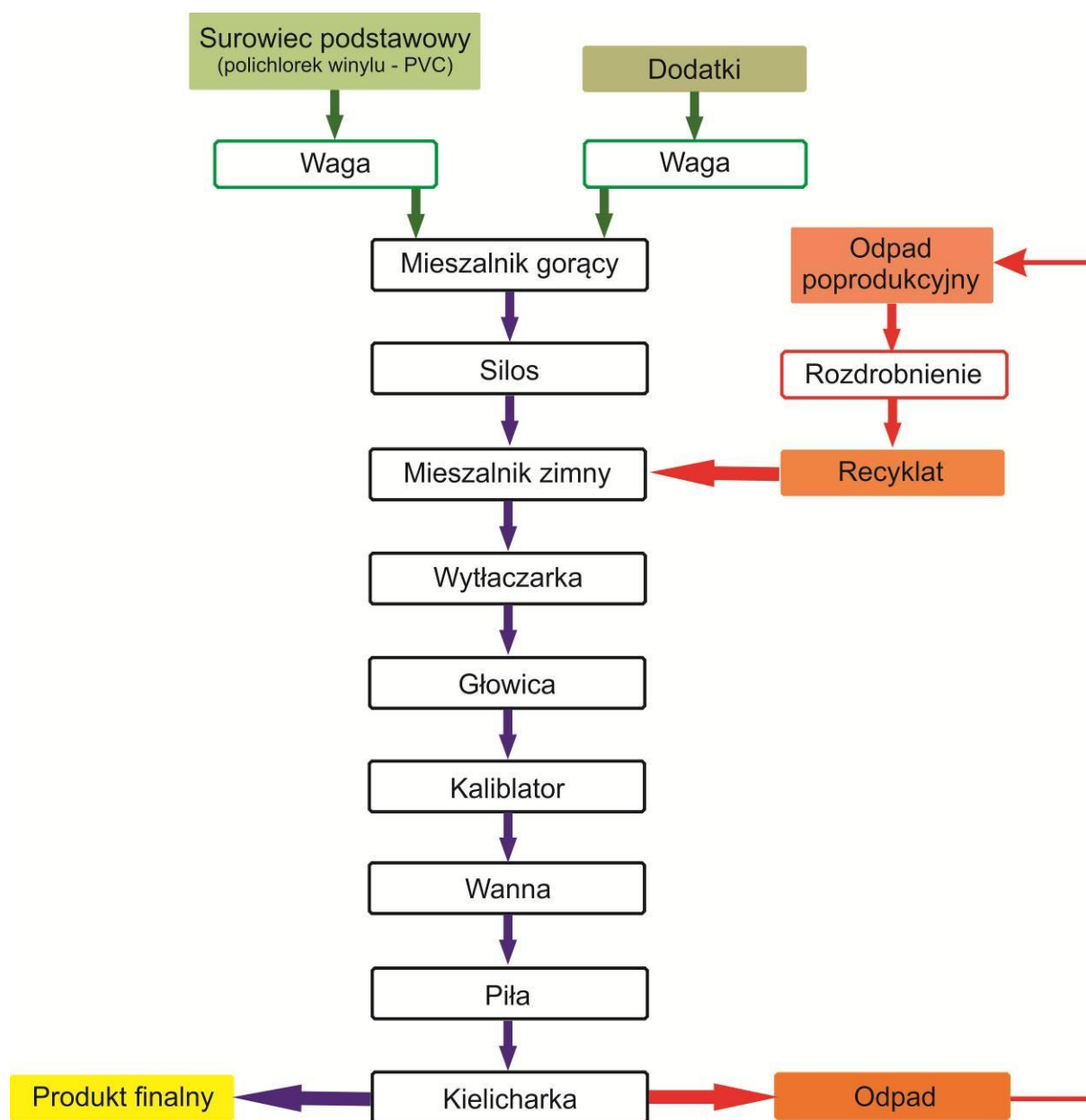


Rys. 3.3. Schemat cyklu produkcyjnego wyrobów instalacyjnych z polietylenu [21].



Rys. 3.4. Schemat cyklu produkcyjnego wyrobów instalacyjnych z polipropylenu [21].





Rys. 3.5. Schemat cyklu produkcyjnego wyrobów instalacyjnych z polichloroku winylu [21].

### 3. Korzyści ekologiczne wynikające z zastosowania CP

Korzyści ekologiczne wynikające z wdrożenia zasad Czystszej Produkcji w analizowanym zakładzie to przede wszystkim redukcja strumienia odpadów produkcyjnych. Założony cel został osiągnięty poprzez zawracanie odpadów w postaci recyklatu do procesu produkcyjnego.

W roku 2012 do procesu technologicznego zawrócono 103 kg recyklatu na 1 Mg produktu. Obecnie szacuje się, że poziom recyklingu materiałowego wzrósł do 6%, co daje 109 kg recyklatu na 1 Mg produktu [22].

W 2013 roku zakład wprowadził dodatkowe procedury Czystszej Produkcji zmierzające w kierunku znacznego ograniczania zużycia energii oraz wody. Wdrożone procedury składają się z następujących elementów [22]:

- wszystkie nowo zakupione maszyny do formowania wtryskowego wyposażone zostały w systemy zmniejszające zużycie energii o 15-20% w porównaniu z wcześniejszymi maszynami tradycyjnymi,

- wszystkie maszyny produkcyjne zostały wyposażone w układy pomiarowe i posiadają napędy AC,
- zapobieganie nieszczelnościom instalacji sprężonego powietrza i wody chłodniczej, co stanowi integralną część zrównoważonego zarządzania obiektami,
- zastosowanie izolacji maszyn i budynków, pozwala to na ponowne wykorzystanie ciepła do przetwarzania produktów,
- wprowadzenie instalacji oświetleniowej diod LED w obszarach produkcji, biurach i magazynach [22].

#### 4. Podsumowanie

Każda działalność człowieka jest związana z korzystaniem ze środowiska przyrodniczego, a jej efektem zawsze są skutki uboczne w postaci odpadów stałych, ciekłych czy też gazowych.

Czystsza Produkcja stanowi zintegrowany i elastyczny system zarządzania, którego celem jest ochrona środowiska, przy jednoczesnym uzyskaniu wymiernych efektów ekonomicznych.

Wdrożenie zasad Czystszej Produkcji w omawianym zakładzie wpłynęło na znaczną redukcję strumienia odpadów poprodukcyjnych oraz na zmniejszenie zużycia surowców i energii.

Zastosowanie zasad Czystszej Produkcji w zakładzie minimalizuje negatywny wpływ na środowisko na każdym etapie, począwszy od wyboru i zakupu materiałów, poprzez procesy produkcji, po końcowe przeznaczenie podczas użytkowania wyrobu i po jego zakończeniu.

Istotą Czystszej Produkcji jest działanie sekwencyjne, które na każdym kolejnym etapie stwarza możliwości do poprawy stanu środowiska przyrodniczego poprzez: w pierwszej kolejności eliminację, następnie minimalizację, potem redukcję, a dopiero na końcu usuwanie powstających odpadów.

#### Literatura

1. Alloway B. J., Ayres D.C., Chemiczne podstawy zanieczyszczenia środowiska, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1999.
2. Czop M., Kozielska B. Physicochemical properties of waste mix from polyolefin group. Archives of Waste Management and Environmental Protection, Volume 12 no. 1, 2010, s. 47-56.
3. Tworzywa sztuczne – fakty 2013. Analiza produkcji, zapotrzebowania oraz odzysku tworzyw sztucznych w Europie, file:///C:/Users/wipo/Downloads/fakty2013\_final.pdf, odczyt z dnia 19.08. 2014.
4. Tworzywa sztuczne – fakty 2012. Analiza produkcji, zapotrzebowania oraz odzysku tworzyw sztucznych w Europie w roku 2011, [http://www.plasticseurope.org/documents/document/20121029152543-fakty2012\\_final\\_web\\_lowresolution.pdf](http://www.plasticseurope.org/documents/document/20121029152543-fakty2012_final_web_lowresolution.pdf)
5. Tworzywa sztuczne – fakty 2011. Analiza produkcji, zapotrzebowania oraz odzysku tworzyw sztucznych w Europie w roku 2010, [http://www.plasticseurope.org/documents/document/20111114105347-fakty2011\\_final.pdf](http://www.plasticseurope.org/documents/document/20111114105347-fakty2011_final.pdf), odczyt z dnia 19.08. 2014.
6. Borkowski K. Odpady tworzyw sztucznych... - odzysk energii, Recykling 10(142), 2012, s. 18-20.
7. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 stycznia 2013 r. w sprawie kryteriów i procedur dopuszczenia odpadów do składowania na składowiskach danego typu (Dz.U. 2013 poz. 38).
8. Czop M., Biegańska J. Impact of selected chemical substances on the degradation of the polyolefin materials. CHEMIK, 66, 4, 2012, s. 307-310.
9. Czop M., Analysis of impact of selected chemical substances on the properties of polyolefin wastes, Pol. J. Environ. Stud. 2011 Volume 21 no. 5A, s. 48-53.
10. Adamowicz K., Zasady wdrażania Czystej Produkcji, [http://ekopedagog.net/e107\\_plugins/content/content.php?content.12640](http://ekopedagog.net/e107_plugins/content/content.php?content.12640), z dnia 21.08.2014.
11. Mroziński A. Recykulacja tworzyw sztucznych w Polsce i w Europie, <http://ebookbrowse.com/recykulacja-tworzyw-sztucznych-w-polsce-pdf-d62789206>, z dnia 03.07.2013.

12. Olamide O. Shadiya, Venkataraman Satish, Karen A. High, Process enhancement through waste minimization and multiobjective optimization, *Journal of Cleaner Production*, Volume 31, August 2012, pp. 137–149
  13. Kozłowski M. (red.): *Recykling tworzyw sztucznych w Europie*, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006.
  14. Silvia H. Bonillaa, Cecilia M.V.B. Almeidaa, Biagio F. Giannettia, Huisingb D., The roles of cleaner production in the sustainable development of modern societies: an introduction to this special issue, *Journal of Cleaner Production*, Volume 18, Issue 1, January 2010, pp. 1–5.
  15. Żenkiewicz, M. Żuk, T. Królikowski, K., *Metody sortowania odpadów tworzyw polimerowych*, *Przetwórstwo Tworzyw*, Tom [R.] 18, nr 6, 2012, s. 692-698.
  16. Zhaoa R., Neighbourb G., Deutzc P., McGuirea M., *Materials selection for cleaner production: An environmental evaluation approach*, *Materials & Design*, Volume 37, May 2012, pp. 429–434.
  17. Sokół W. A., *Ochrona Środowiska. Podstawy czystszej produkcji*. Zespół Wydawnictw i Usług Poligraficznych GIG, Katowice 1998.
  18. Guido Grause, Alfons Buekens, Yusaku Sakata, Akitsugu Okuwaki, Toshiaki Yoshioka, *Feedstock recycling of waste polymeric material*, *Journal of Material Cycles and Waste Management*, December 2011, Volume 13, Issue 4, pp 265-282.
  19. Czop M., *Badania podstawowych właściwości paliwowych odpadów poliolefinowych*, *Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska*, Volume 15 nr 3, 2013, s.71-80.
  20. Yongxiang Yang, Rob Boom, Brijan Irion, Derk-Jan van Heerden, Pieter Kuiper, Hans de Wit, *Recycling of composite materials*, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, Volume 51, January 2012, pp. 53–68.
  21. Witkowska E., *Zagospodarowanie odpadów z tworzyw sztucznych z uwzględnieniem oddziaływania na środowisko*, Praca magisterska, Gliwice 2008.
  22. Corporate social responsibility report 2012, [http://content.wavin.com/WAXBV.NSF/pages/SU\\_CSR\\_Report2012EN/\\$FILE/Wavin\\_CSR\\_Report\\_2012.pdf](http://content.wavin.com/WAXBV.NSF/pages/SU_CSR_Report2012EN/$FILE/Wavin_CSR_Report_2012.pdf), z dnia 19.08.2014.
-

