

ODPADY NIEORGANICZNE PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO

– FORESIGHT TECHNOLOGICZNY

REDAKCJA
BARBARA CICHY



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



ODPADY NIEORGANICZNE PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO – FORESIGHT TECHNOLOGICZNY

**PROJEKT WND-POIG.01.01.01-00-009/09
RAPORT KOŃCOWY**

**REDAKCJA
BARBARA CICHY**



**PROJEKT
„ODPADY NIEORGANICZNE PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO – FORESIGHT TECHNOLOGICZNY”
JEST WSPÓLFINANSOWANY PRZEZ UNIĘ EUROPEJSKĄ
ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO
W RAMACH PROGRAMU OPERACYJNEGO INNOWACYJNA GOSPODARKA 2007-2013**

**GLIWICE – WARSZAWA – KRAKÓW
STYCZEŃ 2012**

INSTYTUT NAWOZÓW SZTUCZNYCH, ODDZIAŁ CHEMII NIEORGANICZNEJ „IChN” W GLIWICACH,
44-100 GLIWICE, UL. SOWIŃSKIEGO 11

INSTYTUT OCHRONY ŚRODOWISKA PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY IOŚ – PIB,
00-548 WARSZAWA, UL. KRUCZA 5/11D

FUNDACJA PROGRESS AND BUSINESS, 30-041 KRAKÓW, UL. MIECHOWSKA 5B

KIEROWNIK PROJEKTU

DR INŻ. BARBARA CICHY

INSTYTUT NAWOZÓW SZTUCZNYCH
ODDZIAŁ CHEMII NIEORGANICZNEJ „IChN” W GLIWICACH

RECENZENCI

PROF. DR HAB. INŻ. ANTONI W. MORAWSKI
DR HAB. INŻ. JERZY HOFFMANN PROF. NADZW.

WYDANIE I
STYCZEŃ 2012

PUBLIKACJA BEZPŁATNA

**PUBLIKACJA WSPÓŁFINANSOWANA ZE ŚRODKÓW UNII EUROPEJSKIEJ
W RAMACH EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO**

PROJEKT OKŁADKI ORAZ PRZYGOTOWANIE DO DRUKU

CURSIVA

HTTP://WWW.CURSIVA.PL

ISBN 978-83-62108-12-1

SPIS TREŚCI

Książka adresowa	9
Wprowadzenie	11
Część I Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego Technologia – Ekonomia – Ekologia	21
Rozdział 1 Stan polskiego przemysłu nieorganicznego na tle sytuacji w Unii Europejskiej	23
1.1. Europejski przemysł chemiczny	23
1.2. Polski przemysł chemiczny	25
1.3. Polski przemysł nieorganiczny i nawozowy	28
Rozdział 2 Stan gospodarki odpadami nieorganicznymi w Polsce	35
2.1. Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – definicje	35
2.2. Inwentaryzacja odpadów wytworzonych	37
2.3. Procesy odzysku i unieszkodliwiania odpadów nieorganicznych	48
2.4. Gospodarka wybranymi odpadami nieorganicznymi	64
2.5. Podsumowanie	80
Rozdział 3 Technologie produktów nieorganicznych generujących główne odpady kluczowe dla projektu i ich trendy rozwoju	85
3.1. Technologie produkcji kwasu ortofosforowego	87
3.2. Trendy rozwoju technologii produkcji kwasu fosforowego	91
3.2.1. Przegląd doniesień literaturowych (desk-research)	91

3.2.2. Analiza wyników badań ankietowych (ankieta Delphi)	94
3.3. Technologia produkcji węglanu sodu – soda kalcynowana	95
3.4. Trendy rozwoju technologii produkcji sody kalcynowanej	103
3.4.1. Przegląd doniesień literaturowych (desk research)	103
3.4.2. Analiza wyników badań ankietowych (ankieta Delphi)	106
3.5. Technologia produkcji bieli tytanowej	108
3.6. Trendy rozwoju technologii produkcji bieli tytanowej	112
3.6.1. Przegląd doniesień literaturowych (desk research)	112
3.6.2. Analiza wyników badań ankietowych (ankieta Delphi)	114
3.7. Technologie produkcji kwasu siarkowego	115
3.7.1. Stan technologiczny	115
3.8. Trendy rozwoju technologii produkcji kwasu siarkowego	117
3.8.1. Zmniejszenie ilości odpadów ciekłych i ich ekologicznie bezpieczna stabilizacja	117
3.8.2. Zmniejszenie ilości odpadów stałych	118
3.8.3. Zmniejszenie ilości odpadów gazowych	119
3.8.4. Analiza szans i zagrożeń dla technologii produkcji kwasu siarkowego	121
3.8.5. Podsumowanie	122
 Rozdział 4 Technologie odzysku i unieszkodliwiania odpadów nieorganicznych	 129
4.1. Wprowadzenie	129
4.2. Fosfogips	130
4.3. Stałe produkty uboczne z procesu produkcji sody	138
4.3.1. Wapno posodowe	138
4.3.2. Chlorek wapnia	141
4.4. Charakterystyka odpadów z produkcji kwasu siarkowego	143
4.4.1. Kwasy odpadowe	145
4.4.2. Zużyty katalizator wanadowy	146

4.4.3. Związki siarki (SO_2 , SO_3 , mgła i krople kwasu siarkowego)	147
4.5. Odpadowe kwasy siarkowe z przemysłu chemicznego	149
4.6. Odpady z produkcji bieli tytanowej (siarczan żelaza (II))	150
4.7. Gips z odsiarczania spalin	152
4.8. Podsumowanie	154
4.8.1. Fosfogips	154
4.8.2. Stałe produkty uboczne z procesu produkcji sody	155
4.8.3. Odpady z produkcji kwasu siarkowego	156
4.8.4. Odpady z produkcji bieli tytanowej	156
 Rozdział 5 Ochrona środowiska w prawodawstwie Wspólnoty Europejskiej i polskim	 161
5.1. Prawo Wspólnoty Europejskiej	161
5.2. Prawodawstwo polskie	165
 Rozdział 6 Prognozy rozwoju produkcji bazowych chemikaliów nieorganicznych i nawozów mineralnych w świetle europejskich priorytetów środowiskowych	 171
6.1. Wstęp	171
6.2. Międzynarodowe programy rozwoju i priorytety środowiskowe	171
6.3. Prognozy dla przemysłu nieorganicznego	175
6.3.1. Soda	176
6.3.2. Przemysł nawozowy – nawozy fosforowe i azotowe	177
6.3.3. Siarka i kwas siarkowy	179
6.3.4. Biel tytanowa	180
6.4. Podsumowanie	181
 Rozdział 7 Środowiskowe i społeczne aspekty przemysłu chemicznego	 183
7.1.1. Wpływ składowiska odpadów z grupy 06 na środowisko	185

7.1.2. Główne źródła zanieczyszczeń	185
7.2. Efekty i szkody środowiskowe	189
7.3. Ocena ryzyka środowiskowego i zdrowotnego powodowanego zanieczyszczeniem środowiska	195
7.3.1. Podstawowe pojęcia w zakresie analizy ryzyka powodowanego przez zanieczyszczenie środowiska	196
7.3.2. Ocena narażenia i analiza ryzyka powodowanego zanieczyszczeniem środowiska metalami ciężkimi	198
7.4. Przemysł chemii nieorganicznej i jego produkty w środowisku	208
7.4.1. Współczesne i przyszłe uwarunkowania w rozwoju przemysłu nawozowego. Wyżywienie ludności a zużycie nawozów mineralnych	208
7.4.2. Nowe odmiany nawozów sztucznych	220
7.5. Społeczne aspekty gospodarowania odpadami nieorganicznymi przemysłu chemicznego w perspektywie 2020 i 2030 r.	224
 Część II Metodyka technologicznych studiów perspektywicznych dla strumieni odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego	 235
 Rozdział 1 Podstawy metodologiczne foresightu technologicznego. Możliwość zastosowania rezultatów badawczych foresightu w przedsiębiorstwach sektora chemii nieorganicznej	 237
1.1. Wstęp	237
1.1.1. Dlaczego foresight?	238
1.1.2. Prognozowanie technologiczne a metody foresightu	247
1.2. Metody badań foresightowych	248
1.2.1. Metody heurystyczne	248
1.2.2. Metody ilościowe foresightu	251
1.2.3. Badania ankietowe	255

1.2.4. Podsumowanie	256
1.3. Foresight a planowanie strategiczne w przedsiębiorstwach	256
1.3.1. Metody priorytetyzacji w foresighcie i planowaniu strategicznym	260
1.4. Projekty foresightowe zrealizowane w Polsce	261
1.5. Uwagi końcowe	269
 Rozdział 2 Metody badań delfickich – ankieta delficka on-line	 273
2.1. Cele badań delfickich w projekcie	273
2.2. Ankiety delfickie	275
2.3. Ogólne zasady formułowania problematyki badań delfickich	277
2.4. Zasady wyboru ekspertów do badań delfickich	277
2.5. Analiza wiarygodności odpowiedzi i respondentów	282
2.6. Zakres tematyczny badań	284
2.7. Analiza ankiet delfickich	287
2.8. Wnioski końcowe	290
 Rozdział 3 Metody analizy SWOTC (Strengths- Weaknesses- Opportunities- Threats- Challenges)	 293
3.1. Charakterystyka analizy SWOTC	293
3.2. Zastosowania praktyczne SWOTC	294
3.3. SWOTC w zastosowaniu do oceny technologii przemysłu nieorganicznego	295
3.4. Przykład analizy SWOTC	297
3.5. Opis implementacji metody	303
3.6. Zastosowania wyników analizy SWOTC	308
 Rozdział 4 Podstawy analizy trendów i konstrukcja scenariuszy strumieni odpadów nieorganicznych sektora chemicznego	 311
4.1. Model ewolucji zdarzeń	311

4.2. Metody analizy trendu: Warunkowa i Strukturalna Analiza Trendu	313
4.2.2. Analiza strukturalna trendów (AST)	316
4.3. Obliczeniowe aspekty analizy trendu	318
4.4. Scenariusze	319
4.5. Wpływ ewolucji technologii na wytwarzanie odpadów nieorganicznych w przemyśle chemicznym	321
 Rozdział 5 Metody prognozowania scenariuszowego rankingów	325
5.1. Wprowadzenie	325
5.2. Dynamiczne rankingi a foresight	328
5.3. Opis metody dynamicznych rankingów	329
5.4. Zastosowania metody DPR	332
5.5. Zastosowanie rezultatów priorytetyzacji technologii do alokacji środków	336
5.6. Wnioski końcowe	338
 Rozdział 6 Wyznaczanie scenariuszy odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego w Polsce do roku 2030 na podstawie wyników ankiety delfickiej	341
6.1. Metodyka obliczeń	341
6.2. Obliczenia	344
 Część III Scenariusze	401
Scenariusz intensywnego rozwoju	403
Scenariusz stabilnego wzrostu	409
Scenariusz turbulencji ekonomiczno-społecznych	415
 Streszczenia rozdziałów	417

KSIĄŻKA ADRESOWA

Barbara Cichy – *Kierownik projektu*

Instytut Nawozów Sztucznych
Oddział Chemii Nieorganicznej „IChN” w Gliwicach
ul. Sowińskiego 11
44-100 Gliwice

Krzysztof Czarnomski

Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy
Instytut Badawczy IOŚ - PIB
ul. Krucza 5/11d
00-548 Warszawa

Piotr Grzesiak

Instytut Ochrony Roślin PIB
ul. Władysława Węgorka 20
60-318 Poznań

Marek Czerni

Fundacja Progress and Business
Centrum Nauk o Decyzji i Prognozowania
ul. Miechowska 5B
30-041 Kraków

Ewa Kuźdzał

Instytut Nawozów Sztucznych
Oddział Chemii Nieorganicznej „IChN”
w Gliwicach
ul. Sowińskiego 11
44-100 Gliwice

Stanisław Folek

Instytut Nawozów Sztucznych
Oddział Chemii Nieorganicznej „IChN”
w Gliwicach
ul. Sowińskiego 11
44-100 Gliwice

Wojciech Lubiewa-Wieleżyński

Polska Izba Przemysłu Chemicznego
ul. Śniadeckich 17
00-654 Warszawa

Joanna Gluzińska

Instytut Nawozów Sztucznych
Oddział Chemii Nieorganicznej „IChN”
w Gliwicach
ul. Sowińskiego 11
44-100 Gliwice

Jerzy Majchrzak

Polska Izba Przemysłu Chemicznego
ul. Śniadeckich 17
00-654 Warszawa

Paweł Moryc

Instytut Nawozów Sztucznych
Oddział Chemii Nieorganicznej „IChN”
w Gliwicach
ul. Sowińskiego 11
44-100 Gliwice

Ewa Okoń-Horodyńska

Fundacja Progress and Business
Centrum Nauk o Decyzji i Prognozowania
ul. Miechowska 5B
30-041 Kraków

Andrzej M.J. Skulimowski

Fundacja Progress and Business
Centrum Nauk o Decyzji i Prognozowania
ul. Miechowska 5B
30-041 Kraków

Andrzej Paszek

Instytut Nawozów Sztucznych
Oddział Chemii Nieorganicznej „IChN”
w Gliwicach
ul. Sowińskiego 11
44-100 Gliwice

Barbara Walawska

Instytut Nawozów Sztucznych
Oddział Chemii Nieorganicznej „IChN”
w Gliwicach
ul. Sowińskiego 11
44-100 Gliwice

Grzegorz Schroeder

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza
Wydział Chemii
ul. Grunwaldzka 6
60-780 Poznań

WPROWADZENIE

GRZEGORZ SCHROEDER¹

Polska, w ramach Unii Europejskiej, realizując własną politykę gospodarczą i ekologiczną przyjęła strategię trwałego i zrównoważonego rozwoju, według której obowiązek ochrony środowiska naturalnego jest elementem prawidłowego rozwoju gospodarczego [1]. Przemysł i jego rozwój nie może być traktowany oddzielnie i niezależnie od procesów zachodzących w środowisku naturalnym oraz przemian społecznych. We wszystkich aktach prawnych UE, dotyczących rozwoju będących odzwierciedleniem nowej filozofii postępowania, społeczeństwo i środowisko naturalne zostały uznano za najważniejsze elementy dalszego rozwoju gospodarczego opartego na strategii zrównoważonego rozwoju. Strategia zrównoważonego rozwoju wytycza główne kierunki przemian jakimi powinny kierować się społeczeństwa uznając równorzędność gospodarki, środowiska naturalnego i oczekiwań społecznych. Rozwój realizowany w oparciu o tak sformułowaną strategię nie faworyzuje ani nie degraduje roli żadnego z tych trzech elementów.

Polityka zrównoważonego i trwałego rozwoju znalazła swoje odzwierciedlenie w obszarze nowoczesnego wytwarzania i zastosowania chemikaliów. Dwanaście zasad „Zielonej Chemii” [2-5], które są zalecane chemikom dotyczą:

1. Zapobiegania – lepiej jest zapobiegać wytwarzaniu odpadów niż prowadzić utylizację po ich wytworzeniu.
2. Oszczędności – należy dążyć do zwiększenia wydajności procesu przy jak najmniejszym zużyciu substratów.
3. Ograniczenia użycia substancji niebezpiecznych – w projektowaniu produktu oraz procesu jego wytwarzania należy dążyć do wyeliminowania związków toksycznych czy szkodliwie oddziałujących na otoczenie.
4. Projektowania produktów – istotne jest uwzględnienie wszelkiego niekorzystnego wpływu produktu na środowisko.
5. Używania bezpiecznych reagentów – eliminowanie rozpuszczalników i odczynników mogących stanowić źródło zagrożenia.
6. Efektywnego wykorzystania energii – szukanie łagodniejszych warunków prowadzenia reakcji (niższa temperatura, ciśnienie).
7. Wykorzystania surowców pochodzących ze źródeł odnawialnych.
8. Ograniczenia procesów derywatyzacji – stosowanie grup blokujących, ochronnych może stanowić źródło dodatkowych odpadów.

¹Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Wydział Chemii, ul. Grunwaldzka 6, 60-780 Poznań

9. Wykorzystania katalizatorów – użycie katalizatorów zwiększa wydajność reakcji, pozwala prowadzić proces w łagodniejszych warunkach.
10. Możliwości degradacji – produkty chemiczne po okresie ich używania nie powinny stanowić zagrożenia dla środowiska.
11. Kontroli procesu w czasie rzeczywistym – umożliwia na bieżąco analizę przebiegu reakcji co pozwala zapobiegać awariom wskutek nieprawidłowego kierunku procesu.
12. Właściwego poziomu bezpieczeństwa – projektując proces należy dążyć do zminimalizowania niebezpieczeństwa wypadków.

Green Chemistry łączy rozwój przemysłu chemicznego z dbałością o środowisko naturalne i jest nie tylko drogowskazem dla postępowania z chemikaliami, ale również podstawową zasadą obowiązującą w opracowaniu nowych metod syntezy, zagospodarowaniu zgromadzonych chemikaliów i projektowaniu nowych instalacji przemysłowych.

Strategia Lizbońska przyjęta w 2000 r. przez Unię Europejską zapoczątkowała proces mający na celu uczynienie z gospodarki unijnej najbardziej konkurencyjnej, innowacyjnej i opartej na wiedzy, zdolnej do utrzymania zrównoważonego i trwałego wzrostu gospodarczego, co ma prowadzić do stworzenia większej liczby miejsc pracy [6, 7].

Trzecią strategią determinującą dynamiczny rozwój gospodarczy, nie tylko Europy ale również Świata, jest strategia społeczeństwa opartego na wiedzy [8]. Społeczeństwo oparte na wiedzy oznacza ludzi posługujących się wiedzą w codziennych zachowaniach, w pracy i w komunikowaniu się. Jest to społeczeństwo bazujące na nowych technologiach, co wiąże się z koniecznością ciągłego procesu podnoszenia przez jednostkę umiejętności oraz kompetencji.

Diagnoza dotycząca rozwoju przemysłu w perspektywie wieloletniej musi uwzględniać [1, 9]:

- wymiar środowiskowy – dotyczący ochrony systemów podtrzymujących życie, zapewnienia bioróżnorodności, utrzymania wysokiego poziomu ochrony środowiska i poprawy jego jakości,
- wymiar społeczny – obejmujący równość i spójność społeczną, zdrowie, bezpieczne i sprawiedliwe społeczeństwo respektujące podstawowe prawa człowieka, różnorodność, tolerancję, kulturę, społeczeństwo równych możliwości zwalczające wszelkie formy dyskryminacji,
- wymiar gospodarczy – oparty na wiedzy w celu stworzenia gospodarki: dobrobytu, prorozwojowej, innowacyjnej, konkurencyjnej, zapewniającej wysokie standardy życia i pełne zatrudnienie w całej Unii Europejskiej.

W dokumencie UE „Zrównoważony rozwój – w kierunku gospodarki efektywnie korzystającej z zasobów, bardziej przyjaznej dla środowiska i bardziej konkurencyjnej” [10] zrównoważony rozwój oznacza:

- budowanie bardziej konkurencyjnej gospodarki niskoemisyjnej, która będzie

- korzystać z zasobów w sposób racjonalny i oszczędny,
- ochronę środowiska naturalnego, ograniczenie emisji gazów cieplarnianych i zapobieganie utracie bioróżnorodności,
- wykorzystanie pierwszoplanowej pozycji Europy do opracowania nowych, przyjaznych dla środowiska technologii i metod produkcji,
- wprowadzenie efektywnych, inteligentnych sieci energetycznych,
- wykorzystanie sieci obejmujących całą UE do zapewnienia dodatkowej przewagi rynkowej firmom europejskim (zwłaszcza małym przedsiębiorstwom produkcyjnym),
- poprawienie warunków dla rozwoju przedsiębiorczości, zwłaszcza w odniesieniu do MŚP,
- pomaganie konsumentom w dokonywaniu świadomych wyborów.

Unia Europejska wesprze zrównoważony rozwój za pomocą dwóch inicjatyw przewodnich:

1. Europa efektywnie korzystająca z zasobów.

Aby możliwe były zmiany w kierunku niskoemisyjnej gospodarki efektywniej korzystającej z zasobów, wzrost gospodarczy UE musi najpierw uniezależnić się od wykorzystania zasobów i energii dzięki ograniczeniu emisji dwutlenku węgla, działaniom na rzecz większego bezpieczeństwa energetycznego, ograniczeniu intensywności zużycia zasobów przy produkcji, przetwarzaniu i usuwaniu towarów i usług.

2. Polityka przemysłowa w erze globalizacji.

Unia Europejska potrzebuje polityki przemysłowej, która będzie wspierała przedsiębiorstwa – zwłaszcza małe firmy – w reagowaniu na zmiany, jakie niosą ze sobą globalizacja, kryzys gospodarczy i konieczność przejścia na gospodarkę niskoemisyjną, poprzez: wspieranie przedsiębiorczości – aby zapewnić europejskim przedsiębiorstwom lepszą kondycję i większą konkurencyjność, uwzględnienie wszystkich elementów coraz bardziej międzynarodowego łańcucha wartości, od surowców aż po usługi posprzedażne. Politykę taką można kształtować jedynie w oparciu o współpracę ze światem biznesu, związkami zawodowymi, środowiskami akademickimi, organizacjami pozarządowymi i stowarzyszeniami konsumentów.

Założenia polityki UE dotyczące rozwoju przemysłu znajdują odzwierciedlenie we wszystkich opracowanych dokumentach foresight na szczeblu europejskim, narodowym, branżowym, regionalnym i lokalnym [11-16]. Polityka zrównoważonego i trwałego rozwoju determinuje założenia i treści przedstawianych w tych dokumentach scenariuszach rozwoju.

Pomimo licznie zrealizowanych w Polsce projektów foresight, problematyka dotycząca jednej z ważniejszych w kraju gałęzi przemysłu – przemysłu chemicznego – chemii nieorganicznej dotychczas nie znalazła swojego odzwierciedlenia. Zarówno w Narodowym Programie Foresight Polska 2020, jak i programach foresightów

regionalnych czy technologicznych przemysł chemiczny nie jest dostrzeżony jako istotny w dalszym rozwoju kraju czy regionu. Wyjątkiem jest projekt „Foresight kadr nowoczesnej gospodarki” [11], w którym przemysł chemiczny uważany jest nie tylko za ważną i kluczową branżę przemysłu narodowego determinującą dalszy dynamiczny rozwój kraju, ale również za miejsce w którym wymagana jest bardzo dobrze wykształcona kadra. W tym projekcie czytamy:

„Ważna będzie także promocja pozytywnego wizerunku chemii jako branży kluczowej dla rozwoju gospodarczego kraju oraz promocja kariery chemika jako atrakcyjnej ścieżki rozwoju zawodowego (laboratoria w szkołach podstawowych etc...)”

„Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – foresight technologiczny” – projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego Unii Europejskiej (WND-POIG.01.01.01-00-009/09), jest unikalnym w skali światowej opracowaniem dotyczącym gromadzenia oraz zagospodarowania odpadów nieorganicznych w różnych dziedzinach przemysłu chemicznego. Odpady nieorganiczne generowane przez przemysł chemiczny powstają głównie w obszarze wytwarzania podstawowych chemikaliów nieorganicznych, zaś ten dział przemysłu chemicznego łącznie z produkcją nawozów mineralnych jest w Polsce branżą szczególnie dobrze rozwiniętą. Wynika to przede wszystkim z posiadania znaczących zasobów wielu surowców mineralnych wykorzystywanych w tym przemyśle.

W tej branży przemysłu chemicznego powstają i będą powstawać odpady nieorganiczne. Jedyną drogą postępowania w rozwiązaniu tego problemu jest ich ograniczenie lub zagospodarowanie. Do zmniejszenia ilości i emisji odpadów do środowiska naturalnego zmuszają producentów względy społeczne, ekologiczne, ekonomiczne i prawne. Skrajnym rozwiązaniem problemu odpadów powstających w produkcji podstawowych chemikaliów w kraju, przy braku stosownych i korzystnych ekonomiczno-politycznych rozwiązań byłoby wyprowadzenie tej produkcji poza Unię Europejską i Europę. Producenci chemikaliów w Europie i decydenci muszą wypracować optymalną ścieżkę rozwoju tej branży przemysłu chemicznego

Foresight dotyczący określonej branży przemysłowej, zagadnienia czy regionu tworzy język debaty społecznej oraz wspólną platformę budowania społecznej wizji myślenia o przyszłości. W trakcie realizacji projektu „Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – foresight technologiczny” i projektowania konkretnych scenariuszy rozwoju odbyły się liczne dyskusje przy aktywnym udziale i zaangażowaniu różnych grup społecznych; naukowców, przedsiębiorców, przedstawicieli administracji publicznej, organizacji pozarządowych, społecznych, kulturalnych, polityków, uczniów i studentów. Proces dochodzenia do opracowania scenariuszy rozwoju odbył się w oparciu o: dyskusje panelowe, analizę SWOTC, badanie eksperckie metodą Delphi, analizę społeczno-polityczną uwarunkowań prawnych i ekonomicznych. W trakcie opracowania dokumentu dyskutowano i uwzględniono w scenariuszach dotyczących przyszłości przemysłu nieorganicznego aspekty zrównoważonego oraz innowacyjnego rozwoju, przynoszącego korzyści gospodarcze, środowiskowe i społeczne na poziomie

krajowym i regionalnym. Tak przygotowany dokument ułatwia formułowania polityki oraz strategii innowacyjnej. Ponadto, foresight technologiczny zapewnia wsparcie dla innowacji oraz jest bodźcem i pomocą dla przedsiębiorstw w dziedzinie zarządzania technologią i transferem technologii, co prowadzi do zwiększenia konkurencyjności i wzrostu produkcji przy zachowaniu zasad zrównoważonego rozwoju, co przynieść ma równocześnie największe ekonomiczne i społeczne efekty.

Celem projektu „Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – foresight technologiczny” jest wybór działań, które gwarantują nie tylko prawidłową gospodarkę odpadami nieorganicznymi, ale również zapewniają przetrwanie na terenie kraju tej ważnej społecznie branży przemysłowej w czasie szybko postępującej globalizacji. Nowe technologie, konkurencyjność, zasoby naturalne, globalizacja, innowacyjność, bezrobocie i warunki pracy, nierówności społeczne, edukacja, demograficzne zmiany, środowisko i zrównoważony rozwój, nowe zagrożenia finansowe i walutowe, ekonomia, zapotrzebowanie na nieorganiczne produkty, transport, dystrybucja korzyści, prawo krajowe i europejskie, programy REACH (*Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals*) i GHS (*Global Harmonised System*) to zagadnienia, o których dyskutowano w trakcie przygotowywania ostatecznego opracowania. Posłużyły one do przygotowania scenariuszy długoterminowej polityki w zakresie odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego. Tak przygotowany dokument może stać się istotnym elementem zarządzania, edukacji i polityki w stosunku do przedsiębiorstw przemysłu nieorganicznego. Rozwój technologiczny w tym zakresie w coraz większym stopniu oferuje tak oczekiwane przez społeczeństwo odpowiednie działania w obszarze ochrony środowiska. Opracowanie „Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – foresight technologiczny” skupia się na kluczowych kwestiach strategicznych, które należy rozwiązać w ciągu najbliższych 20 lat, w celu stworzenia klimatu dla rozwoju przemysłu chemicznego, oceny realnego zagrożenia i ryzyka stosowania chemikaliów oraz zapewnienia kadry niezbędnej dla funkcjonowania innowacyjnego przemysłu.

W projekcie przedstawiono zapotrzebowanie w Polsce na dobrze wykształconą kadrę zdolną zarówno do zaspokojenia potrzeb dzisiejszego przemysłu, jak również do kreowania innowacyjnych przemian. Powiązано to z rozwojem przemysłu w kraju i jego miejscem w globalnej gospodarce. Określono trzy scenariusze rozwoju:

1. scenariusz „Skoku cywilizacyjnego”,
2. scenariusz „Twardych dostosowań”,
3. scenariusz „Słabnącego rozwoju”.

W scenariuszu „Skoku cywilizacyjnego” czytamy:

„Przemysł chemiczny, tzw. wielka synteza, nie będzie zwiększał produkcji ani zatrudnienia, ale pozostanie strategiczny ze względu na dostawy nawozów dla krajowego rolnictwa intensyfikującego produkcję [...]

Przemysł chemiczny generuje nowe materiały w różnych obszarach techniki, m.in. elektroniki, nanotechniki, motoryzacji i wielu innych. Wzrastają możliwości rozwoju przemysłu na pograniczu chemii i innych dziedzin, takich jak energetyka, produkcja

żywności, farmacja, budownictwo, transport. [...]

W dłuższej perspektywie przemysł chemiczny ma dostęp do dostatecznej ilości surowców, których ceny zapewniają nieprzerwaną opłacalność produkcji. Jednocześnie pojawiają się nowoczesne – mniej energochłonne technologie i firmy hi-tech. Trwają także prace nad nowymi, mniej energochłonnymi technologiami, których wprowadzenie powoduje zmniejszenie kosztów produkcji w przemyśle chemicznym. Wprowadzenie najnowszych technologii i korzystanie z własnych zdecydowanie poprawia konkurencyjność i przyspiesza radykalnie rozwój branży. Przełomowe wynalazki w chemii spowodują gwałtowny wzrost rozwoju chemii oraz gwałtowny wzrost udziału przemysłu chemicznego w PKB. Wysokiej klasy ośrodki badawcze, pracujące na rzecz branży chemicznej opracowują nowe technologie, których wdrażanie zwiększa konkurencyjność branży chemicznej. Powoduje to intensywny rozwój gospodarki.”

W scenariuszu „Twardych dostosowań” czytamy:

„Przemysł chemiczny ma potencjał stania się siłą napędową gospodarki – porównanie ze strukturą gospodarek Europy Zachodniej pokazuje wielokrotnie większy udział przemysłu chemicznego w tworzeniu PKB oraz większy udział w wysokoprzetworzonych produktach o dużej wartości dodanej w stosunku do „wielkiej syntezy”. Pamiętać należy o strategicznym znaczeniu niektórych bazowych chemikaliów (np. do wytwarzania nawozów sztucznych, których produkcja powinna być w Polsce utrzymana na poziomie gwarantującym zaspokojenie potrzeb rolnictwa). Potencjał rozwoju (rezerwy) można upatrywać w ujemnym obecnie bilansie handlu zagranicznego w sektorze chemicznym. Kolejne możliwości generuje zdolność chemii do rozwiązywania strategicznych problemów gospodarki i społeczeństwa – nowe technologie pozyskiwania energii, w tym np. zgazowanie węgla, ochrona środowiska oraz produkcja żywności. Możliwy jest rozwój w Polsce zakładów wypełniających „luki” w łańcuchu wartości. Możemy mówić o następujących kierunkach rozwoju przemysłu chemicznego:

- rozwój produkcji polimerów wysokoprzetworzonych i zwiększenie jego udziału w strukturze globalnej przemysłu chemicznego,
- zwiększenie udziału przemysłu chemicznego w strukturze produkcji przemysłowej kraju,
- utrzymanie obecnie istniejącej – wysokotonażowej produkcji, mimo potencjalnej konkurencji rynków wschodnich,
- wykorzystanie potencjału branży chemicznej dla rozwoju innych gałęzi gospodarki.

Uregulowania prawne UE mają szczególnie silny wpływ na rozwój sektora chemicznego. Restrykcyjne regulacje dotyczące ochrony środowiska oraz bezpieczeństwa powodują upadek wielu zakładów niezdolnych do przystosowania się przy jednoczesnej konkurencji z producentami, których te regulacje nie będą obowiązywać (np. dotyczące procesu produkcji). Dotyczy to przede wszystkim małych zakładów. Mimo wysiłków politycznych zapewnienia stabilnego dostępu do surowców przemysł chemiczny boryka

się ze zmienną dostępnością oraz dużą fluktuacją cen. Natomiast alternatywne metody nie są w stanie zaspokoić potrzeb przemysłu na wystarczającym poziomie. Powoduje to przerwy w produkcji, zahamowanie rozwoju oraz zamykanie niektórych zakładów. Wymienione reformy udają się częściowo. Proces restrukturyzacji i prywatyzacji jest spowolniony, stąd też opóźnione efekty. W tym samym czasie konkurencyjne zakłady rozwijają produkcję w oparciu o nowocześniejsze technologie. W dłuższej perspektywie przemysł chemiczny traci swoją konkurencyjną pozycję, co prowadzi do likwidacji niektórych zakładów.”

W scenariuszu „Słabnącego rozwoju” czytamy:

„W przemyśle chemicznym wyczerpywanie się źródeł surowców prowadzi do okresowych braków oraz wzrostu cen surowców do poziomu cen zaporowych. Dochodzi do zaprzestania opłacalności produkcji. Co za tym idzie do okresowych zamknięć produkcji, niektóre zakłady zmuszone są do całkowitego zaprzestania produkcji. Załamania na rynku niektórych branż powodują upadek wielu zakładów, w tym czasie na rynku pojawiają się tańsze produkty z zagranicy. W czasie kolejnych cykli koniunkturalnych zwiększony popyt jest zaspokajany przez produkty importowane. Rosnące zapotrzebowanie na energię i ograniczone zasoby tradycyjnych nośników energii powodują zwiększenie kosztów i spadek rentowności zakładów wielkiej syntezy chemicznej. Restrukturyzacja i prywatyzacja sektora nie przynosi oczekiwanych rezultatów. Jednocześnie bariery w absorpcji środków UE utrudniają dostęp do środków inwestycyjnych. W związku z tym zwiększa się różnica w rozwoju pomiędzy polskim przemysłem a rozwiniętymi krajami UE. Następuje dekapitalizacja środków trwałych i instalacji. [...]

W przemyśle chemicznym przepływ wiedzy pomiędzy sektorem badawczo-rozwojowym a przemysłem jest niewystarczający. Profil krajowego przemysłu chemicznego nie ulega zmianie w kierunku większego udziału zaawansowanych technologii o wysokiej wartości dodanej w globalnej strukturze przemysłu...”

Te scenariusze nie tylko trafnie określają powiązanie rozwoju przemysłu chemicznego z rozwojem kadry, ale również doskonale opisują korelację pomiędzy przemysłem, społeczeństwem i środowiskiem. W tym kontekście istotne jest, aby projekty planowania perspektywicznego takie jak foresight dotyczące podobnych zagadnień kluczowych dla rozwoju kraju, regionu czy przemysłu były przygotowane spójnie i stanowiły wzajemnie uzupełniające się dokumenty. Korelacja dokumentów przygotowanych z perspektywy różnych stron nie tylko umożliwia pełniejsze ich wykorzystanie, ale również stwarza możliwość przygotowania jednego spójnego scenariusza rozwoju kraju.

Autorzy projektu „Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – foresight technologiczny” analizując dokumenty strategiczne, dane statystyczne i opierając się na badaniach eksperckich zdecydowali się przedstawić dla polskiego przemysłu chemicznego, generującego uzasadnione technologicznie ilości odpadów nieorganicznych, scenariusze podobne, ale nie identyczne z projektem „Foresight

kadr nowoczesnej gospodarki” – jedynym polskim foresightem, w którym przemysł chemiczny jest przedstawiony obszernie. Autorzy wspomnianego projektu tworzyli scenariusze przed kryzysem gospodarczym 2009 r.

W projekcie foresight „Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – foresight technologiczny” opracowano trzy scenariusze rozwoju:

1. scenariusz „Intensywnego rozwoju”,
2. scenariusz „Stabilnego wzrostu”,
3. scenariusz „Turbulencji ekonomiczno-społecznych”.

Dla scenariuszy przyjęto następujące założenia:

1. Scenariusz „Intensywnego rozwoju”.

W scenariuszu tym sytuacja makroekonomiczna powoduje odsunięcie w czasie lub całkowite zaniechanie wdrażania bardziej restrykcyjnej niż już zatwierdzona polityki proekologicznej w UE. Dodatkowo niektóre z już przyjętych uregulowań mogą zostać osłabione lub odsunięte. Wzrasta produkcja chemikaliów i analogicznie wzrasta wytwarzanie odpadów nieorganicznych, przy czym po roku 2020 następuje zmniejszanie się strumieni odpadów o 2-4% rocznie dzięki pojawianiu się nowych technologii ich wykorzystania w gospodarce. Scenariusz ten zakłada średnioroczny wzrost PKB w Polsce na poziomie 3,5-4,5% do roku 2030.

2. Scenariusz „Stabilnego wzrostu”.

W tym scenariuszu produkcja przemysłu chemii nieorganicznej nie ulega do roku 2030 większym zmianom, przyczym jak najbardziej prawdopodobny wyznaczony został średnioroczny spadek produkcji w wysokości 0,3-0,5% do roku 2030 spowodowany zmniejszeniem opłacalności produkcji i – w konsekwencji – utratą konkurencyjności części zakładów i zwiększeniem importu produktów chemii nieorganicznej spoza UE. W scenariuszu tym wdrażane w Polsce bez opóźnień są wszystkie już zatwierdzone regulacje ekologiczno-prawne, a legislacja UE kontynuuje ten trend także po roku 2020. Zmniejszenie ilości odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego jest szybsze od spadku produkcji tego przemysłu i wynosi 3-5% rocznie. W scenariuszu tym średnioroczny wzrost PKB w Polsce do roku 2030 wynosi 2,0-3,0%.

3. Scenariusz „Turbulencji ekonomiczno-społecznych”.

Zewnętrzne problemy ekonomiczne i polityczne związane z przemianami strukturalnymi w gospodarce światowej, zwłaszcza w UE powodują występowanie częstych czy znacznie częstszych, niż wynika to z teorii klasycznych cykli koniunkturalnych (faz kryzysowych, przedzielonych krótkimi okresami odbudowy i wzrostu). Problemy te rzutują także na wewnętrzną sytuację ekonomiczno-polityczno-społeczną w Polsce, gdzie fazy wzrostu o 3-5% przedzielone są fazami osłabionej koniunktury gospodarczej od 0 do 1,5% w cyklach 3-5 letnich. Produkcja odpadów nieorganicznych w Polsce zmniejsza się kilkakrotnie w sposób skokowy, co spowodowane jest likwidacją lub zmianą

profilu produkcji niektórych zakładów.

Literatura

1. Review of the EU Sustainable Development Strategy – Renewed Strategy, Council of the European Union 10117/06, 9 June 2006, Brussels, p. 3-4
2. J. Clark, D.J. Macquarrie, Handbook of Green Chemistry and Technology, Blackwell, 2002
3. A.S. Matlack, Introduction to Green Chemistry, Mareel Dekker Inc., New York, 2001
4. Green Technology Foresight about Environmentally friendly products and materials, Working Report No. 34 2006
5. T. Paryczak, Promowanie zrównoważonego rozwoju przez zieloną chemię, Problemy Ekorozwoju – Problems of sustainable development, 2008, 3, 39-44
6. K. Głąbicka, M. Brewiński, Europejska Polityka Regionalna, Elipsa, Warszawa 2003
7. M.J. Rydło, Wyzwania Konkurencyjności- strategia Lizbońska w poszerzonej Europie, WEMA, Warszawa 2003
8. Ministerstwo Nauki i Informatyzacji, Założenia polityki naukowej, naukowo-technicznej i innowacyjnej państwa do 2020 r., Warszawa, grudzień 2004
9. A. Kasztelan, Środowiskowa konkurencyjność regionów – próba konceptualizacji, Problemy ekorozwoju – Problems of sustainable development, 2010, 5, 77-86
10. Komisja Europejska Europa 2020, http://ec.europa.eu/europe2020/priorities/sustainable-growth/index_pl.htm (dostęp 1.12.2011)
11. K.B. Matusiak, J. Kuciński, A. Gryzik, Foresight kadr nowoczesnej gospodarki, PARP Warszawa 2009
12. Europa 2020, Strategia na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju sprzyjającego włączeniu społecznemu
13. Foresight technologiczny przemysłu, Insight 2030
14. Strategia zrównoważonego rozwoju Polesia Zachodniego 2004-2013, Lublin 2003
15. Foresight jako narzędzie zarządzania wiedzą i innowacją, Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, Warszawa 2010
16. Science and Technology Studies Unit the University of York, UK, Foresight as a Tool for the Management of Knowledge

CZĘŚĆ I

ODPADY NIEORGANICZNE PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO TECHNOLOGIA – EKONOMIKA – EKOLOGIA

PROJEKT

„ODPADY NIEORGANICZNE PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO – FORESIGHT TECHNOLOGICZNY”

JEST WSPÓLFINANSOWANY PRZEZ UNIĘ EUROPEJSKĄ

ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO

W RAMACH PROGRAMU OPERACYJNEGO INNOWACYJNA GOSPODARKA 2007-2013

ROZDZIAŁ 1

STAN POLSKIEGO PRZEMYSŁU NIEORGANICZNEGO NA TLE SYTUACJI W UNII EUROPEJSKIEJ

BARBARA CICHY¹

1.1. Europejski przemysł chemiczny

Rozwój sektora chemicznego warunkowany jest jego specyfiką – jest bazą surowcową wszystkich sektorów gospodarki. Na podkreślenie zasługuje fakt, że blisko 70% sprzedaży branży chemicznej znajduje nabywców z innych działów gospodarki, a tylko ok 30% trafia bezpośrednio do konsumentów. Stąd przemysł ten jest uważany za branżę pracującą głównie dla potrzeb całej gospodarki. Największymi odbiorcami wyrobów przemysłu chemicznego są sektory: maszynowy i metalowy, motoryzacyjny, elektrotechniczny i elektroniczny, budowlany, papierniczy i poligraficzny, tekstylny i odzieżowy, rolniczy. Ponad 70% światowej produkcji chemikaliów przypada na 10 wiodących państw, są to, w kolejności: Chiny, USA, Japonia, Niemcy, Francja, Brazylia, Korea, Włochy, Wielka Brytania, Tajwan. Wartość produkcji europejskiego przemysłu chemicznego wynosi obecnie ponad 500 mld EUR (491 mld EUR kraje UE27 i 87 mld EUR pozostałe kraje europejskie, dane dla roku 2010). Europejski przemysł chemiczny jest czołowym importerem i eksporterem produktów chemicznych, generując nadwyżkę w handlu zagranicznym (42,6 mld EUR w 2009 roku). Produkcję chemiczną wytwarza w Unii Europejskiej 29 tys. przedsiębiorstw (96% z nich to MŚP), zatrudniających 1,2 mln osób, ale we wszystkich krajach Wspólnoty 70-80% wielkości sprzedaży jest kreowane przez niewielką liczbę (ok. 4%) największych przedsiębiorstw [1].

Unia Europejska była liderem światowej produkcji chemicznej do roku 2004, kiedy to wyprzedziły ją kraje Azji. Obecnie tylko 24% światowej sprzedaży chemikaliów przypada na europejski przemysł chemiczny. Udział przemysłu chemicznego w PKB krajów Unii Europejskiej spada: od 1,5% w roku 1995 do 1,1% w roku 2010. W porównaniu do innych regionów świata europejski przemysł chemiczny jest hamowany przez nieporównywalnie wysokie koszty operacyjne wynikające z wysokich kosztów pracy, energii i kosztów inwestycji proekologicznych wymuszanych przez unijną legislację środowiskową, bardziej restrykcyjną niż w innych regionach świata. To sprawia, że Europa jest wyprzedzana w budowie nowych instalacji chemicznych

¹Instytut Nawozów Sztucznych, Oddział Chemii Nieorganicznej „IChN” w Gliwicach, 44-100 Gliwice, ul. Sowińskiego 11

przez Amerykę Północną, Azję, Środkowy Wschód i Amerykę Łacińską.

Dwie trzecie produkcji UE 27 generowane jest przez Niemcy, Francję, Włochy i Wielką Brytanię. Wśród nowych członków UE największym producentem chemikaliów jest Polska (2,7% udział w sprzedaży w roku 2010) [1]. Udział % krajów UE 27 w sprzedaży chemikaliów w latach 2008-2010 przedstawia tabela 1.1. W strukturze sprzedaży chemikaliów w Unii Europejskiej największy udział mają chemikalia specjalistyczne (26%), petrochemikalia (25%) i polimery (23%). Chemikalia konsumenckie stanowią 14% rynku, zaś bazowe chemikalia nieorganiczne tylko 12%.

Tabela 1.1. Udział % krajów członkowskich UE w unijnym rynku chemikaliów

Kraj	2008	2009	2010
Niemcy	24,60	25,50	28,80
Francja	15,20	15,10	15,50
Włochy	12,00	9,70	10,20
Holandia	9,10	8,40	9,50
Wielka Brytania	12,00	9,70	9,10
Hiszpania	6,50	7,50	6,80
Belgia	6,20	7,10	6,30
Polska	2,30	2,10	2,70
Irlandia	bd	5,00	b.d.
pozostałe nie wymienione w danym roku	9,70	9,90	11,10

Lata 2004-2007 były okresem dobrej koniunktury w przemyśle, również chemicznym. Pomimo rosnącej konkurencji krajów azjatyckich europejski przemysł chemiczny rozwijał się odnotowując coroczne wzrosty wartości sprzedaży. W roku 2009 gospodarka światowa i unijna znajdowały się w recesji. Zapoczątkowany w USA kryzys finansowy przełożył się na gwałtowny spadek popytu, szczególnie w branży motoryzacyjnej oraz w budownictwie. Bardzo duży spadek odnotowano w eksporcie, co szczególnie mocno dotknęło główne kraje UE. Drastyczny spadek popytu w wielu chłonnych na chemikalia branżach oraz spadek eksportu spowodował duże trudności w unijnym przemyśle chemicznym. Średni stopień wykorzystania instalacji w UE w latach 1985-2008 wynosił 81,8% natomiast w I połowie 2009 oscylował wokół 71%. Ponadto nałożył się na to bardzo zróżnicowany spadek cen surowców i produktów co generalnie zmniejszyło poziom marży. W II kwartale 2009 r. odnotowano pierwsze symptomy zmiany trendu spadkowego w branży chemicznej. Widać to na przykładzie Niemiec (największego europejskiego producenta chemikaliów), gdzie nastąpił wzrost produkcji w stosunku do I kw. o 2,5% a eksportu o 5,1%. Przy czym łączne obniżenie

produkcji chemicznej w Niemczech wyniosło w I półroczu 2009 r. 15,5%. Eksport chemikaliów spadł o 12% do 62,3 mld EUR, a nadwyżka w handlu zagranicznym chemikaliów spadła do 19,7 mld EUR za I półrocze 2009 r. W sektorze tworzyw sztucznych, kreującym od lat nadwyżkę w bilansie handlowym UE 27, ceny w I półroczu 2009 osiągnęły najniższy poziom od roku 2000. Według CEFIC dno kryzysu w chemii odnotowano w grudniu 2008 r.[2]. Największy kwartalny spadek produkcji wystąpił w I kw. 2009 r. w stosunku do I kw. 2008 r., bo o 21,7%, w kolejnym już o 15,7%. W 2010 sytuacja przemysłu, w tym chemicznego, poprawiła się. Zanotowano wzrost produkcji we wszystkich sektorach (tabela 1.2.).

Tabela 1.2. Zmiany wolumenu produkcji chemicznej w UE 27, % w stosunku do roku poprzedniego [1]

	2008	2009	2010	2011*
Chemikalia	-3.3	-11.3	10.0	2.5
podstawowe chemikalia nieorganiczne	-6.1	-18.6	12.0	2.0
petrochemikalia	-4.2	-8.9	7.5	1.5
polimery	-5.1	-16.4	15.0	2.0
chemikalia specjalistyczne	-3.5	-8.3	7.5	2.5
chemikalia konsumenckie	-1.7	-7.0	6.5	2.0
Farmaceutyki	1.5	3.2	7.0	4.0
Chemikalia i farmaceutyki razem	-1.4	-5.2	8.0	2.5

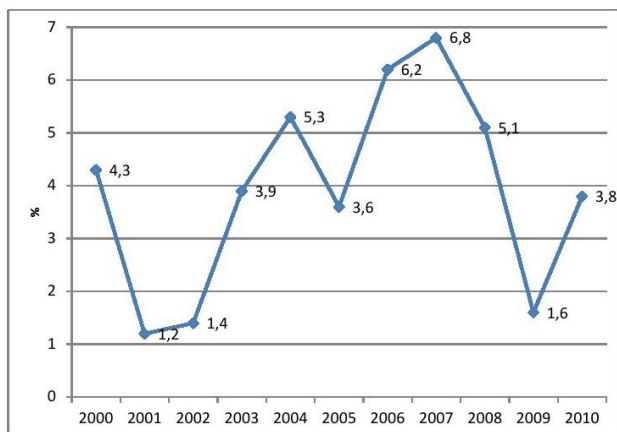
* *Wielkości prognozowane*

1.2. Polski przemysł chemiczny

W roku 2007 Polska uzyskała największy w latach dwutysięcznych wzrost PKB – 6,8%. Utrzymująca się w poprzednich latach tendencja wzrostowa, w roku 2009 znacznie osłabła, ale już na początku 2010 roku odnotowano ożywienie w gospodarce; w kolejnych kwartałach wzrost PKB nabierał tempa. W ostatnim kwartale 2010 roku wzrost gospodarczy osiągnął 4,5%. Biorąc pod uwagę niekorzystne warunki ekonomiczne jakie panowały na świecie, osiągnięty wynik należy oceniać pozytywnie (tempem wzrostu ustępowaliśmy jedynie Szwecji i Słowacji). Wzrost PKB w 2010 roku wyniósł 3,8% (rysunek 1.1.).

Przemysł chemiczny w Polsce łącznie z farmacją i wyrobami z tworzyw i gumy stanowi około 10% wartości sprzedaży całego przemysłu. Po wejściu Polski w struktury Unii Europejskiej branża ta należała do sektorów charakteryzujących się wysokim tempem wzrostu. W 2010 r. w polskim przemyśle chemicznym funkcjonowało 1751 przedsiębiorstw (rok wcześniej 1843), w tym 1400 jednostek rentownych. Zatrudnienie w sektorze wzrosło z 213,8 tys. osób w 2009 r. do ponad 220,9 tys. osób w 2010 r. Wzrost liczby pracujących odnotowano w produkcji: wyrobów z tworzyw sztucznych,

wyrobów z gumy, mydeł i detergentów, farb i lakierów, podstawowych chemikaliów, włókien chemicznych. Krajowa produkcja nie pokrywa zapotrzebowania na chemikalia. Saldo wymiany z zagranicą jest od wielu lat ujemne (minus 6,6 mld EUR w 2009 i minus 7,4 mld EUR w 2010 roku) [2].



Rys. 1.1. PKB Polski w latach 2000-2010

Kryzys światowy nie ominął przemysłu chemicznego w Europie, a także w Polsce. Rok 2010 to okres wychodzenia z kryzysu; prawie wszystkie spółki chemiczne zakończyły ten rok z zyskiem. Obecnie produkcja chemikaliów wyprzedza produkcję przemysłową, ale biorąc pod uwagę znaczący spadek w okresie kryzysu, przyrost ten jest wciąż niezadawalający. Kondycja przemysłu chemicznego, a sektora nieorganicznego szczególnie, jest silnie skorelowana z kondycją jego odbiorców i z rynkiem surowców i paliw. W roku 2009 w Polsce odnotowano zmniejszenie dynamiki produkcji sprzedanej przetwórstwa przemysłowego (98,1% w stosunku do 2008) i w produkcji chemikaliów (96,1%); przy czym spadek ten nie dotyczył produkcji farmaceutyków i wyrobów z tworzyw i gumy. Wyniki pierwszych miesięcy roku 2010 były bardziej optymistyczne.

Tabela 1.3. Produkcja sprzedana przemysłu chemicznego w Polsce w mln PLN, (dane GUS)

Branża	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Przetwórstwo przemysłowe (ogółem), mln PLN	571664	649352	739455	720 694,2	854 900	945 030
Chemikalia i wyroby chemiczne, mln PLN	30570	35626	37895	38604	37525	41900
Wyroby farmaceutyczne, mln PLN	7046	7901	8603	9632	10761	11 600
Wyroby z gumy i tworzywa sztuczne, mln PLN	33890	37760	44217	44360,8	46379	50 000

Oprócz wielkości produkcji sprzedanej należy zwrócić uwagę na rentowność. Największy spadek zysków w 2009 nastąpił w przemyśle nawozowym; wtedy przemysł ten zanotował najniższą od wielu lat ujemną rentowność (-9,6%) spowodowaną wysoką ceną gazu. W dwóch pierwszych kwartałach roku 2010 nastąpił wzrost wskaźników dla przemysłu chemicznego wyższy niż dla ogółu przemysłu przetwórczego w Polsce; odpowiednio wskaźnik rentowności obrotu 6,0% dla chemii i 4,0% dla całego przetwórstwa [4]. Należy zwrócić uwagę, że polski przemysł chemiczny charakteryzuje wysoki udział kosztów materiałów i energii w porównaniu z innymi działami przetwórstwa przemysłowego (tabela 1.4.). Jest to wynikiem charakterystycznej struktury, w której inaczej niż w większości krajów rozwiniętych, w tym krajów UE, dominują chemikalia bazowe - 58% wartości sprzedaży w roku 2010, z czego na włókna w formach podstawowych przypada 21%, na nawozy przypada 14%, inne chemikalia organiczne 14%, inne chemikalia nieorganiczne 4%, gazy techniczne 4%, barwniki i pigmenty 1%.

Tabela 1.4. Struktura rodzajowa kosztów w przemyśle według sekcji, działów i grup w 2010 r. [3]

SEKCJE, DZIAŁY I GRUPY	Amortyzacja	Zużycie materiałów i energii	Usługi obce	Podatki i opłaty	Wynagrodzenia	Ubezpieczenia społeczne i inne świadczenia	Pozostałe koszty rodzajowe
w odsetkach kosztów ogółem							
OGÓŁEM	4,9	60,2	13,4	6,1	11,1	2,7	1,6
Przetwórstwo przemysłowe	3,9	65,5	11,3	6,0	9,6	2,1	1,7
Produkcja chemikaliów i wyrobów chemicznych	4,3	68,4	13,5	1,6	8,3	1,8	2,1
produkcja podstawowych chemikaliów, nawozów, tworzyw sztucznych i kauczuku	4,7	73,0	11,2	2,1	6,5	1,5	0,9
produkcja pestycydów i pozostałych środków agrochemicznych	3,2	68,4	11,1	1,5	11,9	2,2	1,7
produkcja farb i lakierów	4,1	65,3	12,1	0,8	11,5	2,6	3,7
produkcja mydła, środków myjących i wyrobów kosmetycznych	3,5	58,9	19,9	0,6	10,6	2,2	4,4
produkcja pozostałych wyrobów chemicznych	3,6	68,1	11,8	1,2	10,6	2,4	2,3
produkcja włókien chemicznych	5,5	63,3	9,2	2,9	15,3	3,4	0,4

Stan rozwoju przemysłu chemicznego w Polsce mierzony jako wartość sprzedaży przemysłu chemicznego w Polsce per capita to zaledwie 25% średniej UE 27. Tak słaby wynik, gorszy nawet od wielu krajów Europy Środkowej, to efekt nastawienia polskiego przemysłu chemicznego na wielkotonażowe produkty podstawowe, w zasadzie na półprodukty dla dalszego przetwórstwa chemicznego lub dla przetwórstwa w innych

branżach. Jest to też wynik braku inwestycji w przemyśle chemicznym (tabela 1.5), niskich nakładów na sektor badań i rozwoju, a co tym idzie niski poziom wdrożeń. Produkty wysoko przetworzone są w dużej mierze importowane, czym Polska różni się od potentatów chemicznych w Europie i na świecie. Rynki produktów niżej przetworzonych są już w wysokim stopniu nasycone. Jediną szansą rozwoju branży chemicznej w Polsce jest rozwój produkcji o wielostopniowym przetwarzaniu chemikaliów bazowych w produkty o wysokiej wartości dodanej. Kryzys ostatnich lat przy równoczesnym wzroście wymagań ekologicznych w stosunku do producentów chemicznych w Unii Europejskiej powodują, że obecne, niewielkie ze względu na sytuację gospodarczą, środki na badania i rozwój kierowane są przede wszystkim na poprawę parametrów środowiskowych istniejących instalacji produkujących podstawowe chemikalia. Działania Komisji Europejskiej w zakresie Pakietu Klimatycznego i koncepcji zrównoważonego rozwoju spowodowały w pierwszym rządzie skokowy wzrost cen energii elektrycznej. Realizując postulaty zrównoważonego rozwoju polski przemysł chemiczny znacząco zmienił podejście do problemów ekologicznych koncentrując się na ograniczaniu powstawania zanieczyszczeń „u źródła”, czyli w technologiach stosowanych. W rezultacie brakuje środków na rozwój technologii bardziej złożonych, ale czystych, przetwarzających bazowe chemikalia w złożone i dedykowane wyroby chemiczne. Zapowiadane zaostrezenie kryteriów emisyjnych spowoduje konieczność dalszego inwestowania w technologie chemikaliów bazowych lub też przeniesienie produkcji chemikaliów bazowych poza Europę.

Tabela 1.5. Dynamika nakładów inwestycyjnych w przemyśle wg sekcji i działów (ceny stałe)

SEKCJE I DZIAŁY	2006	2007	2008	2009	2007	2008	2009
	rok poprzedni=100				2005=100		
O G Ó Ł E M	113,7	118,5	109,6	93,4	134,7	147,6	137,9
Przetwórstwo przemysłowe	116,4	118,4	107	81,9	137,8	147,4	120,7
Produkcja chemikaliów i wyrobów chemicznych	81,4	117,2	153	73,4	95,4	146	107,2

1.3. Polski przemysł nieorganiczny i nawozowy

Przemysł nieorganiczny i nawozowy z uwagi na znaczną różnorodność branż (od surowców chemicznych do kosmetyków i farmaceutyków oraz chemikaliów o super czystości, np. dla elektroniki) decyduje o stanie i rozwoju praktycznie każdej dziedziny przemysłu, gospodarki i życia codziennego człowieka. Rola jaką spełniają wyroby przemysłu chemicznego w gospodarce kraju zależy od branży. Dla przemysłu nawozowego rola ta polega przede wszystkim na zaopatrzeniu rolnictwa w środki produkcji rolnej jakimi są nawozy. Branża nawozowa zaopatruje także inne działy

gospodarki w podstawowe chemikalia, jakimi są kwas azotowy, kwas siarkowy, kwas fosforowy, amoniak, kwas fluorokrzemowy, fluorokrzemiany itp. Należy przy tym zaznaczyć, że wyroby gotowe przemysłu nawozowego są także surowcami do dalszego przerobu na głębiej przetworzone wyroby, na przykład materiały wybuchowe (azotan amonu) czy też tworzywa sztuczne (mocznik).

Na świecie produkuje się ponad 87 mln ton azotu w postaci nawozów i ponad 33 mln ton P_2O_5 , z tego ponad 10 mln ton azotu w krajach UE, w tym prawie połowę w krajach Europy Środkowej. Największym producentem nawozów azotowych w UE jest Polska, która wytwarza ponad 1 mln 600 tys. ton azotu rocznie, co stanowi ok. 16% produkcji krajów UE. Innymi ważnymi producentami nawozów azotowych w Europie są Rosja i Ukraina, których potencjał produkcyjny jest porównywalny ze wszystkimi krajami UE. Polska była w latach 2007-2010 ósmym lub dziewiątym producentem chemikaliów w Unii Europejskiej, ale w produkcji nawozów zajmuje miejsce trzecie [7].

Polska jest predestynowana do posiadania i rozwoju przemysłu nieorganicznego m.in. z racji na posiadanie znaczących, również w skali europejskiej, zasobów wielu surowców mineralnych stosowanych w tym przemyśle, na przykład soli kamiennej, wapienia i dolomitu, piasku, kredy, gipsu, pokładów siarki kopalnej, bentonitów. Produkcja nawozów mineralnych fosforowych i potasowych w całości opiera się o import surowców fosforowych (Afryka, Bliski Wschód) oraz potasowych (Niemcy, Białoruś, Ukraina). Przemysł nieorganiczny i nawozowy jest silnie uzależniony od źródeł surowcowych; problemem producentów amoniaku i nawozów azotowych jest wysoka cena gazu; wyższa niż u rynkowych konkurentów.

Produkcja nawozów mineralnych i produktów nieorganicznych skoncentrowana jest w kilku zakładach produkcyjnych przemysłu chemicznego obejmujących również produkty organiczne oraz w przemyśle hutniczym, np. przemysł metali nieżelaznych jest znaczącym producentem kwasu siarkowego i soli nieorganicznych. Większość zakładów chemicznych wytwarzających chemikalia nieorganiczne i nawozy mineralne to duże podmioty gospodarcze, wywodzące się z tak zwanej grupy Wielkiej Syntezy Chemicznej. Od połowy 2008 roku resort skarbu państwa prowadzi aktywne działania zmierzające do prywatyzacji polskiej chemii. Ostatnią decyzją (październik 2011) jest sprzedaż 66% akcji skarbu państwa grupie Azoty Tarnów. Grupa Kapitałowa Azoty Tarnów, w skład której wchodzi już większościowe pakiety ZAK w Kędzierzynie, Zakładów Azotowych Tarnów, stała się największą spółką w branży chemicznej w Polsce i całej Europie Środkowo-Wschodniej. Drugą dużą spółką giełdową Zakłady Azotowe Puławy Spółka Akcyjna. W skład tej grupy wchodzi Gdańskie Zakłady Nawozów Fosforowych „Fosfory”, zaś negocjacje zmierzające do przejęcia Adipolu-Azoty Chorzów są na ukończeniu [8]. Trzecią dużą grupą chemiczną jest spółka CIECH S.A.; z tej grupy kapitałowej do polskich producentów nieorganicznych należą dwa zakłady produkujące sodę, zakład w Alwerni produkujący kwas fosforowy metodą termiczną (przez spalanie fosforu) i nawozy oraz Zakłady Vitrosilicon – producent szkła i krzemianów. Poza tymi trzema grupami kapitałowymi pozostają tylko małe

zakłady przetwarzające chemikalia lub konfekcjonujące nawozy.

Reasumując, do największych zakładów według ogólnej wartości produkcji rocznej zaliczanych do przemysłu chemicznego w Polsce, w których wytwarzane są w całości lub częściowo chemikalia nieorganiczne, należą następujące zakłady:

- ZA Puławy S.A.,
- Anwil S.A. Włocławek,
- Zakłady Chemiczne „POLICE” S.A.,
- ZAK S.A. w Kędzierzynie,
- Zakłady Azotowe w Tarnowie-Mościcach S.A.,
- Soda Polska CIECH sp. z o.o., Zakład w Janikowie,
- Soda Polska CIECH sp. z o.o., Zakład Mątwy w Inowrocławiu,
- PCC Rokita SA, Brzeg Dolny,
- „LUVENA” S.A. w Luboniu,
- Przedsiębiorstwo Produkcyjno-Consultingowe ADOB Sp. z o.o. Poznań,
- Gdańskie Zakłady Nawozów Fosforowych „Fosfory”,
- ZAKŁADY CHEMICZNE „Siarkopol” TARNOBRZEG sp. z o.o.,
- Zakłady Chemiczne Alwernia S.A.,
- Vitrosilicon S.A.,
- Zakłady Chemiczne Rudniki S.A.,
- KIZCHS Siarkopol S.A. Grzybów,
- FOSFAN S.A. w Szczecinie.

Zestawienie wyrobów wytwarzanych przez przemysł nieorganiczny i nawozowy w Polsce przedstawiono w tabeli 1.6. wraz z ilościami ton wyprodukowanymi w poszczególnych latach.

Tabela 1.6. Produkcja ważniejszych wyrobów przemysłowych, na podstawie danych GUS

CHEMIKALIA I WYROBY CHEMICZNE								
WYROBY	Jednostka miary	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Biele cynkowe	t	11 602	8 061	14 792	14 482	12 072	8 567	9 747
Pigmenty oraz preparaty na bazie dwutlenku tytanu, zawierające co najmniej 80% masy dwutlenku tytanu	t	35 703	41 221	42 016	39 412	40 413	36 408	41 743
	t TiO ₂	33 350	38 520	39 166	36 856	35 657	34 024	38 705
Chlor	t Cl	364 979	369 316	432 775	404 175	351 345	330 099	275 926
Kwas solny techniczny	t HCl	68 197	84 094	76 023	87 711	77 772	77 082*	76 741
Kwas siarkowy (w przeliczeniu na 100%)	tys. t H ₂ SO ₄	1 763	1 807	1 907	2 010	1 813	1 243	1 686
Oleum (w przeliczeniu na 100%)	tys. t H ₂ SO ₄	212	222	224	214	207	217	215
Kwas fosforowy (kwas ortofosforowy)	t P ₂ O ₅	437 675	398 652	507 980	499 299	293 188	141 322	293 353

CHEMIKALIA I WYROBY CHEMICZNE								
WYROBY	Jednostka miary	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Wodorotlenek sodu (soda kaustyczna), stały	t	80 544	81 664	87 657	98 467	77 555	72 657	52 030
	t NaOH	79 282	80 532	86 601	97 214	76 433	71 595	51 189
	t 96% NaOH	82 585	83 889	90 210	101 265	79 617	74 578	53 323
Wodorotlenek sodu w roztworze wodnym (ług sodowy lub ciekła soda kaustyczna)	t	611 410	618 415	936 744	1 011 074	844 536	807 747	558 287
	t NaOH	298 751	294 975	356 743	370 009	316 440	295 090	223 022
	t 96%NaOH	311 197	307 263	371 604	385 423	329 619	307 381	232 312
Węglan sodu	t Na ₂ CO ₃	1 058 916	1 188 527	1 176 556	1 192 133	1 190 165	889 857	1 010 059
Siarka (z wyjątkiem surowej, sublimowanej, strąconej i koloidalnej)	t	114 483	165 529	59 728	62 689	70 979	54 609	78 108
	t S	113 590	164 404	59 119	62 088	70 347	54 214	77 493
Kwas azotowy techniczny	t HNO ₃	2 007 363	2 219 374	2 200 804	2 269 876	2 267 371	2 139 417	2 209 363
Amoniak gazowy syntetyczny	t NH ₃	1 208 033	1 133 451	1 110 394	1 114 847	1 068 602	1 004 084	989 987
Amoniak ciekły syntetyczny (skroplony)	t NH ₃	1 005 440	1 385 588	1 323 836	1 301 694	1 348 111	954 133	1 069 735
Nawozy mineralne lub chemiczne, z tego:	t	6 868 720	7 463 901	7 347 359	7 896 433	7 290 428	5 759 166	6 966 582
azotowe	t	4 401 118	4 908 027	4 850 113	5 087 104	4 824 952	4 472 445	4 708 955
fosforowe	t	323 484	409 930	358 576	465 562	458 009	145 795	310 421
potasowe	t	3 164	2 364	1 925			2 413	5 384
wieloskładnikowe	t	2 140 954	2 143 580	2 136 745	2 343 767	2 007 464	1 138 513	1 941 822
Nawozy mineralne lub chemiczne w przeliczeniu na czysty składnik, łącznie z wieloskładnikowymi, z tego:	t	2 424 707	2 644 332	2 601 707	2 829 914	2 559 132	1 976 940	2 453 373
azotowe łącznie z wieloskładnikowymi	t	1 575 921	1 735 461	1 714 254	1 832 856	1 715 577	1 545 840	1 637 458
fosforowe łącznie z wieloskładnikowymi	t	538 586	595 747	595 151	647 668	535 699	241 096	486 399
potasowe łącznie z wieloskładnikowymi	t	310 200	313 124	292 302	349 390	307 856	190 004	329 516
Siarczan amonu	t	620 873	651 509	666 111	651 735	622 216	582 507	646 333
	t N	129 459	135 953	138 918	136 099	129 993	121 715	134 970
Azotan amonu	t	813 732	1 234 783	1 258 913	1 292 057	1 260 295	1 348 387	1 322 542
	t N	279 459	424 538	429 333	444 710	432 882	463 347	454 474
Mieszaniny azotanu amonowego z węglanem wapnia, o zawartości azotu mniejszej lub równej 28% masy	t	1 029 703	1 088 713	1 091 445	1 141 106	1 299 310	962 030	1 300 992
	t N	280 029	296 097	288 649	310 206	352 604	261 310	351 119
	t 25% N	1 120 114	1 184 388	1 154 598	1 209 224	1 410 413	797 158	1 019 233

CHEMIKALIA I WYROBY CHEMICZNE								
WYROBY	Jednostka miary	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Mieszaniny azotanu amonowego z węglanem wapnia, o zawartości azotu większej niż 28%	t	23 977	234 700	279 602	264 916	148 011	298 916	173 084
	t N	7 673	74 124	88 361	84 318	47 281	95 588	55 281
	t 25% N	30 691	296 496	353 443	337 274	189 123	316 110	207 686
Superfosfaty	t	323 484	409 863	358 366	465 095	456 990	144 787	309 348

W latach kryzysu (2008-2009) spadek zapotrzebowania ze strony odbiorców chemikaliów nieorganicznych wymusił znaczną redukcję produkcji, a w niektórych przypadkach nawet zamknięcia instalacji. Przemysł nieorganiczny znalazł się wśród tych sektorów europejskiego przemysłu chemicznego, które najdotkliwiej odczuły skutki światowego kryzysu. W 2009 roku podstawowe chemikalia nieorganiczne odnotowały spadek produkcji o 18,7% w stosunku rocznym. W 2009 zakłady wytwarzające chemikalia bazowe i nawozy nie wykazały zysku, ale już rok 2010 był rentowny dla przemysłu chemicznego, rok ten jak i następny był dobry dla producentów nawozów; ceny skupu podstawowych zbóż były na tyle wysokie, że pozwalały producentom inwestować w zakupy nawozów, w związku z czym branża odnotowała znaczny zysk. W 2010 roku nastąpił też powrót odbiorców chemikaliów na polski rynek i wzrost eksportu, w tym nawozów [5]. Przemysł nieorganiczny i nawozowy powrócił na ścieżkę stabilnego wzrostu, któremu mogą przeszkodzić wysoki i nie malejący dług sektora finansów publicznych i deficyt budżetowy.

Z punktu widzenia gospodarki odpadowej przemysł wytwarzający podstawowe chemikalia nieorganiczne i nawozy jest w sytuacji mało komfortowej; z surowców mineralnych wykorzystuje część przydatną do produkcji użytecznych produktów rynkowych, zaś reszta jest odpadem lub produktem trudniej zbywalnym na rynku. Z natury produktów nieorganicznych wynika, że odpady te nie nadają się do utylizacji przez spalanie, więc często zalegają na składowiskach, a tylko ich część udaje się wykorzystać w sposób użyteczny i opłacalny. W tej grupie produktów „problem odpadowy” nie dotyczy w zasadzie tylko nawozów azotowych powstających z powietrza i gazu, a więc nie generujących odpadów stałych, może poza niewielkimi ilościami zużytych katalizatorów.

Za rozwój nieorganicznego przemysłu chemicznego w najbliższych latach odpowiadać będą nie tylko zmiany technologiczne, ale również a może przede wszystkim uwarunkowania społeczno-ekonomiczne i prawne. Ta wielopłaszczyznowość czynników określających rozwój tej branży przemysłu, generuje konieczność przewartościowania wielu utartych poglądów oraz wytyczenia nowego, innego spojrzenia na szanse rozwoju przemysłu chemicznego. Rozwój przemysłu chemicznego zależeć będzie bardzo silnie od edukacji i poziomu świadomości społeczeństw. Przemysł chemiczny pomimo znacznych inwestycji w ochronę środowiska staje się celem ataków organizacji pozarządowych, wymagających bardziej drastycznych przepisów w tym obszarze oraz

zwiększania kosztów ponoszonych przez producentów wynikających z tych przepisów. Dynamiczny rozwój przemysłu branży chemicznej jest możliwy tylko przy pełnej akceptacji społecznej. Aby uzyskać taką akceptację przemysł chemiczny musi zadbać o podnoszenie swojego pozytywnego publicznego wizerunku w oparciu o polityczne i medialne zaplecze. Istnieje konieczność przejścia od cywilizacji nadmiaru do cywilizacji umiaru. Polityczne wsparcie, to w branży chemicznej przede wszystkim: zrównoważona polityka w dziedzinie chemikaliów, bodźce ekonomiczne i prawne dla innowacyjności, oraz nie biurokratyzowanie przepisów.

Literatura

1. *The European chemical industry in a worldwide perspective*, September 2011, Facts and Figures, [pobrano październik 2011]. www.cefic.org
2. <http://www.cefic.org/Facts-and-Figures/Growth-of-the-Chemical-Industry>, [pobrano: grudzień 2009], aktualizacje: grudzień 2010, październik 2011
3. POLSKA 2011 - RAPORT O STANIE GOSPODARKI; [pobrano październik 2011] <http://www.mg.gov.pl/files/upload/8436/RoG2011.pdf>
4. J. Majchrzak, *Przemysł Zarządzanie Środowisko*, maj-czerwiec 2011, s. 32-33
5. Z. Bolkowska, *Wraca koniunktura w przemyśle chemicznym*, *Chemia i Biznes* 2011, nr 5, s. 22-26
6. G. Skupińska, *Inwestycje w B+R: Przemysł chemiczny na czwartej lokacie*, *Chemia i Biznes* 2011, nr 5, s. 16-18
7. W. Lubiewa-Wieleżyński, J. Majchrzak, *Prognoza rozwoju przemysłu nieorganicznego w Europie ze szczególnym uwzględnieniem przemysłu nieorganicznego i nawozowego*, grudzień 2010, [pobrano październik 2011], www.inorganicwaste.eu
8. Wirtualny Nowy Przemysł – Chemia, [pobrano listopad 2011], <http://chemia.wnp.pl/>
9. Produkcja ważniejszych wyrobów przemysłowych w 2010, GUS, [pobrano październik 2011], http://www.stat.gov.pl/gus/5840_792_PLK_HTML.htm
10. G. Schroeder, B. Cichy, *Nowe wyzwania dla przemysłu chemii nieorganicznej*, *Chemik* 2010, 63, nr 12, s. 838-840

ROZDZIAŁ 2

STAN GOSPODARKI ODPADAMI NIEORGANICZNYMI W POLSCE

ANDRZEJ PASZEK¹, EWA KUŹDŻAŁ¹, BARBARA CICHY¹, PAWEŁ MORYC¹

2.1. Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – definicje

W niniejszym opracowaniu przedstawiono analizę jakościową i ilościową odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego w Polsce wytworzonych w latach 2004-2010. Od roku 2003 działa w Polsce system raportowania odpadów wytwarzanych przez przemysł pozostający w gestii władz wojewódzkich, który jest podstawą przedstawionej poniżej analizy. W niniejszym opracowaniu podano zestawienia od roku 2004, kiedy system raportowania był już sprawdzony.

Przyjęto następujące założenia:

- Jako odpady nieorganiczne przyjęto odpady posiadające kody odpadu z grupy 06 według Rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie katalogu odpadów [1].
- Jako przemysł chemiczny przyjęto podmioty gospodarcze posiadające kody Polskiej Klasyfikacji Działalności PKD z zakresu działów od 19 do 22. Dla analizowanego podmiotu uwzględniano podstawowy kod PKD.
- Źródłami danych o ilościach odpadów wytwarzanych, poddanych procesom odzysku i unieszkodliwiania w latach 2004-2010 były informacje uzyskane z raportów wszystkich Urzędów Marszałkowskich. Raporty opracowują – Departamenty Ochrony Środowiska Urzędów Marszałkowskich; postawa prawna art. 37 ust. 6 ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach oraz Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 8 grudnia 2010 r. w sprawie zakresu informacji oraz wzorów formularzy służących do sporządzania i przekazywania zbiorczych zestawień danych o odpadach (Dz. U. Nr 249, poz. 1674).

Pomimo jasnego określenia przez ustawę (art. 36 ust. 1 ustawy o odpadach) sposobu raportowania i wzoru zbiorczych zestawień danych o odpadach, w niektórych województwach sposób raportowania odbiega od tego zawartego w formularzu i stąd wynikają trudności w jednolitym przedstawieniu danych w poniższym opracowaniu. W wymienionych niżej województwach występowały opisane odstępstwa od wzoru raportowania, co utrudniło autorom niniejszego opracowania przedstawienia wyników analiz w sposób jednnorodny i spójny:

¹Instytut Nawozów Sztucznych, Oddział Chemii Nieorganicznej „IChN” w Gliwicach, 44-100 Gliwice, ul. Sowińskiego 11

- Województwo świętokrzyskie – brak informacji o wytwórcach odpadów, jest tylko zbiorcze zestawienie ilości odpadów z grupy 06 wytworzonych w poszczególnych latach.
- Województwo wielkopolskie – brak pełnego kodu (tylko czterocyfrowy kod) w raportowaniu odpadów poddanych procesowi unieszkodliwiania i odzysku w latach 2004-2010.
- Województwa: pomorskie, śląskie, zachodniopomorskie – w raportowaniu procesów odzysku i unieszkodliwiania jest różnica pomiędzy sumą dla całego województwa, a składowymi poszczególnych firm, stąd też w tabelach podsumowujących odzysk i unieszkodliwianie w ostatnim wierszu jest brak danych dotyczących kodu odpadów i procesu odzysku bądź unieszkodliwiania.

Na podstawie analizy szczegółowej jednego z odpadów stwierdzono, że system raportowania nadal nie daje kompletnych danych w odniesieniu do procesów odzysku. Stwierdzono, że zakłady posiadające pozwolenie na odzysk odpadu nie zawsze raportowały do odpowiednich urzędów odzyskiwane ilości odpadów. W przedstawionych poniżej danych uwzględnione zostały sprostowania niektórych zakładów chemicznych współpracujących przy realizacji projektu „Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego”; sprostowania te dotyczyły dużych odbiorców i procesów odzysku. Autorom na pewno nie udało się dotrzeć do wszystkich firm raportujących odpady, więc przedstawiony stan może zawierać nieścisłości, szczególnie w odniesieniu do firm mniejszych.

Projekt nowej ustawy o odpadach stanowiącej transpozycję dyrektywy 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów (Dz. Urz. WE L 312 z 22.11.2008, str. 3) został przygotowany na podstawie przyjętych przez Radę Ministrów w dniu 8 lipca 2010 r. założeń do projektu ustawy o odpadach. Znaczna część przyjętych w projekcie ustawy rozwiązań stanowi powielenie dotychczas obowiązujących przepisów. Jednakże ze względu na dużą liczbę koniecznych do wprowadzenia nowych rozwiązań postanowiono, że zdecydowanie czytelniejsze będzie przygotowanie w całości nowego aktu normatywnego niż dokonywanie kolejnej nowelizacji ustawy o odpadach.

Projektowane przepisy nowej ustawy transponują przepisy z 11 dyrektyw w tym szczególnie istotnych dla przemysłu chemicznego:

- 1) Dyrektywę Rady 78/176/EWG z dnia 20 lutego 1978 r. w sprawie odpadów pochodzących z przemysłu ditlenku tytanu (Dz. Urz. WE L 54 z 25.02.1978, str. 19, z późn. zm.; Dz. Urz. UE Polskie wydanie specjalne, rozdz. 15, t. 1, str. 71),
- 2) Dyrektywę Rady 86/278/EWG z dnia 12 czerwca 1986 r. w sprawie ochrony środowiska, w szczególności gleby, w przypadku wykorzystywania osadów ściekowych w rolnictwie (Dz. Urz. WE L 181 z 04.07.1986, str. 6, z późn. zm.; Dz. Urz. UE Polskie wydanie specjalne, rozdz. 15, t. 1, str. 265),
- 3) Dyrektywę Rady 1999/31/WE z dnia 26 kwietnia 1999 r. w sprawie składowania odpadów (Dz. Urz. WE L 182 z 16.07.1999, str. 1, z późn. zm.; Dz. Urz. UE Polskie wydanie specjalne, rozdz. 15, t. 4, str. 228).

Najważniejsze problemy w gospodarce odpadami podczas obowiązywania ustawy o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 r. (Dz. U. z 2007 r. Nr 39, poz. 251, z późn. zm.) określone w założeniach do projektu ustawy o odpadach to:

- Brak wystarczająco wiarygodnych danych dotyczących gospodarki odpadami, zarówno na poziomie regionalnym, jak i całego kraju. Jest to związane m.in. z nieprawidłowym prowadzeniem ewidencji odpadów.
- Zastrzeżenia dotyczące jakości planów gospodarki odpadami.
- Zbyt niski stopień odzysku poszczególnych strumieni odpadów.
- Systemy kar i kontroli przestrzegania przepisów słabo spełniające swoją rolę [2].

Ustawodawca ma nadzieję na uporządkowanie systemu raportowania gospodarki odpadami, co powinno ułatwić społeczną i urzędową kontrolę nad tym problemem.

2.2. Inwentaryzacja odpadów wytworzonych

Na podstawie danych uzyskanych z Urzędów Marszałkowskich o ilości odpadów grupy 06 raportowanych corocznie przez zakłady w latach od 2004 do 2010 sporządzono poniżej zamieszczone tabele. Wykaz wszystkich odpadów z grupy 06 wytworzonych w Polsce w latach 2004-2010 zamieszczono tabeli 2.1. Odpady niebezpieczne (w tabeli 2.1. pola zaciemnione) stanowią tylko około 4% wszystkich wytworzonych odpadów grupy 06 w Polsce.

W latach 2004-2010 wytworzono w Polsce w sumie 21 202,62 tys. ton odpadów grupy 06. Na podstawie PKD działalności podstawowej firm raportujących powyższe dane wyodrębniono odpady wytworzone przez przemysł chemiczny. Odpady o kodach 06 wytworzone przez przemysł chemiczny stanowiły 98% odpadów 06 wytworzonych w Polsce. Rozpatrując ilości wytworzonych odpadów według procesów wytwarzania (kod czterocyfrowy) najwięcej odpadów powstaje w procesie 0609 obejmującym produkcję, przygotowanie, obrót i stosowanie chemikaliów fosforowych oraz z chemicznymi procesami przetwórstwa fosforu. Na rysunku 2.1. przedstawiono jak kształtują się ilości odpadów pochodzących z tych procesów w poszczególnych latach na przestrzeni 2004-2010. Ilości odpadów raportowanych pochodzących z pozostałych procesów grupy 06 przedstawiono na rysunku 2.2.

Z procesu 06 09 pochodziło 2000-3000 tys. t odpadów rocznie (z wyjątkiem roku 2009, w którym kryzys ekonomiczny spowodował znaczne obniżenie produkcji przemysłowej w Polsce), natomiast z pozostałych procesów raportowano: nie więcej niż 400 tys. t odpadów rocznie z procesów 06 05, 06 06 i 06 01; inne rodzaje procesów 06 to nawet poniżej 100 tys. ton rocznie (rysunek 2.2.).

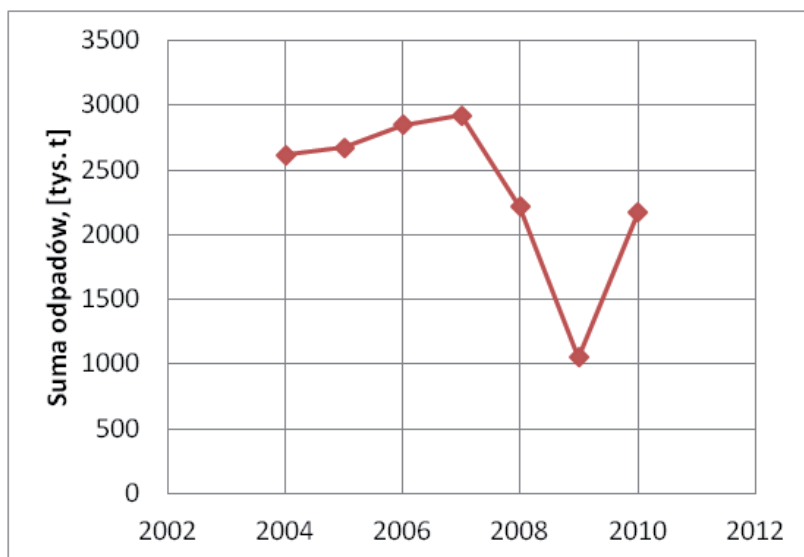
Tabela 2.1. Wykaz wszystkich wytworzonych odpadów grupy 06 w tonach, w latach 2004-2010; odpady niebezpieczne zaznaczono przez zacięniowanie

Kod odpadu	Opis kodu	Ilości wytworzone w latach, [t]							
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
06	Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania produktów przemysłu chemii nieorganicznej								
06 01	Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania kwasów nieorganicznych								
06 01 01 *	Kwas siarkowy i siarkawy	120989,814	117190,266	117607,221	86798,783	110346,314	100922,127	118127,696	
06 01 02 *	Kwas chlorowodorowy	617,037	560,195	42,487	52,426	31,183	49,709	77,621	
06 01 03 *	Kwas fluorowodorowy	0,454	0,187	0,161	13,327	1,928	0,331	0,788	
06 01 04 *	Kwas fosforowy i fosforawy	0,435	3,808	11,620	21,138	0,506	131,906	10,773	
06 01 05 *	Kwas azotowy i azotawy	58,237	66,495	65,513	68,690	94,385	410,066	9,352	
06 01 06 *	Inne kwasy	4147,331	3152,797	3735,994	4406,576	5903,352	3911,976	4568,484	
06 01 99	Inne nie wymienione odpady	6234,200	4732,800	4858,900	3759,650	3749,598	6805,748	2929,564	
06 02	Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania wodorotlenków								
06 02 01 *	Wodorotlenek wapniowy	5886,164	235,455	6276,339	6640,315	7679,183	4627,143	3427,334	
06 02 03 *	Wodorotlenek amonowy	2,528	8,225	8,500	15,865	14,267	50,191	21,616	
06 02 04 *	Wodorotlenek sodowy i potasowy	20405,171	349,965	800,617	739,025	734,460	366,253	439,643	
06 02 05 *	Inne wodorotlenki	38,235	64,378	64,270	40,153	2675,289	64,582	9,791	
06 02 99	Inne nie wymienione odpady	4048,500	3715,200	1990,100	2214,620	4932,527	3786,090	1087,792	
06 03	Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania soli i ich roztworów oraz tlenków metali								
06 03 11 *	Sole i roztwory zawierające cyjanki	1288,174	2019,695	1546,397	469,623	0,562	0,628	0,670	
06 03 13 *	Sole i roztwory zawierające metale ciężkie	46,869	53,038	58,704	77,864	79,688	43,319	111,547	
06 03 14	Sole i roztwory inne niż wymienione w 06 03 11 i 06 03 13	7354,700	8875,200	10116,300	3366,089	3313,276	3122,493	1131,292	

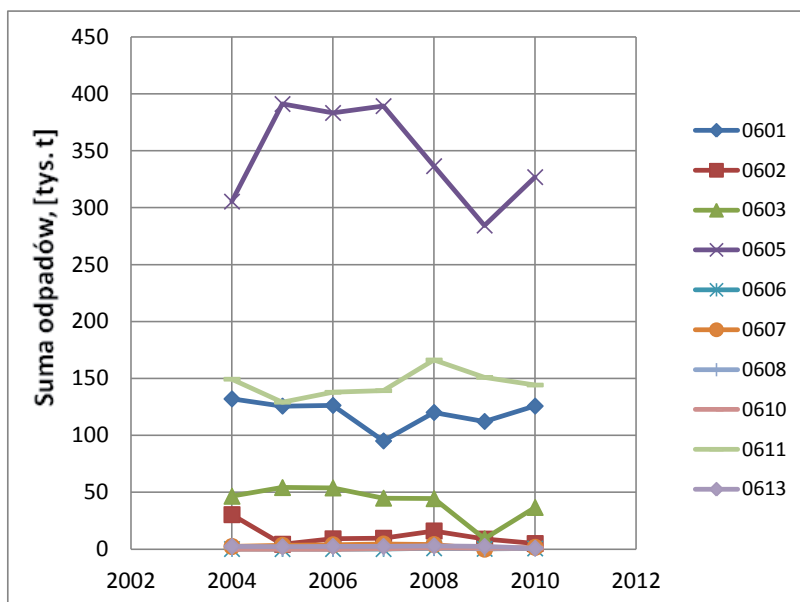
Kod odpadu	Opis kodu	Ilości wytworzone w latach, [t]							
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
06 03 15*	Tlenki metali zawierające metale ciężkie	44,831	77,665	37,438	42,187	42,654	17,738	10,662	
06 03 16	Tlenki metali inne niż wymienione w 06 03 15	2396,800	1756,500	2035,800	1557,300	806,661	632,124	909,649	
06 03 99	Inne nie wymienione odpady	35405,900	41418,200	40061,000	39363,730	40189,015	5420,585	34556,992	
06 04	Odpady zawierające metale inne niż wymienione w 06 03								
06 04 03*	Odpady zawierające arsen	56,342	67,526	46,974	61,597	40,052	50,563	34,505	
06 04 04*	Odpady zawierające rtęć	148,672	333,600	115,568	56,096	4,778	24,009	50,471	
06 04 05*	Odpady zawierające inne metale ciężkie	93,221	1367,366	1099,071	73,777	582,166	441,480	564,089	
06 04 99	Inne nie wymienione odpady	497,400	627,900	681,302	505,475	630,651	57,311	27,256	
06 05	Osady z zakładowych oczyszczalni ścieków								
06 05 02*	Osady z zakładowych oczyszczalni ścieków zawierające substancje niebezpieczne	27,823	40,100	25,063	65,909	216,302	360,463	125,446	
06 05 03	Osady z zakładowych oczyszczalni ścieków inne niż wymienione w 06 05 02	305299,700	390982,300	383155,700	389123,100	336231,215	283893,950	326696,080	
06 06	Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania związków siarki oraz z chemicznych procesów przetwórstwa siarki i odsiarczania								
06 06 02*	Odpady zawierające niebezpieczne siarczki	13,500	0,357	0,575	5,610	510,920	220,850	615,246	
06 06 03	Odpady zawierające siarczki inne niż wymienione w 06 06 02	46,100	56,500	57,400	11,800	4,550	65,721	44,050	
06 06 99	Inne nie wymienione odpady	92,100	20,900	85,400	78,900	256,468	28,895	6,605	
06 07	Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania chlorowców oraz z chemicznych procesów przetwórstwa chloru								
06 07 01*	Odpady azbestowe z elektrolizy	42,326	30,960	29,160	20,280	28,729		20,400	

Kod odpadu	Opis kodu	Ilości wytworzone w latach, [t]							
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
06 07 02*	Węgiel aktywny z produkcji chloru		1,800	2,400					
06 07 04*	Roztwory i kwasy (np. kwas siarkowy)		27,362	28,183	6,025	10,375	50,256	87,140	
06 07 99	Inne nie wymienione odpady	2349,400	3370,300	3789,900	4518,400	4076,400	59,300	1551,295	
06 08	Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania krzemu oraz pochodnych krzemu								
06 08 02*	Odpady zawierające niebezpieczne silikony	1,085	0,180		0,166		1,121	0,245	
06 08 99	Inne nie wymienione odpady	596,000	280,100	253,900	676,100	1198,826	438,820	566,416	
06 09	Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania chemikaliów fosforowych oraz z chemicznych procesów przetwórstwa fosforu								
06 09 02	Żużel fosforowy					3,600			
06 09 04	Poreakcyjne odpady związków wapnia inne niż wymienione w 06 09 03 i 06 09 80				72835,800	69652,100			
06 09 80	Fosfogipsy	322061,700	267470,800	222937,000	216208,400	106072,400	4043,120		
06 09 81	Fosfogipsy wymieszane z żużłami, popiołami paleniskowymi, i pyłami z kotłów (z wyłączeniem pyłów z kotłów wymienionych w 10 01 04)	2274585,400	2386033,500	2612734,800	2623497,800	2036977,400	1047373,700	2177380,100	
06 09 99	Inne nie wymienione odpady	19986,000	20825,140	14280,900	7518,700	1169,034	782,532	18,350	
06 10	Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania chemikaliów azotowych, z chemicznych procesów przetwórstwa azotu oraz z produkcji nawozów azotowych i innych								
06 10 02*	Odpady zawierające substancje niebezpieczne	11,195	0,484	0,426	2,997	4,755	9,437	0,050	
06 10 99	Inne nie wymienione odpady	25,000	11,300	12,300	390,500	990,144	787,580	1000,490	
06 11	Odpady z produkcji pigmentów oraz zmetniaczy nieorganicznych								

Kod odpadu	Opis kodu	Ilości wytworzone w latach, [t]							
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
06 11 82	Odpady z produkcji związków kobaltu								0,082
06 11 83	Odpadowy siarczan żelaza	134667,900	112445,900	118016,900	120990,300	145788,500	130628,200	123782,300	
06 11 99	Inne nie wymienione odpady	14693,700	16710,220	19859,200	18289,800	20444,940	20327,700	20442,111	
06 13	Odpady z innych nieorganicznych procesów chemicznych								
06 13 01*	Nieorganiczne środki ochrony roślin (np. pestycydy), środki do konserwacji drewna oraz inne biocydy			0,990		2,470	11,730	46,140	
06 13 02*	Zużyty węgiel aktywny (z wyłączeniem 06 07 02)	78,986	121,423	172,518	137,825	316,602	31,689	150,245	
06 13 03	Czysta sadza	88,900	77,000	262,200	16,760	378,730	276,590	242,615	
06 13 04*	Odpady z przetwarzania azbestu	0,055							
06 13 05*	Sadza zawierająca lub zanieczyszczona substancjami niebezpiecznymi				1,400	20,000	19,022	19,582	
06 13 99	Inne nie wymienione odpady	2385,300	2001,500	2076,000	2316,805	2290,785	2140,099	513,467	
Podsumowanie		3286836,681	3387211,783	3569061,996	3607085,382	2908521,628	1622487,145	2821416,042	



Rys. 2.1. Odpady pochodzące z procesu 06 09 obejmującego produkcję, przygotowanie, obrót i stosowanie chemikaliów fosforowych oraz z chemicznymi procesami przetwórstwa fosforu w latach 2004-2010



Rys. 2.2. Odpady pochodzące z pozostałych procesów grupy 06 raportowane w latach 2004-2010

Przedsiębiorstwa chemiczne wytwarzające największe ilości odpadów 06 wymieniono w tabeli 2.2.

Tabela 2.2. Przedsiębiorstwa chemiczne, które w latach 2004-2010 wytworzyły najwięcej odpadów o kodach 06 łącznie

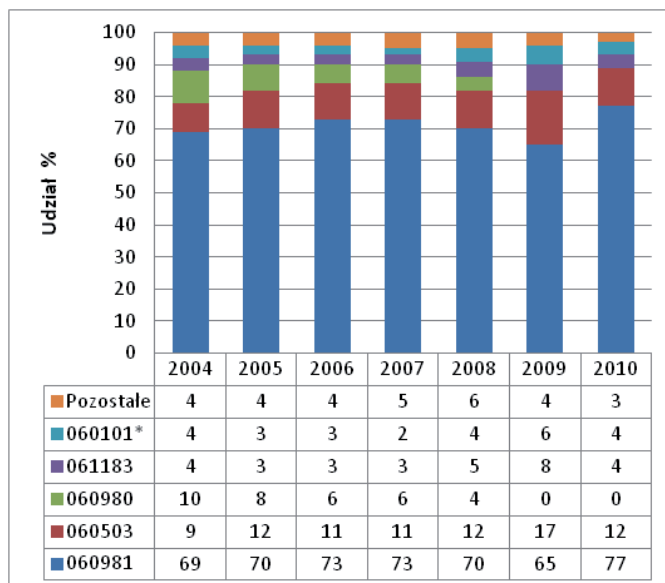
Lp.	Nazwa firmy	Ilość wytworzonych odpadów w latach 2004-2010 [t]	Kody odpadów raportowanych
1	Zakłady Chemiczne „POLICE” S.A., UL. KUŹNICKA 1, 72-010 POLICE	19 073 442,60	060101* 060201* 060314 060316 060503 060699 060980 06081 061183 06119 060503
2	GDAŃSKIE ZAKŁADY NAWOZÓW FOSFOROWYCH SP. Z O.O. „FOSFOR”, ul. Kujawska 2, 80-550 Gdańsk	917 246,80	060699 060980
3	JANIKOWSKIE ZAKŁADY SODOWE JANIKOSODA S.A. (1-0002), ul. PRZEMYSŁOWA 30, 88-160 JANIKOWO, INOWROCŁAWSKIE ZAKŁADY CHEMICZNE SODA MĄTWEY S.A. (1-0706), ul. FABRYCZNA 4, 88-100 INOWROCŁAW, SODA POLSKA CIECH SP. Z O.O. (4-0221), ul. Fabryczna 4, 88-100 Inowrocław.	260 068,30	060399 060503 060899 061399 060405*
4	ZAKŁADY CHEMICZNE „WIZÓW” S.A., Łąka 2, 59-700 Bolesławiec	252 740,90	060980 060999
5	ROLAND INVESTMENTS SP. Z O.O., ul. Puskarska 9, 30-644 Kraków[1]	142 487,80	060904
6	ZAKŁADY CHEMICZNE „ALWERNIA” S.A., ul. Olszewskiego 25, 32-566 Alwernia	49 682,50	060199 060403* 060405* 060999 061099
7	PCC ROKITA S.A., ul. Sienkiewicza 4, 56-120 Brzeg Dolny	37 583,60	060201* 060314 060404* 060799
8	ANWIL S.A. (3-4133), ul. TORUŃSKA 222, 87-805 WŁOCŁAWEK	35 814,20	060101* 060204* 060314 060701* 060799 061302* 060702*
9	KEMIRA CELL SP. Z O.O., ul. I Armii Wojska Polskiego 21, 07-401 Ostrołęka	23 683,80	060199 061399

Lp.	Nazwa firmy	Ilość wytworzonych odpadów w latach 2004-2010 [t]	Kody odpadów raportowanych
10	ZAKŁADY CHEMICZNE „ZŁOTNIKI” S.A., ul. Żwirowa 73, 54-029 Wrocław	16 045,70	060205* 060399
11	ZAKŁADY CHEMICZNE „ORGANIKA - SARZYNA” S. A., ul. Chemików 1, 37-310 Nowa Sarzyna	15 261,40	060314 060405* 060699 060602*
12	SMI POLAND SP. Z O.O., ul. Al. Jerozolimskie 65/79, 00-691 Warszawa	12 220,50	060299
13	ZAKŁADY AZOTOWE W TARNOWIE-MOŚCICACH S.A., ul. Kwiatkowskiego 8, 33-101 Tarnów	6 790,60	060314 060699 061399 060404* 060799
14	BOZZETTO POLSKA SP. Z O.O., ul. Pawliczka 1, 41-800 Zabrze	6 694,30	060314
15	FERROXCUBE POLSKA SP. Z O.O., ul. Zwierzyniecka 2, 96-100 Skierniewice	5 284,50	060316 060404* 060315*
16	KEMIPOL Sp. z o.o., UL. KUŹNICKA 6, 72-010 POLICE	4 256,10	060314 060399
17	KOKSOWNIA PRZYJAŹŃ SP. Z O.O., ul. Koksownicza 1, 42-523 Dąbrowa Górnicza	4 033,70	060311*
18	ZAKŁADY CHEMICZNE „PERMEDIA” S.A., ul. Grenadierów 9, 20-331 Lublin	2 904,40	060499 061199 060502*
19	ZAKŁADY CHEMICZNE ZACHEM S.A. W BYDGOSZCZY (1-0001), ul. WOJSKA POLSKIEGO 25, 85-825 BYDGOSZCZ	2 903,70	060299 060404* 061302* 061399 061199
20	ILPEA SP. Z O.O., ul. Wiosenna 14/2, 53-017 Wrocław	2 419,20	060204*
21	BRIDGESTONE POLAND SP.ZO.O., ul. BAŁTYCKA 65, 61-619 POZNAŃ	1 688,50	060399 060899 061303

Lp.	Nazwa firmy	Ilość wytworzonych odpadów w latach 2004-2010 [t]	Kody odpadów raportowanych
22	FIRMA CHEMICZNA DWORY S.A., ul. Chemików 1, 32-600 Oświęcim, SYNTHOS DWORY SP. ZO.O., ul. Chemików/1, 32-600 Oświęcim	1 687,30	060201* 060204* 060404* 060799 060314 060204* 060502* 060799 060904 060314
23	ZAKŁADY CHEMICZNE „RUDNIKI” S.A., ul. Fabryczna 1, 42- 240 Rudniki	1 608,10	060503 060899
24	ZAKŁADY KOKSOWNICZE „WAŁBRZYCH” S.A., ul. Bethovena 14, 58-300 Wałbrzych	1 279,00	060311*
25	ZAKŁAD CHEMICZNY „SILIKONY POLSKIE” SP. Z O.O., ul. Chemików 1, 37-310 Nowa Sarzyna	1 156,00	060102*
26	JEDNOSTKA RATOWNICTWA CHEMICZNEGO SP. Z O.O., ul. Kwiatkowskiego 8, 33-101 Tarnów	179,1	060503 060101* 060102* 060404*
27	POLSKI KONCERN NAFTOWY ORLEN S.A., ul. CHEMIKÓW 7, 09- 411 PŁOCK	51,4	061302* 060405*

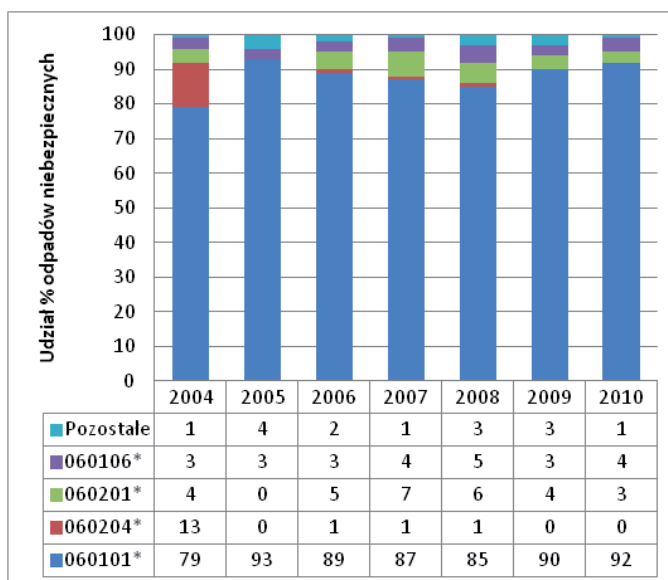
Rozpatrując poszczególne odpady według kodów sześciocyfrowych można zauważyć, że największy udział wytworzonych odpadów grupy 06 należał do fosfogipsu wymieszanego z żużlami, popiołami...(06 09 81). Stanowił on 73% wszystkich odpadów 06 wytworzonych w Polsce. Udziały ilościowe odpadów 06 wytwarzanych w Polsce w największych ilościach w latach 2004-2010 w stosunku do całkowitej ilości wytworzonych odpadów grupy 06 przedstawiono na rysunku 2.3.

Wśród odpadów niebezpiecznych dominują kwas siarkowy i siarkawy (060101*), jego udział wynosi 85% wszystkich odpadów niebezpiecznych wytworzonych w Polsce. Porównanie ilości odpadów niebezpiecznych wytworzonych w Polsce w latach 2004-2010 przedstawiono na rysunku 2.4.



Rys. 2.3. Udziały [%] najliczniejszych odpadów z grupy 06 wytworzonych w latach 2004-2010 w Polsce

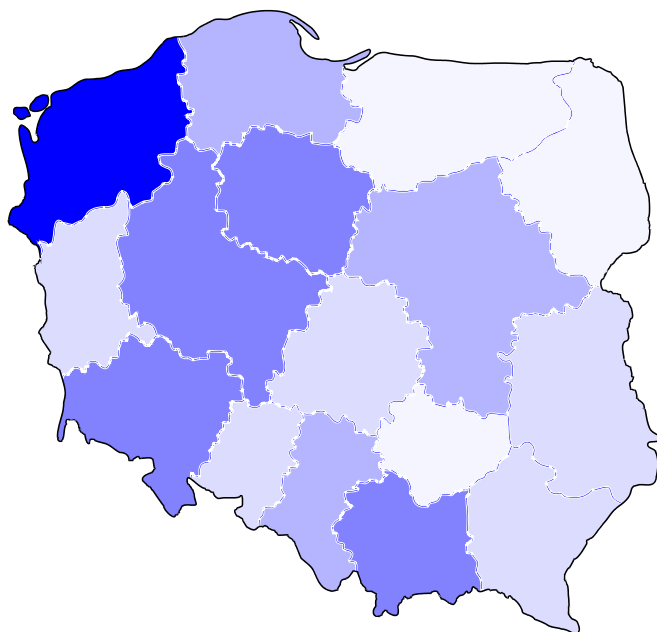
(060981 – fosfogipsy wymieszane z żużłami, popiołami paleniskowymi..., 060503 – osady z zakładowych oczyszczalni ścieków inne niż wymienione w 060502, 060980 – fosfogipsy, 061183 – odpadowy siarczan żelazowy, 060101* – kwas siarkowy i siarkawy)



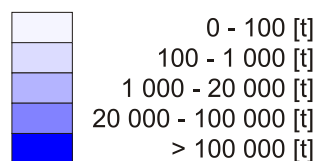
Rys. 2.4. Ilości odpadów niebezpiecznych wytworzonych w Polsce w latach 2004-2010

(060101* – kwas siarkowy i siarkawy, 060204* – wodorotlenek sodowy i potasowy, 060201* – wodorotlenek wapniowy, 060106* – inne kwasy)

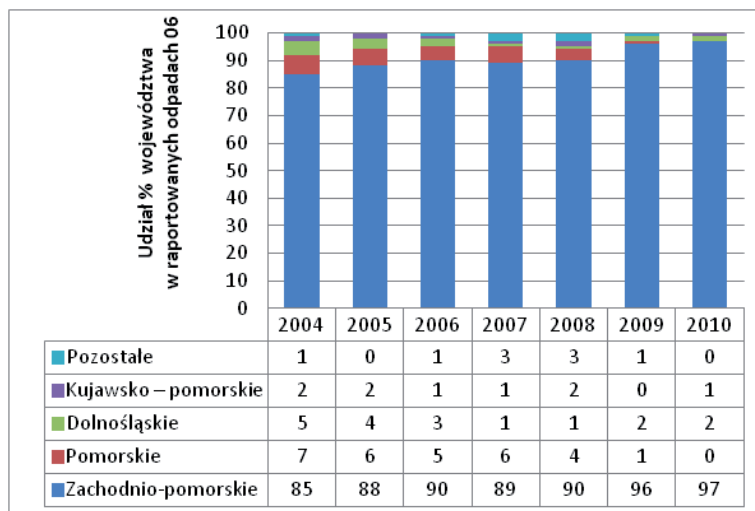
Odpady nieorganiczne w Polsce są generowane w tych regionach, gdzie znajdują się duże zakłady przemysłu chemicznego z produkcją nieorganiczną. Ponad 80% odpadów omawianej grupy wytwarzane jest w 5 województwach: zachodniopomorskim, pomorskim, kujawsko-pomorskim, dolnośląskim i pomorskim. Na rysunku 2.5. przedstawiono ilość odpadów wytworzonych w roku 2010 w Polsce z uwzględnieniem podziału na województwa.



Odpady 06 wytworzone w województwie:



Rys. 2.5. Ilość odpadów o kodach 06 wytworzonych w roku 2010 przez wszystkich wytwórców odpadów 06 z podziałem na województwa



Rys. 2.6. Porównanie ilości wytwarzanych odpadów grupy 06 wg województw w latach 2004-2010

W tabeli 2.3. przedstawiono informację o ilości odpadów grupy 06 wytworzonych, odzyskanych i unieszkodliwianych w poszczególnych województwach w Polsce. Zamieszczono również informację o ilości przedsiębiorstw raportujących wytwarzanie odpadów grupy 06 w poszczególnych województwach, wyodrębniono przedsiębiorstwa chemiczne (na podstawie PKD). Zestawienie to nie zawiera danych dotyczących ilości odpadów wytworzonych przez przemysł chemiczny w województwie świętokrzyskim ze względu na brak danych dotyczących wytwórców w tym województwie. Najwięcej wytwórców odpadów odnotowano w województwie mazowieckim, ale ilość odpadów 06 powstających w tym województwie jest niewielka; odpady powstają tutaj przede wszystkim u pośredników handlowych (w hurtowniach itp.) i w małych firmach przetwarzających chemikalia. Natomiast w województwie podlaskim brak przedsiębiorstw chemicznych wytwarzających odpady grupy 06.

2.3. Procesy odzysku i unieszkodliwiania odpadów nieorganicznych

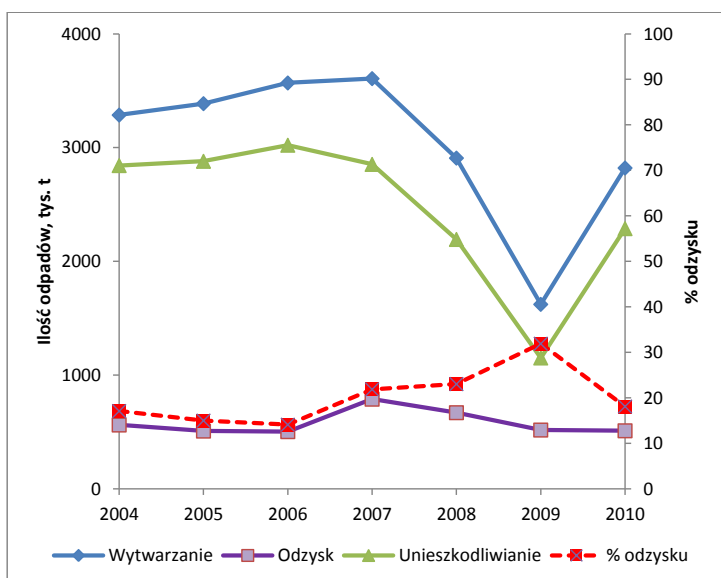
Ogólna ilość wytwarzanych odpadów 06 zmniejszyła się na przestrzeni lat 2004-2010 od około 3500 tys. t/rok w roku 2004 do poziomu poniżej 3000 tys. t/rok w latach 2008-2010, z tym że w roku 2009, kiedy nastąpiło załamanie produkcji chemikaliów ilość ta zmniejszyła się do poniżej 2000 tys. t/rok; natomiast ilość odpadów poddawanych procesom odzysku pozostaje w tych latach prawie na jednakowym poziomie. Procesom odzysku poddaje się corocznie jedynie 500-800 tys. t odpadów 06, co stanowi 14-23% odpadów wytworzonych w danym roku (za wyjątkiem roku 2009, kiedy odpadów wytworzono mniej, a odzyskano mniej więcej na poziomie poprzednich lat). Wśród procesów odzysku dominował proces R14, czyli inne działania polegające na wykorzystaniu odpadów w całości lub części, a wśród procesów unieszkodliwiania proces D5, czyli unieszkodliwianie przez składowanie.

Tabela 2.3. Odpady 06 wytworzone, odzyskane i unieszkodliwione w latach 2004-2010, według województw

Województwo	Odpady o kodzie 06 wytwarzanych w Polsce [tys. t]						Ilość przedsiębiorstw wytwarzających odpady o kodach 06	Ilość przedsiębiorstw przemysłu chemicznego wytwarzających odpady o kodach 06
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Zachodniopomorskie	2792,38	2966,604	3199,697	3221,374	2614,777	1558,34	2724,8989	3
w tym % odzysku	15	14	16	18	28	18	15	
w tym % unieszkodliwiania	84	85	84	81	71	82	83	
Pomorskie	222,015	193,509	182,267	217,818	110,48	8,1424	1,1892	5
w tym % odzysku	0	0	55	94	42	86	24	
w tym % unieszkodliwiania	98	98	43	0	1	5	73	
Dolnośląskie	178,22	140,575	101,029	18,2149	41,7446	33,993	44,906	14
w tym % odzysku	3	0	9	18	15	23	7	
w tym % unieszkodliwiania	108	89	259	101	109	82	108	
Kujawsko-pomorskie	67,681	51,31	48,128	49,268	51,152	0,402	37,58	12
w tym % odzysku	76	67	114	70	1	0	50	
w tym % unieszkodliwiania	19	29	28	30	159	31	23	
Małopolskie	8,845	15,525	13,027	84,818	76,2429	5,18	4,177	11
w tym % odzysku	14	54	12	22	1106	420	53	
w tym % unieszkodliwiania	105	36	2	4	5	32	17	

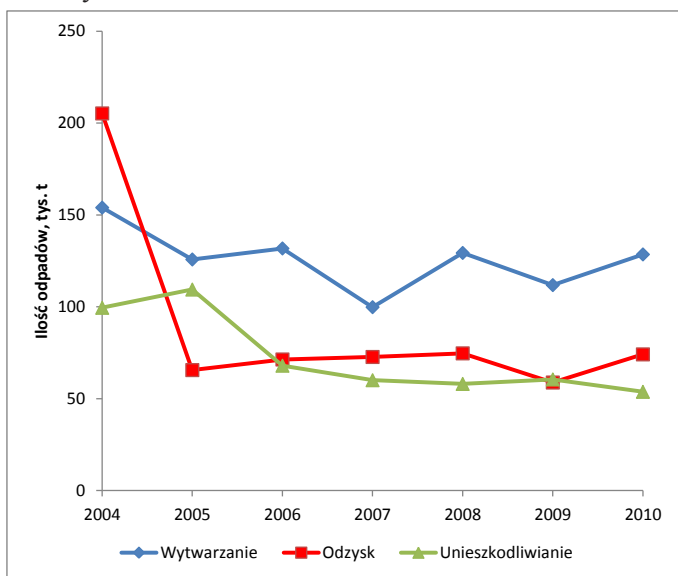
Województwo	Odpady o kodzie 06 wytwarzanych w Polsce [tys. t]							Ilość przedsiębiorstw przemysłu chemicznego wytwarzających odpady o kodach 06	Ilość przedsiębiorstw wytwarzających odpady o kodach 06	Ilość przedsiębiorstw przemysłu chemicznego wytwarzających odpady o kodach 06
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010			
Mazowieckie	5,972	5,9794	5,932	5,129	3,345	6,98	1,165	196	19	
w tym % odzysku	10	9	61	59	110	276	39			
w tym % unieszkodliwiania	53	37	25	45	11	67	35			
Śląskie	3,0458	4,743	4,861	2,839	4,131	3,221	1,178	184	17	
w tym % odzysku	159	293	2601	855	26	62	1705			
w tym % unieszkodliwiania	50	46	28	9	32	111	32			
Podkarpackie	5,316	5,92	6,432	0,587	0,259	0,206	0,129	71	8	
w tym % odzysku	9	1	16	54	20	30	16			
w tym % unieszkodliwiania	1	1	4	10	4	3	1			
Wielkopolskie	0,304	0,423	2,644	2,396	4,263	4,508	4,376	115	12	
w tym % odzysku	1364	295	232	8	17	2	172			
w tym % unieszkodliwiania	118	15	18	27	15	14	27			
Łódzkie	1,95	1,579	2,265	1,69	0,846	0,637	0,851	80	8	
w tym % odzysku	138	77	81	110	69	30	76			
w tym % unieszkodliwiania	1	2	1	1	9	0	2			
Lubelskie	0,556	0,644	0,686	0,525	0,793	0,139	0,286	39	4	
% odzysku	96	147	8	1	3	3	55			

Województwo	Odpady o kodzie 06 wytwarzanych w Polsce [tys. t]							Ilość przedsiębiorstw wytwarzających odpady o kodach 06	Ilość przedsiębiorstw przemysłu chemicznego wytwarzających odpady o kodach 06
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010		
w tym % unieszkodliwiania	8	11	7	1	13	6	5		
Lubuskie	160,176	1,057	1726,645	1959,271	1,533	366,745	101,591	28	4
w tym % odzysku	9044	0	0	52	0	0	2		
w tym % unieszkodliwiania	9	7	25	29419	56	215	34		
Świętokrzyskie	0,3	0,284	0,22	0,363	0,328	0,07	0,068	bd	bd
w tym % odzysku	4	3	73	51	1	106	37		
% unieszkodliwiania	0	0	1	0	0	0	0		
Opolskie	0,057	0,048	0,051	0,04	0,051	0,192	0,426	43	5
w tym % odzysku	189	93	29	5	5	1	36		
w tym % unieszkodliwiania	0	0	3	2	0	0	0		
Warmińsko-mazurskie	0,0005	0,019	0,034	0,027	0,063	0,1	0,071	42	2
w tym % odzysku	1196	520	0	0	228	0	175		
w tym % unieszkodliwiania	0	0	0	7	2	0	2		
Podlaskie	0,004	0,017	0,035	0,004	0,013	0,001	0,007	30	0
% odzysku	0	70	543	176	1935	14	109		
w tym % unieszkodliwiania	7	0	1	0	43	2	3		
Razem wytworzono	3286,836	3387,212	3569,062	3607,085	2908,521	1622,487	2821,416	Razem przedsiębiorstw chemicznych 1188	Razem przedsiębiorstw chemicznych 124



Rys. 2.7. Wytwarzanie, odzysk i unieszkodliwianie odpadów 06 w latach 2004-2010

Analizując odpady niebezpieczne grupy 06 (rys. 2.8.) należy zwrócić uwagę na wysoki stopień odzysku, znacznie wyższy niż w całej grupie 06 (rys. 2.7.); w roku 2004 raportowano wyższy odzysk niż wytwarzanie, co zapewne oznacza odzysk odpadów wcześniej wytworzonych; następnie poziom odzysku ustala się w granicach około 50% odpadów wytworzonych.



Rys. 2.8. Wytwarzanie, odzysk i unieszkodliwianie odpadów niebezpiecznych grupy 06

Tabela 2.4. Ilości odpadów o kodach 06 poddanych procesom odzysku w latach 2004-2010

kod	Ilość odpadów poddanych procesowi odzysku [t]						proces odzysku
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania produktów przemysłu chemicznego							
06	561 997,543	508 466,411	503 728,539	788 908,688	670 298,049	517 665,652	511 067,831
Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania kwasów nieorganicznych							
0601	54 323,938	65 362,412	61 240,893	79 302,136	73 753,528	59 991,916	74 763,611
w tym 060101*	45 543,071	54 534,920	57 363,849	68 053,342	66 032,746	51 301,610	66 933,486 R4, R6, R7, R13, R14
060102*	879,313	537,089	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000 R2, R6, R14
060104*	6,620	0,000	2,082	0,000	0,000	0,000	0,000 R14
060105*	0,018	0,800	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000 R7, R14
060106*	2 910,916	6 164,313	2 762,018	2 906,254	4 068,835	3 041,474	3 668,859 R14, R13
060199	0,000	496,700	310,800	3 584,500	3 651,947	5 648,832	4 161,266 R1, R10, R11, R14, R15
0601 ¹	4 984,000	3 628,590	802,144	4 758,040	0,000	0,000	0,000 R14, R13
Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania wodorotlenków							
0602	20 817,331	213,912	75,105	1 827,103	5 253,002	4 149,860	4 335,824
w tym 060201*	50,900	80,460	47,440	1 219,900	3 646,280	3 994,523	3 328,791 R7, R14
060203*	1,234	1,273	0,140	0,088	0,090	0,000	0,106 R6, R7, R10, R13, R14, R15
060204*	20 280,317	23,508	27,525	411,530	623,892	154,577	57,372 R4, R5, R6, R7, R14, R15
060205*	0,480	16,271	0,000	0,000	0,500	0,000	0,000 R7, R14
060299	484,400	92,400	0,000	195,585	982,240	0,760	949,555 R3, R14, R15
Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania soli i ich roztworów oraz tlenków metali							
0603	165 734,000	43 122,377	37 513,342	58 691,632	39 054,569	1 736,350	2 137,121
w tym 060311*	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000 R14
060313*	130 479,439	2,777	0,000	0,000	3,449	0,000	0,000 R13, R14

Ilość odpadów poddanych procesowi odzysku [t]							
kod	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania produktów przemysłu chemii nieorganicznej							
06	561 997,543	508 466,411	503 728,539	788 908,688	670 298,049	517 665,652	511 067,831
060314	1 387,200	3 617,300	1 464,400	779,810	3 513,690	95,350	R1, R3, R4, R5, R7, R11, R14, R15
060315*	25,561	0,000	0,042	0,062	0,030	0,000	0,000 R14
060316	1 637,700	2 152,200	2 307,000	1 665,100	1 086,468	620,930	420,123 R4, R14, R15
060399	31 100,500	35 777,500	32 147,100	55 939,300	34 359,312	1 020,070	1 500,728 R14, R15
0603 ¹	1 103,600	1 572,600	1 594,800	307,360	91,620	0,000	0,000 R3, R14
Odpady zawierające metale inne niż wymienione w 06 03							
0604	528,832	705,794	545,211	111,223	89,379	6,849	38,907
w tym 060403*	0,000	29,320	26,260	0,000	74,884	0,000	0,000 R3, R14
060404*	0,442	1,174	1,091	0,600	1,111	2,818	0,272 R4, R13, R14, R15
060405*	46,990	72,700	32,360	0,000	5,773	4,031	38,635 R4, R9, R14, R15
060499	469,600	590,800	468,900	98,950	0,000	0,000	0,000 R10, R14, R15
0604 ¹	11,800	11,800	16,600	11,673	7,611	0,000	0,000 R14
Osady z zakładowych oczyszczalni ścieków							
0605	301 271,000	385 219,480	382 864,717	377 606,075	327 167,521	283 713,212	318 836,053
w tym 060502*	4 983,300	3 853,980	11 004,917	45,875	122,901	254,962	8,453 R13, R14, R15
060503	296 287,700	381 365,500	371 857,800	377 558,200	327 044,620	283 458,250	318 827,600 R3, R13, R14, R15
0605 ¹	0,000	0,000	2,000	2,000	0,000	0,000	0,000 R13, R14
Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania związków siarki oraz z chemicznych procesów przetwórstwa siarki i odsiarczania							
0606	46,400	80,540	102,100	121,100	2,610	6,159	80,890
w tym 060602*	0,000	44,240	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000 R14

Ilość odpadów poddanych procesowi odzysku [t]							
kod	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania produktów przemysłu chemicznego							
06	561 997,543	508 466,411	503 728,539	788 908,688	670 298,049	517 665,652	511 067,831
060603	45,300	34,500	49,500	11,900	2,610	6,120	2,740 R1, R5, R14, R15
060699	1,100	1,800	52,600	109,200	0,000	0,039	78,150 R5, R12, R14, R15
Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania chlorowców oraz z chemicznych procesów przetwórstwa chloru							
0607	4,900	0,000	121,400	38,579	269,260	0,000	0,000
w tym 060704*	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000 R14
060799	4,900	0,000	121,400	38,579	269,260	0,000	0,000 R14, R15
Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania krzemu oraz pochodnych krzemu							
0608	473,000	44,000	0,300	0,100	5,885	226,754	94,998
w tym 060802	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,600 R15
060899	473,000	44,000	0,300	0,000	5,885	226,754	94,398 R5, R10, R15
0608 ¹	0,000	0,000	0,000	0,100	0,000	0,000	0,000 R14
Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania chemikaliów fosforowych oraz z chemicznych procesów przetwórstwa fosforu							
0609	13765,4	3356,9	10734,1	195986,94	147670,009	53922,58	9899
w tym 060904	0,200	0,000	0,000	72 837,600	32 685,929	42 039,580	0,000 R5, R14, R15
060980	5521,6	2428,0	3497,6	119910,9	107004,6	4633	3041,0 R3, R10, R14
060999	6 579,200	368,500	2 049,800	2 762,700	7 979,480	7 250,000	6 858,000 R10, R14, R15
0609 ¹	1 664,400	560,400	5 186,700	475,740	0,000	0,000	0,000 R14
Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania chemikaliów azotowych, z chemicznych procesów przetwórstwa azotu oraz z produkcji nawozów azotowych i innych							
0610	25,520	92,532	2,000	60,000	89,070	12,820	285,900

Ilość odpadów poddanych procesowi odzysku [t]							
kod	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania produktów przemysłu chemii nieorganicznej							
06	561 997,543	508 466,411	503 728,539	788 908,688	670 298,049	517 665,652	511 067,831
w tym 061002*	19,420	92,432	0,000	1,500	0,000	9,820	5,300 R14
061099	6,100	0,100	0,200	58,500	89,070	3,000	280,600 R5, R10, R14
0610 ¹	0,000	0,000	1,800	0,000	0,000	0,000	0,000 R13
0611	48140,9	84238,8	78430,7	56049,7	49357,6	119421,6	104302,07
w tym 061183	48139,0	84238,8	78430,7	56049,7	49357,6	119421,6	104302,0 R5, R7, R10, R14, R15
061199	1,900	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,070 R1, R15
Odpady z produkcji pigmentów oraz zmętniaczy nieorganicznych							
0613	242,772	1 008,980	919,670	1 516,100	1 999,151	3 702,872	1 637,468
w tym 061301*	0,000	0,000	0,000	0,000	1,200	0,000	0,000 R15
061302*	51,672	112,080	77,170	70,435	92,355	41,275	78,611 R1, R3, R14, R15
061303	39,100	0,000	15,400	8,500	90,391	256,640	59,605 R3, R5, R14, R15
061305	0,000	0,000	0,000	0,000	20,568	14,602	26,732 R15
061399	124,300	894,000	641,200	1 437,165	1 568,637	3 390,355	1 472,520 R1, R13, R14, R15
0613 ¹	27,700	2,900	185,900	0,000	226,000	0,000	0,000 R14, R15
bd²	127,750	234,284	82,101	68 044,800	172 204,215	0,000	0,000

1) Czterykody kody odpadów 0601, 0603, 0604, 0605, 0608, 0609, 0610, 0613 w powyższym zestawieniu zostały poddane w takiej postaci ze względu na taki sposób raportowania w województwie wielkopolskim w latach 2004-2008, gdzie podawany jest jedynie czterocyfrowy kod odpadu wraz z procesem odzysku.

2) Brak danych w raportach województwa pomorskiego, śląskiego i zachodniopomorskiego dotyczących kodu odpadu poddanemu procesowi odzysku.

Tabela 2.5. Ilości odpadów o kodach 06 poddanych procesom unieszkodliwiania w latach 2004-2010

kod	Ilość odpadów poddanych procesowi unieszkodliwiania [t]						proces unieszkodliwiania
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania produktów przemysłu chemii nieorganicznej							
Suma 06	2842916,262	2880402,572	3022003,604	2853338,119	2193391,272	1151385,334	2288396,457
Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania kwasów nieorganicznych							
0601	91819,441	80731,521	58086,166	54157,252	54178,411	59275,217	52358,398
w tym 060101*	89247,137	78853,479	56860,366	52892,942	53083,481	58165,916	51375,965
060102*	21,451	6,347	19,185	29,796	15,797	39,013	7,537
060103*	14,064	0,014	3,780	0,000	0,002	0,315	0,885
060104*	2,830	0,313	0,680	0,004	0,846	0,161	3,938
060105*	16,034	54,607	33,464	40,295	44,334	23,163	37,737
060106*	1050,055	1170,356	981,503	952,906	785,614	921,714	931,181
060199	1448,500	540,800	59,200	106,200	11,771	124,935	1,155
0601 ¹	19,370	105,605	127,988	135,109	234,566	0,000	0,000
Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania wodorotlenków							
0602	6510,547	11924,032	6477,680	5938,499	4014,429	754,902	1191,828
w tym 060201*	6009,049	11259,207	6092,597	5267,034	3875,428	534,256	4,389
060203*	6,758	10,042	51,336	6,680	7,699	9,359	23,142
060204*	95,392	401,933	240,149	16,757	55,086	155,917	64,577
060205*	0,842	11,726	3,245	1,764	17,433	46,030	1098,550
060299	316,000	127,400	21,958	563,309	8,280	9,340	1,170
0602 ¹	82,506	113,724	68,395	82,955	50,503	0,000	0,000
Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania soli i ich roztworów oraz tlenków metali							
0603	6533,267	7783,536	7888,742	4900,399	3410,048	2207,136	4966,389
w tym 060311*	1280,409	2026,355	1593,506	469,131	3,142	0,445	0,529
060313*	148,660	67,188	59,228	46,552	81,689	40,992	42,557

kod	Ilość odpadów poddanych procesowi unieszkodliwienia [t]							proces unieszkodliwienia
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
	Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania produktów przemysłu chemii nieorganicznej							
Suma 06	2842916,262	2880402,572	3022003,604	2853338,119	2193391,272	1151385,334	2288396,457	
060314	1594,200	1805,100	3442,800	1889,245	645,727	2072,749	2023,998	D5, D8, D9, D10, D15, D16
060315*	0,013	0,060	0,000	0,230	0,000	4,355	3,272	D5, D9, D10, D15
060316	20,200	110,600	0,100	0,000	52,350	50,364	74,383	D5, D9
060399	2590,100	3679,700	2652,000	2482,100	2618,070	38,231	2821,650	D5, D8, D9, D10, D15
0603¹	899,685	94,533	141,108	13,141	9,070	0,000	0,000	D5, D9
Odpady zawierające metale inne niż wymienione w 06 03								
0604	150,179	1476,405	1237,271	201,971	28,372	313,877	29,143	
w tym 060403*	73,388	2,948	0,000	0,059	0,000	0,000	0,000	D5, D8, D9
060404*	26,507	191,661	58,974	18,108	14,163	13,365	16,476	D5, D9, D10, D15
060405*	27,376	1263,811	1158,589	24,210	6,998	299,817	12,667	D5, D8, D9, D10, D14, D16
060499	8,600	0,000	0,100	140,100	0,000	0,695	0,000	D5, D8, D9, D10
0604¹	14,308	17,985	19,608	19,494	7,211	0,000	0,000	D5, D9
Osady z zakładowych oczyszczalni ścieków								
0605	8008,600	9216,139	9267,035	9041,683	8923,850	115,868	7777,870	
w tym 060502*	11,800	0,939	0,635	13,343	0,120	28,508	64,910	D5, D9, D10
060503	7991,300	9215,200	9260,400	8998,500	8871,800	87,360	7712,960	D4, D5, D9
0605¹	5,500	0,000	6,000	29,840	51,930	0,000	0,000	D5, D9
Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania związków siarki oraz z chemicznych procesów przetwórstwa siarki i odsiarczania								
0606	2064,218	14076,380	713,600	252,590	637,045	245,060	4,060	
w tym 060602*	1419,440	14063,780	712,200	214,910	0,000	158,420	0,000	D5, D9, D10
060603	7,700	12,400	0,000	0,000	1,125	0,000	0,000	D5, D9, D10, D13
060699	627,600	0,200	0,300	23,700	0,300	86,640	4,060	D5, D10

kod	Ilość odpadów poddanych procesowi unieszkodliwienia [t]						proces unieszkodliwienia
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania produktów przemysłu chemii nieorganicznej							
Suma 06	2842916,262	2880402,572	3022003,604	2853338,119	2193391,272	1151385,334	2288396,457
0606 ¹	9,478	0	1,1	13,98	635,62	0,000	0,000
Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania chlorowców oraz z chemicznych procesów przetwórstwa chloru							
0607	3122,738	3392,684	3680,441	3105,981	4478,900	252,830	1549,200
w tym 060701*	24,236	20,584	7,300	0,000	13,160	0,000	0,000
060702*	0,000	1,800	2,400	0,000	0,000	0,000	0,000
060704*	0,002	0,000	0,034	0,012	0,000	0,000	0,000
060799	3098,500	3370,300	3669,500	3097,600	4383,360	252,830	1549,200
0607 ¹	0,000	0,000	1,207	8,369	82,380	0,000	0,000
Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania krzemu oraz pochodnych krzemu							
0608	16,600	103,000	105,600	0,305	49,420	7,450	59,112
w tym 060802	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,212
060899	16,600	22,800	104,200	0,000	49,420	7,450	58,900
0608 ¹	0,000	80,200	1,400	0,305	0,000	0,000	0,000
Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania chemikaliów fosforowych oraz z chemicznych procesów przetwórstwa fosforu							
0609	2601107,292	2652849,079	2834121,000	2717820,487	2039653,223	1047373,700	2177380,100
w tym 060904	0,000	0,000	0,000	0,100	2591,040	0,000	0,000
060980	317767,600	262051,000	216958,000	94284,000	44,570	0,000	0,000
060981	2274585,392	2386034,079	2612734,800	2623511,587	2036963,513	1047373,700	2177380,100
060999	8754,300	4764,000	4428,200	24,800	54,100	0,000	0,000
Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania chemikaliów azotowych, z chemicznych procesów przetwórstwa azotu oraz z produkcji nawozów azotowych i innych							
0610	0,624	0,526	1,681	112,281	225,671	100,172	230,376
w tym 061002*	0,424	0,526	0,081	0,481	0,377	0,172	6,156
061099	0,200	0,000	0,000	0,000	125,960	100,000	224,220

kod	Ilość odpadów poddanych procesowi unieszkodliwienia [t]						proces unieszkodliwienia
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania produktów przemysłu chemii nieorganicznej							
Suma 06	2842916,262	2880402,572	3022003,604	2853338,119	2193391,272	1151385,334	2288396,457
0610 ¹	0,000	0,000	1,600	111,800	99,334	0,000	0,000
Odpady z produkcji pigmentów oraz zniekształceni nieorganicznych							
0611	58219,200	30563,400	33859,100	57300,900	76988,400	40071,504	42792,040
w tym 061183	43523,800	13892,500	14000,500	39015,000	56545,400	19746,720	22355,900
061199	14693,600	16670,900	19858,600	18285,900	20443,000	20324,784	20436,140
0611 ¹	1,800	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Odpady z innych nieorganicznych procesów chemicznych							
0613	528,857	423,085	453,901	505,771	801,640	667,618	57,941
w tym 061301*	0,060	0,002	48,115	32,771	1,808	13,140	46,141
061302*	4,817	2,883	38,559	41,320	47,750	34,578	11,800
061303	0,700	0,000	4,600	0,360	158,190	0,000	0,000
061304*	5,630	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
061305*	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
061399	510,300	333,600	324,500	424,300	593,672	619,900	0,000
0613 ¹	7,300	86,600	38,127	7,020	0,220	0,000	0,000
bd ²	64834,699	67862,785	66111,387	0,000	1,863	0,000	0,000

1) Czterocyfrowe kody odpadów 0601, 0602, 0603, 0604, 0605, 0606, 0607, 0608, 0609, 0610, 0613 w powyższym zestawieniu zostały podane w takiej postaci ze względu na taki sposób raportowania w województwie wielkopolskim w latach 2004-2008, gdzie podawany jest jedynie czterocyfrowy kod odpadu wraz z procesem unieszkodliwiania.

2) Brak danych w raportach województwa pomorskiego, śląskiego i zachodniopomorskiego dotyczących kodu odpadu poddanego procesowi unieszkodliwiania.

Zestawienie ilości odpadów grupy 06 poddanych procesowi odzysku przedstawiono w tabeli 2.4, a ilości odpadów unieszkodliwiania przedstawiono w tabeli 2.5. Opis poszczególnych symboli procesu odzysku i unieszkodliwiania przedstawiono w tabeli 2.6.

Tabela 2.6. Zestawienie procesów odzysku i unieszkodliwiania stosowanych do odpadów grupy 06

Kod odzysku	Proces odzysku
R3	Recykling lub regeneracja substancji organicznych, które nie są stosowane jako rozpuszczalniki (włączając kompostowanie i inne biologiczne procesy przekształcania)
R4	Recykling lub regeneracja metali i związków metali
R5	Recykling lub regeneracja innych materiałów nieorganicznych
R6	Regeneracja kwasów lub zasad
R7	Odzyskiwanie składników stosowanych do usuwania zanieczyszczeń
R10	Rozprowadzanie na powierzchni ziemi w celu nawożenia lub ulepszenia gleby
R13	Magazynowanie odpadów, które mają być poddane któremukolwiek z działań wymienionych w punktach od R1 do R12 (z wyjątkiem tymczasowego magazynowania w czasie zbiórki w miejscu, gdzie odpady są wytwarzane)
R14	Inne działania polegające na wykorzystaniu odpadów w całości lub części
R15	Przetwarzanie odpadów, w celu ich przygotowania do odzysku, w tym do recyklingu.
Kod unieszkodliwiania	Proces unieszkodliwiania
D1	Składowanie na składowiskach odpadów obojętnych
D4	Retencja powierzchniowa (np. umieszczanie odpadów na poletkach osadowych lub lagunach)
D5	Składowanie na składowiskach odpadów niebezpiecznych lub na składowiskach odpadów innych niż niebezpieczne
D8	Obróbka biologiczna nie wymieniona w innym punkcie niniejszego załącznika, w wyniku której powstają odpady, unieszkodliwiane za pomocą któregokolwiek z procesów wymienionych w punktach od D1 do D12 (np. fermentacja)
D9	Obróbka fizyczno-chemiczna nie wymieniona w innym punkcie niniejszego załącznika, w wyniku której powstają odpady, unieszkodliwiane za pomocą któregokolwiek z procesów wymienionych w punktach od D1 do D12 (np. parowanie, suszenie, strącanie)
D10	Termiczne przekształcanie odpadów w instalacjach lub urządzeniach zlokalizowanych na lądzie

Z procesu unieszkodliwiania wyodrębniono najczęściej stosowane w przypadku odpadów 06 procesy odzysku - D5, czyli unieszkodliwianie przez składowanie. Ilości odpadów składowanych w latach 2004-2010 przedstawiono w tabeli 2.7. W latach 2004-2010 składowano 16 216,46 tys. t odpadów grupy 06, co stanowiła 76% odpadów wytworzonych w tych latach.

Tabela 2.7. Zestawienie odpadów poddanych procesowi unieszkodliwiania przez składowanie w latach 2004-2010

kod	Ilość odpadów unieszkodliwianych przez składowanie [t]							Razem w latach 2004-2010
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Suma składowanych odpadów 06	2624568,746	2691153,177	2860187,700	2740473,830	2060331,232	1050223,203	2189522,100	16216459,988
060981	2274585,392	2386034,079	2612734,800	2623511,587	2036963,513	1047373,700	2177380,100	15158583,171
060980	317767,600	262051,000	216958,000	94284,000				891060,600
060503	7979,000	9215,200	9260,400	8998,500	8867,600	83,440	7710,760	52114,900
060201*	5677,210	6162,324	6086,940	5133,470	3863,073	510,540		27433,557
060999	8754,300	4764,000	4428,200	24,800	54,100			18025,400
060799	3098,500	3370,300	3668,500	3005,200	3841,600	252,830	1549,200	18786,130
060399	2481,900	3494,700	2628,400	2479,700	2611,930	0,180	2789,700	16486,510
060602*	1412,260	14063,780	712,200	208,560		158,420		16555,220
060314	420,900	1012,000	2999,800	1553,000	55,341	773,835		6814,876
061399	445,800	285,100	324,500	404,600	580,270	619,900		2660,170
060904				0,100	2591,040			2591,140
060299	276,400	99,400	12,100	556,300		4,240		948,440
0603	776,500	59,200						835,700
060699	626,800			23,700	0,300	86,640	4,060	741,500
060405*	16,780	62,328	96,945	12,120	6,300	289,400		483,873
0606				13,980	635,620			649,600
060404*	23,419	191,223	58,200	18,040				290,882
061199	39,500	29,900	23,600	0,200		46,780	49,140	189,120
060899	16,100	21,800	86,000		48,780	7,450		180,130
0602	20,100	45,300	56,580	32,040	36,760			190,780

Według ustawy Prawo Ochrony Środowiska opłata za składowanie odpadów jest jednym z kosztów korzystania ze środowiska. Wysokość opłaty za składowanie odpadów zależy od ilości i rodzaju składowanych odpadów. W tabeli 2.8. przedstawiono jednostkowe opłaty za składowanie dla wybranych odpadów mających największy udział w sumarycznej ilości wszystkich wytworzonych odpadów. Opłaty za składowanie rosły od 1-4% rocznie w stosunku do roku ubiegłego.

Tabela 2.8. Opłaty za składowanie wybranych odpadów z grupy 06 [zł/t]

Kod odpadu	Opis kodu	2005	2006	2007	2008	2009	2010
060981	Fosfogipsy wymieszane z żużłami, popiołami paleniskowymi, i pyłami z kotłów (z wyłączeniem pyłów z kotłów wymienionych w 10 01 04)	8,84	9,15	9,34	9,43	9,67	10,08
060503	Osady z zakładowych oczyszczalni ścieków inne niż wymienione w 06 05 02	47,73	49,40	50,44	50,94	52,21	54,40
060980	Fosfogipsy	8,84	9,15	9,34	9,43	9,67	10,08
061183	Odpadowy siarczan żelazowy	14,87	15,39	15,71	15,87	16,27	16,95
060101*	Kwas siarkowy i siarkawy	47,73	49,40	50,44	50,94	52,21	54,40

2.4. Gospodarka wybranymi odpadami nieorganicznymi

Zestawienia przedstawione poniżej opracowano na podstawie szczegółowych raportów wojewódzkich z lat 2004-2010. Nazwy przedsiębiorstw, podano tak, jak figurowały w raportach wojewódzkich za omawiany okres. W poniższych tabelach przedstawiono ilościowo analizę gospodarki odpadami 06 wytwarzanymi w Polsce w największych ilościach.

Tabela 2.9. Odpady o kodzie 06 09 80 i 06 09 81 (fosfogipsy i fosfogipsy wymieszane z żużłami, popiołami paleniskowymi i pyłami z kotłowni z wyłączeniem kotłowni wymienionych w IO 01 04)

Gospodarka odpadami o kodach 06 09 80 i 06 09 81, tys. t/rok									
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010		
Wytwarzanie									
Wytwórcy	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010		
Zakłady Chemiczne „POLICE” S.A. (zachodniopomorskie)	2275,390	2386,034	2612,735	2623,498	2036,977	1047,398	2177,380		
Gdańskie Zakłady Nawozów Fosforowych Sp. z o.o. „Fosfory” (pomorskie)	219,107	190,721	181,097	216,208	106,072	4,019			
Zakłady Chemiczne „Wizów” S.A. (dolnośląskie)	102,150	76,750	41,840						
Ogółem	2596,647	2653,504	2835,672	2839,706	2143,050	1051,417	2177,380		
Odzysk									
Proces Raportujący	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010		
R3 Mycelin S.A., Stara Wiśniewska (wielkopolskie)						0,495			
R10 Zakłady Chemiczne „Wizów” S.A. (dolnośląskie)	1,601								
Gdańskie Zakłady Nawozów Fosforowych Sp. z o.o. „Fosfory” (pomorskie)				119,566			3,041		
CEMEX Polska Sp. z o.o. Zakład Cementownia Rudniki (śląskie)		1,871	1,860	0,345	0,933	0,120			
R14 ROLKO Polsko-Francuska Sp. z o.o. Kielczewo (wielkopolskie)	1,658	0,557	1,638						
Cementownia Rudniki S.A. (śląskie)	1,673								
Zakłady Chemiczne „POLICE” S.A. (zachodniopomorskie)	0,589								
Pozostałe raportowane		0,052	0,077			0,024			
Ogółem	5,522	2,428	3,498	119,911	0,933	0,615	3,041		

Unieszkodliwianie									
Proces	Raportujący	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
	Zakłady Chemiczne „POLICE” S.A. (zachodniopomorskie)	2274,585	2386,034	2612,735	2623,498	2036,977	1047,374	2177,380	
D5	Zakłady Chemiczne „Wizów” S.A. (dolnośląskie)	100,549	73,301	37,685					
	Gdańskie Zakłady Nawozów Fosforowych Sp. z o.o. „Fosfory” (pomorskie)	217,219	188,750	179,273	94,284				
D9	EKOS Poznań Sp. z o.o. (wielkopolskie)			5,002					
	KEMIPOL Sp. z o.o., Police (zachodniopomorskie)					0,045			
	Ogółem	2592,353	2648,085	2834,695	2717,782	2037,022	1047,374	2177,380	
% odzysku w Polsce		0,2	0,1	0,1	4,2	0,0	0,1	0,1	
% unieszkodliwiania w Polsce		99,8	99,8	100,0	95,7	95,1	99,6	100,0	

Tabela 2.10. Odpady o kodzie 06 11 83 (odpadowy siarczan żelazowy)

Gospodarka odpadami o kodach 06 11 83, tys. t/rok									
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010		
Wytwarzanie									
Zakłady Chemiczne „POLICE” S.A. (zachodniopomorskie)	134,668	112,446	118,017	120,990	145,789	130,628	123,782		
Ogółem	134,668	112,446	118,017	120,990	145,789	130,628	123,782		
Odzysk									
Proces Raportujący	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010		
R5	FOSFAN S.A., Szczecin (zachodniopomorskie)					0,257	0,324		
	KEMIPOL Sp. z o.o., Police (zachodniopomorskie)					71,884	59,709		
R7	Elana PET Sp. z o.o. (2-9977) - Zbiorniki Roztworzenia - Stacja Chemiczaliów, Toruń (kujawsko-pomorskie)			0,092	0,050				
	Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Olkusz Sp. z o.o. (małopolskie)					0,102			
R10	INCO VERITAS S.A. Oddział w Górze Kalwarii Grupa Chemicj Gospodarczej Zakład Produkcyjny w Suszu (warmińsko-mazurskie)	0,228	0,179						
	Zakłady Chemiczne „POLICE” S.A. (zachodniopomorskie)	6,134	9,269	7,156	0,803	3,369	32,942	29,474	
	Zakłady Górniczo-Hutnicze „Bolesław” S.A. w Bukownie (małopolskie)			3,654	4,704	4,371	5,101	6,019	
R14	Zakłady Chemiczne „ALWERNIA” S.A., Włocławek (małopolskie)					0,504	0,542	0,478	
	KEMIPOL Sp. z o.o. Oddział Złotniki, Wrocław (dolnośląskie)						5,781		
	Pozostałe raportowane	0,159	0,034	0,999	0,005	0,525	0,322	0,215	
R15	BM Recykling Sp. z o.o. Instalacja do produkcji paliw alternatywnych, Siemianowice Śląskie (śląskie)					0,0003			

Gospodarka odpadami o kodach 06 11 83, tys. t/rok								
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
R* Pozostali przedsiębiorcy na podstawie informacji producenta	41,846	74,708	67,342	50,447	40,538	8,272	2,303	
Ogółem	48,139	84,239	78,431	56,050	49,358	119,422	104,302	
Unieszkodliwianie								
Proces Raportujący	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
D9 Zakłady Chemiczne „POLICE” S.A. (zachodniopomorskie)	43,524	13,893	14,001	39,015	56,545	19,743	22,356	
PRESSEKO Sp. z o.o., Bolechowo (wielkopolskie)						3,6		
Ogółem	43,524	13,893	14,001	39,015	56,545	19,747	22,356	
Export odpadu								
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Ogółem export odpadu z Zakładów Chemicznych „POLICE” S.A.	20,194	38,850	29,668	7,336	7,260	28,831	21,082	
% odzysku w Polsce								
	35,7	74,9	66,5	46,3	33,9	91,4	84,3	
% unieszkodliwiania w Polsce	32,3	12,4	11,9	32,2	38,8	15,1	18,1	
% exportu w Polsce	15,0	34,6	25,1	6,1	5,0	22,1	17,0	

Tabela 2.11. Odpady o kodzie 06 01 01* (kwas siarkowy i siarkawy)

Gospodarka odpadami o kodach 06 01 01*, tys. t/rok								
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Wytwarzanie								
Wytwórcy	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Zakłady Chemiczne „POLICE” S.A. (zachodniopomorskie)	67,568	67,481	74,305	78,048	79,880	72,900	79,975	
KGHM Polska Miedź S.A. Oddział Huta Miedzi „GŁOGÓW” w Głogowie (dolnośląskie)	45,257	41,836	34,618		23,862	21,224	22,421	
KGHM Polska Miedź S.A. Oddział Huta Miedzi „LEGNICA” w Legnicy (dolnośląskie)	5923,2	7554,6	7544,7	8163,3	6175,3	5,796	14,760	
EnerSys Sp. z o.o., Bielsko-Biała (śląskie)			0,508			0,719	0,562	
Air Products Sp. z o.o. (Dawniej BOC GAZY Sp. z o.o.) Siewierz (śląskie)	0,061	0,065	0,057	0,057	0,069	0,069	0,069	
ANWIL S.A. (3-4133), Włocławek (kujawsko-pomorskie)	1977,7							
Pozostałe raportowane	0,202	0,226	0,521	0,503	0,327	0,214	0,341	
Ogółem	120,990	117,163	117,554	86,771	110,313	100,922	118,128	
Odzysk								
Proces Raportujący	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
R4 Instytut Metali Nieżelaznych O/Legnica (dolnośląskie)							0,042	
R6 Jednostka Ratownictwa Chemicznego Sp. z o.o. Tarnów (małopolskie)						0,035	0,022	
R7 Jednostka Ratownictwa Chemicznego Sp. z o.o. Tarnów (małopolskie)		0,047			0,162			
R9 PRESSEKO Sp. z o.o., Bolechowo (wielkopolskie)		0,009						
R13 „ODZYSK” WALDEMAR ŁAZARSKI, Siedlin gm. Płońsk (mazowieckie)						0,001		

Gospodarka odpadami o kodach 06 01 01*, tys. t/rok								
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Zakłady Chemiczne „POLICE” S.A. (zachodniopomorskie)	45,495	54,420	57,097	67,277	64,782	50,442	65,758	
R14 Miejsko-Przemysłowa Oczyszczalnia Ścieków Sp. z o.o., Oświęcim (małopolskie)		0,251	0,642	0,642	0,892	0,628	1,112	
Pozostałe raportowane	0,002	0,076	0,016	0,135	0,197	0,196	0,00002	
Ogółem	45,497	54,552	57,364	68,053	66,033	51,302	66,934	
Unieszkodliwianie								
Proces Raportujący	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
D1 SERWAR Sp. z o.o., Warszawa (mazowieckie)	0,0003							
D5 Jednostka Ratownictwa Chemicznego Sp. z o.o., Tarnów (małopolskie)				0,044				
D8 Miejsko-Przemysłowa Oczyszczalnia Ścieków Sp. z o.o., Oświęcim (małopolskie)	0,009	0,005	0,071	0,003	0,002	0,0001	0,106	
Zakłady Chemiczne „POLICE” S.A. (zachodniopomorskie)	22,303	12,041	15,598	11,669	14,780	22,368	14,162	
KGHM Polska Miedź S.A. Oddział Zakłady Wzbogacania Rud, Polkowice (dolnośląskie)	36,984	41,553	40,788	407,818	37,948	35,358	36,471	
D9 Rewital Sp. z o.o., Katowice (śląskie)	0,012	0,006	0,205	0,190	0,161	0,234	0,118	
Przedsiębiorstwo Projektowo-Wdrożeniowe „AWAT” Sp. z o.o., Warszawa (mazowieckie)	0,808							
Pozostałe raportowane	0,140	0,067	0,206	0,184	0,219	0,201	0,518	
D10 Firma Usługowo-Handlowa „EKO-TOP” Sp. z o.o., Rzeszów (podkarpackie)	0,00001		0,00002	0,00001		0,00001	0,00002	
Pozostałe raportowane	0,0002	0,001		0,00003				
Ogółem	60,257	53,672	56,869	419,909	53,110	58,161	51,376	

Gospodarka odpadami o kodach 06 01 01*, tys. t/rok							
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
% odzysku w Polsce	37,6	46,6	48,8	78,4	59,9	50,8	56,7
% unieszkodliwiania w Polsce	49,8	45,8	48,4	483,9	48,1	57,6	43,5

Tabela 2.12. Odpady o kodzie 06 05 03 (osady z zakładowych oczyszczalni ścieków inne niż wymienione w 06 05 02)

Gospodarka odpadami o kodach 06 05 03, tys. t/rok							
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Wytwarzanie							
Wytwórcy	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Zakłady Chemiczne „POLICE” S.A. (zachodniopomorskie)	296,288	381,209	371,520	377,260	326,850	283,310	318,600
Soda Polska CIECH Sp. z o.o. (4-0221) Zakład Produkcyjny Janikosoda (kujawsko-pomorskie)	7,800	8,970	8,850	8,820	8,770		7,570
RECO Polska Sp. z o.o., Kalisz (wielkopolskie)		0,022	0,040	0,068	0,110	0,118	0,124
Zakłady Chemiczne „Rudniki” S.A. (śląskie)		0,080		0,050	0,029		0,095
WROZAMET obecnie : FAGOMASTERCOOK S.A. Wrocław (dolnośląskie)	0,120	0,092		0,094			0,085
Jednostka ratownictwa chemicznego Sp. z o.o., Tarnów (małopolskie)	0,179						
ZASET Sp. z o.o., Kozuchów (lubuskie)	0,158		1,726	1,949			0,100
ZAKŁAD REGENERACJI CZYŚCIWA „SZOP” (1-2128), Inowrocław (kujawsko-pomorskie)				0,003	0,002		
Zakład wodociągów i kanalizacji Sp. z o.o., Warszawa (mazowieckie)	0,131	0,095	0,262	0,288		0,070	
Pozostałe raportowane	0,624	0,515	0,758	0,591	0,470	0,396	0,362
Ogółem	305,300	390,982	383,156	389,123	336,231	283,894	326,937
Odzysk							
Proces Raportujący	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Zakład wodociągów i kanalizacji Sp. z o.o. Warszawa (mazowieckie)	0,131,0	0,095	0,262	0,288		0,070	
Pozostałe raportowane					0,001		0,0004

Gospodarka odpadami o kodach 06 05 03, tys. t/rok									
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010		
R4	Przedsiębiorstwo Gospodarki Odpadami CORTEX-II Sp. z o.o., Czeladź (śląskie)								
			0,004						
R13	Firma „Mo-Bruk”, Korzenna (małopolskie)								
			0,026						
R14	Zakłady Chemiczne „POLICE” S.A. (zachodniopomorskie)								
	296,288	381,209	371,520	377,260	326,850	283,310	318,600		
	Pozostałe raportowane								
		0,062	0,048	0,012	0,194		0,083		
R15	BM-EKO, Krotoszyn (wielkopolskie)								
	Pozostałe raportowane								
						0,075	0,049		
						0,003	0,001		
	Ogółem								
	296,419	381,366	371,860	377,560	327,045	283,458	318,733		
Unieszkodliwianie									
Proces	Raportujący	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
D	„GRYFSKAND” Sp. z o.o., Gryfino (zachodniopomorskie)	0,002							
	Składowisko odpadów komunalnych w Sierakowie i Kluczu (zachodniopomorskie)	0,010							
D4	Zespół Szkół Agro-Ekonomicznych - Gospodarstwo Pomocnicze Komunalno-Usługowe, Małdyty (warmińsko-mazurskie)						0,002		
D5	Soda Polska CIECH Sp. z o.o. (4-0221) Zakład Produkcyjny Janikosoda (kujawsko-pomorskie)	7,800	8,970	8,850	8,820	8,770		7,570	
	Jednostka ratownictwa chemicznego Sp. z o.o., Tarnów (małopolskie)	0,179							
	Pozostałe raportowane		0,245	0,297			0,083	0,141	
D9	PRESSEKO Sp. z o.o., Bolechowo (wielkopolskie)					0,003	0,002	0,002	
	EKOS Poznań Sp. z o.o. (wielkopolskie)			0,003					

Gospodarka odpadami o kodach 06 05 03, tys. t/rok							
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
D10 RAF-EKOLOGIA Sp. z o.o., Jedlicze (podkarpackie)					0,003		
Ogółem	7,991	9,215	9,150	8,820	8,776	0,087	7,713
% odzysku w Polsce	97,1	97,5	97,1	97,0	97,3	99,8	97,5
% unieszkodliwiania w Polsce	2,6	2,4	2,4	2,3	2,6	0,0	2,4

Tabela 2.13. Odpady o kodzie 06 02 04* (wodorotlenek sodowy i potasowy)

Gospodarka odpadami o kodach 06 02 04*, t/rok							
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Wytwarzanie							
Wytwórcy	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Brenntag Polska Sp. z o.o., Kędzierzyn-Koźle (opolskie)	0,2		4,1			36,9	128,8
Centrum Usług Specjalistycznych Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego CEN-RAT Sp. z o.o., Bytom (śląskie)	14,6	12,0	4,1	12,0	15,3	17,5	39,4
Stocznia marynarki wojennej S.A., Gdynia (pomorskie)	1,5	0,5	1,5		15,0		13,8
Wojskowe zakłady mechaniczne, Siemianowice Śląskie (śląskie)	14,4	6,8			7,0	6,2	0,2
ANWIL S.A., Włocławek (3-4133) (kujawsko-pomorskie)	20272,0						
Pozostałe raportowane	43,0	55,2	37,2	234,9	28,6	309,2	257,3
Ogółem	20345,7	74,4	46,9	246,9	65,8	369,9	439,5
Odzysk							
Proces Raportujący	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
R4 Spółdzielnia pracy „ARGO-FILM”, Warszawa (mazowieckie)			1,4	2,2	2,8	2,7	
R6 CHIMIREC-SEPTOS Sp. z o.o., Warszawa (mazowieckie)	1,3						
Smurfit Kappa Pruszków Sp. z o.o. (mazowieckie)	0,1						
Energetyka Sp. z o.o., Lubin (dolnośląskie)				396,5	618,2	129,1	
R7 Jednostka ratownictwa chemicznego Sp. z o.o., Tarnów (małopolskie)						0,8	
R9 PRESSEKO Sp. z o.o., Bolechowo (wielkopolskie)		31,0					

Gospodarka odpadami o kodach 06 02 04*, t/rok									
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010		
R14	Centrum Usług Specjalistycznych Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego CEN-RAT Sp. z o.o., Bytom (śląskie)								
	ANWIL S.A., Włocławek (3-4133) (kujawsko-pomorskie)	20272,0							
	Pozostałe raportowane	1,4	21,5	7,0	12,8	2,9	4,8	5,2	
	SITA Starol Sp. z o.o., Chorzów (śląskie)						0,2	18,5	
R15	Pozostałe raportowane						0,3	12,8	
	Ogółem	20274,8	52,5	12,5	411,5	623,9	155,4	75,9	
Unieszkodliwianie									
Proces	Raportujący	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
D	brak danych o firmie (podlaskie)	1,4	0,2	0,1	0,3				
D8	Miejsko-Przemysłowa Oczyszczalnia Ścieków Sp. z o.o., Oświęcim (małopolskie)						2,1	2,3	
D9	Art-Eko Utylizacja, Asenizacja, Recykling Sp. z o.o., Wrocław (dolnośląskie)	4,2	256,7	717,2			16,5	3,7	
	PRESSEKO Sp. z o.o., Bochełowo (wielkopolskie)	62,1		11,8	33,1	3,1	6,4	14,3	
	Rewital Sp. z o.o., Katowice (śląskie)	23,0	10,5	0,1	1,6	11,4	116,9	9,0	
	Nycz Intertrade Sp. z o.o., Kraków (małopolskie)							26,5	
	Pozostałe raportowane	28,1	36,9	3,9	6,3	42,9	10,2	8,7	
	RAF-EKOLOGIA Sp. z o.o., Jedlicze (podkarpackie)	6	0,03	14,9					
D10	Firma usługowo-handlowa „EKO-TOP” Sp. z o.o., Rzeszów (podkarpackie)	12,9	0,2	0,04		0,1		0,1	

Gospodarka odpadami o kodach 06 02 04*, t/rok								
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Centrum Usług Specjalistycznych Centralnej Stacji								
D14 Ratownictwa Górniczego CEN-RAT Sp. z o.o.,	14,6	12,0						
Bytom (śląskie)								
Ogółem	152,3	316,6	748,1	41,3	57,5	152,1	64,6	
% odzysku w Polsce	99,7	70,6	26,7	166,7	948,2	42,0	17,3	
% unieszkodliwiania w Polsce	0,7	425,5	1595,1	16,7	87,4	41,1	14,7	

Tabela 2.14. Odpady o kodzie 06 02 01* (wodorotlenek wapnia)

Gospodarka odpadami o kodach 06 02 01*, tys. t/rok									
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010		
Wytwarzanie									
Wytwórcy	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010		
PCC ROKITA S.A., Brzeg Dolny (dolnośląskie)	5,677		6,051	6,367	7,483	4,507	3,239		
Toruńskie Zakłady Urządzeń Okrętowych „TOWIMOR” S.A. (2-0029) Toruń (kujawsko-pomorskie)	0,085	0,092	0,140	0,078	0,129		0,094		
Zakłady Chemiczne „POLICE” S.A. (zachodniopomorskie)	0,051	0,070		0,007	0,020		0,064		
Kompania Węglowa S.A. Katowice (śląskie)	0,020	0,018	0,023	0,018	0,017	0,019	0,013		
Pozostałe raportowane	0,053	0,055	0,063	0,171	0,030	0,102	0,018		
Ogółem	5,886	0,236	6,276	6,640	7,679	4,627	3,429		
Odzysk									
Proces Raportujący	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010		
R7 Energetyka Sp. z o.o., Lubin (dolnośląskie)				1,213					
Ekologistyka Sp. z o.o., Brzeg Dolny (dolnośląskie)									
Zakłady Chemiczne „POLICE” S.A. (zachodniopomorskie)	0,051	0,070		0,007	0,020	3,915	3,239		
R14 Centrum Usług Specjalistycznych Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego CEN-RAT Sp. z o.o., Bytom (śląskie)			0,015			0,040	0,025		
Pozostałe raportowane		0,011	0,006		0,006	0,040			
Ogółem	0,051	0,081	0,021	1,220	0,026	3,995	3,329		

Unieszkodliwianie								
Proces	Raportujący	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
D5	Ekologistyka Sp. z o.o., Brzeg Dolny (dolnośląskie)						0,511	
	Miejsko-przemysłowa oczyszczalnia ścieków Sp. z o.o., Oświęcim (małopolskie)		0,001	0,036	0,004			
D8	Miejsko-przemysłowa oczyszczalnia ścieków Sp. z o.o., Oświęcim (małopolskie)			0,001		0,001		
	Miejsko-przemysłowa oczyszczalnia ścieków Sp. z o.o., Oświęcim (małopolskie)						0,002	
D9	Zakłady Chemiczne „POLICE” S.A. (zachodniopomorskie)	0,300	5,069					
	Rewital Sp. z o.o., Katowice (śląskie)	0,008	0,006	0,005	0,009	0,008	0,004	0,004
	Pozostałe raportowane				0,140	0,004	0,018	0,0002
D10	RAF-EKOLOGIA Sp. z o.o., Jedlicze (podkarpackie)							0,0001
D14	Centrum Usług Specjalistycznych Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego CEN-RAT Sp. z o.o., Bytom (śląskie)	0,023	0,023					
	Ogółem	0,331	5,098	0,042	0,152	0,012	0,534	0,004
% odzysku w Polsce		0,9	34,2	0,3	18,4	0,3	86,3	97,1
% unieszkodliwiania w Polsce		5,6	2164,8	0,7	2,3	0,2	11,5	0,1

Tabela 2.15. Odpady grupy 06 zawierające metale ciężkie, t/rok

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Suma wszystkich odpadów zawierających metale ciężkie	264,187	1655,21	1305,208	313,897	752,1978	576,6106	772,7417
Suma odzysku	130552	123,914	59,435	0,177	84,235	6,849	38,907
Suma unieszkodliwiania	276,175	1515,06	1298,519	132,911	89,783	358,529	74,9715

2.5. Podsumowanie

Według danych z raportów wojewódzkich w latach 2004-2010 wytworzono 21 202,62 tys. t wszystkich odpadów o kodach 06. W tej ilości największy udział mają odpady o kodach 06 09 81 (fosfogipsy wymieszane z żużlami, popiołami paleniskowymi, i pyłami z kotłów (z wyłączeniem pyłów z kotłów wymienionych w 10 01 04)) i 06 09 80 (fosfogipsy). Odpad 06 09 81 stanowiący 70-80% całkowitej ilości raportowanych odpadów grupy 06 w całości trafia na składowiska, a właściwie na jedno składowisko: „Białą Górę” należącą do Z.Ch. „Police”. Natomiast czysty fosfogips z procesu otrzymywania kwasu fosforowego sporadycznie podlegał odzyskowi; pozostałe ilości trafiały na dwa obecnie już zamknięte składowiska: Wiślinki należące do firmy GZNF „Fosfory”, czynne do 2010 r., eksploatowane intensywnie do 2009 oraz na składowisko w Wizowie. W pozostałej ilości odpadów 06 największy udział miały następujących rodzaje odpadów:

- 06 05 03 (Osady z zakładowych oczyszczalni ścieków inne niż wymienione w 06 05 02) 11%,
- 06 11 83 (Odpadowy siarczan żelazowy) 4%,
- 06 01 01* (Kwas siarkowy i siarkawy) 4%.

W okresie tym wytworzono 1 096,84 tys. t wszystkich niebezpiecznych odpadów o kodach 06, co stanowi 4 % wszystkich wytworzonych odpadów o kodach 06. W tej ilości największy udział miały następujące odpady:

- 06 01 01* (Kwas siarkowy i siarkawy) 85%,
- 06 02 04* (Wodorotlenek sodowy i potasowy) 6%,
- 06 02 01* (Wodorotlenek wapniowy) 4%,
- 06 01 06* (Inne kwasy) 3%,
- 06 04 05* (Odpady zawierające inne metale ciężkie) 1%.

W latach 2004-2010 odpady z grupy 06 były poddawane procesom odzysku na poziomie 14-23% i procesom unieszkodliwiania na poziomie około 80% ilości wytwarzanej.

Dla niektórych odpadów, np. odpady o kodach: 06 03 13*, 06 05 02*, 06 10 02*, 06 01 02* i 06 09 04 stopnie odzysku obliczone z uzyskanych danych przekraczały 100 %. Podobnie dla odpadów o kodach: 06 13 04*, 06 06 02*, 06 13 01*, 06 06 99, 06 03 13*, 06 03 11*, 06 01 03*, 06 07 99 i 06 02 01* obliczane poziomy unieszkodliwiania przekraczały 100%, co miało źródło w danych podawanych przez firmy w raportach

odpadowych do urzędów marszałkowskich. Magazynowanie odpadów przed odzyskiem lub unieszkodliwianiem nie jest wykazywane w raportach firm i danych dostępnych w wojewódzkich bazach odpadowych w urzędach marszałkowskich.

Wśród odpadów 06 wytwarzanych przez przemysł w największych ilościach największy stopień odzysku zanotowano dla odpadowego siarczanu żelazowego (odpad 06 11 83). Odpad ten powstaje w Polsce tylko w Z.Ch. „Police” przy produkcji bieli tytanowej. Instalacja produkuje corocznie około 40 tys. t bieli tytanowej i wytwarza przy tym 120-130 tys. t odpadu, który kierowany jest wstępnie na składowisko siarczanu żelazowego złożonego z czterech stawo-stadionów o łącznej powierzchni 43 ha, gdzie zgromadzono 1,995 mln ton odpadu, przede wszystkim z poprzednich lat. Po wprowadzeniu zmian technologicznych ilość odpadu powstającego w procesie nieco się obniżyła, zaś wysiłki Zakładu zmierzające do użytecznego zagospodarowania tego odpadu zakończyły się sukcesem. Część odpadu jest sprzedawana odbiorcom posiadającym stosowne zezwolenia w celu odzysku lub na zużycie własne (jako koagulant, do produkcji pigmentów, w instalacjach nawozowych jako źródło mikroelementów Fe i S, do produkcji suszonego siarczanu żelaza II), pozostała ilość jest odzyskiwana do celów własnych w Zakładzie, kwaśny odciek z odpadu jest nieużyteczny i podlega unieszkodliwieniu u producenta. Zapotrzebowanie rynku na produkty z tego odpadu jest na tyle duże, że oprócz produktu pochodzącego z bieżącej produkcji eksploatuje się zasoby zalegające na składowisku, a pochodzące z lat ubiegłych. Jest to przykład odpadu, który funkcjonuje w gospodarce jako poszukiwany produkt chemiczny. Niestety nie wszystkie zakłady kupujące ten odpad od producenta raportują ilości odzyskiwane do odpowiednich urzędów, stąd oficjalne dane dotyczące odzysku są w tym przypadku mocno zaniżone.

W latach 2004-2010 nie powstał ani jeden nowy zakład produkujący podstawowe chemikalia nieorganiczne i nawozy. Ze względu na historyczną lokalizację zakładów chemicznych największa ilość odpadów została wytworzona w województwach:

- zachodniopomorskim – 90,9% w stosunku do wszystkich wytworzonych odpadów o kodach 06 w Polsce w latach 2004-2010; większość pochodzi z Zakładów Chemicznych ”POLICE” S.A.
- pomorskim – 3,6% w stosunku do wszystkich wytworzonych odpadów o kodach 06 w Polsce w latach 2004-2010; głównie odpady pochodzące z Gdańskich Zakładów Nawozów Fosforowych,
- dolnośląskim – 2,5% w stosunku do wszystkich wytworzonych odpadów oo kodach 06 w Polsce w latach 2004-2010; w tym województwie dominuje odpadowy kwas siarkowy powstający ubocznie w procesach hutniczych KGHM Polska Miedź.

Najwięcej wytwórców odpadów o kodach 06 (196 wytwórców) znajdowało się na terenie województwa mazowieckiego (wytworzyli 0,2% wszystkich odpadów), a najmniej (16 wytwórców) na terenie województwa zachodniopomorskiego - jednak ilość odpadów o kodach 06 tam wytworzonych była najwyższa w Polsce. Brak danych

o wytwórcach z województwa świętokrzyskiego.

Nadzór nad gospodarką odpadami nieorganicznymi nie jest w obecnym systemie wystarczający. Zmiany wprowadzane w projekcie nowej ustawy o odpadach stwarzają możliwości do poprawy gospodarki odpadami, w tym odpadami 06. W projekcie ustawy o odpadach zostały wskazane zasady dokonywania klasyfikacji odpadów. Projekt ustawy stanowi, że odpady, które są wskazane w katalogu odpadów, jako odpady niebezpieczne są odpadami niebezpiecznymi. Dotychczas wynikało to jedynie pośrednio z przepisów ustawy o odpadach oraz rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz. U. Nr 112, poz. 1206). Ponadto projektowana ustawa wprowadza zakaz zmiany klasyfikacji odpadów niebezpiecznych na odpady inne niż niebezpieczne przez ich rozcieńczanie lub mieszanie ze sobą lub z innymi odpadami, substancjami lub materiałami prowadzące do obniżenia początkowego stężenia substancji niebezpiecznych do poziomu niższego niż poziom określający odpad jako niebezpieczny. Przepisy projektowanej ustawy określają, że zmiana klasyfikacji odpadów niebezpiecznych na odpady inne niż niebezpieczne jest możliwa, jeżeli posiadacz odpadów wykaże, że nie posiadają one właściwości odpadów niebezpiecznych. W projekcie ustawy określono kryteria uznawania przedmiotów lub substancji za produkty uboczne. Za produkt uboczny może być uznana substancja lub przedmiot, powstające w wyniku procesu produkcyjnego, którego podstawowym celem nie jest ich produkowanie, wyłącznie jeżeli łącznie spełnione będą następujące warunki:

- 1) Dalsze wykorzystywanie przedmiotu lub substancji jest pewne.
- 2) Przedmiot lub substancja mogą być wykorzystywane bezpośrednio bez dalszego przetwarzania, innego niż normalna praktyka przemysłowa.
- 3) Dany przedmiot lub substancja są produkowane jako integralna część procesu produkcyjnego.
- 4) Dana substancja lub przedmiot spełniają wszystkie istotne wymagania, w tym prawne, w zakresie produktu, ochrony środowiska oraz życia i zdrowia ludzi, dla określonego wykorzystania tych substancji lub przedmiotów i wykorzystanie takie nie doprowadzi do ogólnych negatywnych oddziaływań na środowisko, życie lub zdrowie ludzi. W projekcie ustawy zostały określone kryteria i przypadki, w których odpady będą mogły utracić status odpadów. Zgodnie z projektem, określone rodzaje odpadów przestają być odpadami, gdy zostały poddane procesowi odzysku, w tym recyklingu, i spełniają łącznie następujące kryteria:
 - Dana substancja lub przedmiot jest powszechnie stosowana do konkretnych celów.
 - Istnieje rynek takich substancji lub przedmiotów bądź popyt na nie.
 - Dana substancja lub przedmiot spełniają wymagania techniczne dla zastosowania konkretnych celów oraz wymagania obowiązujących przepisów i norm mających zastosowanie do produktów.
 - Zastosowanie danej substancji lub przedmiotu nie prowadzi do

niekorzystnych skutków dla życia lub zdrowia ludzkiego lub środowiska.

Ustalono również nowe zasady utworzenia i prowadzenia bazy danych o produktach, opakowaniach i gospodarce odpadami zwanej BDO. Baza danych zostanie utworzona w terminie 36 miesięcy od dnia wejścia w życie projektowanej ustawy.

Nowe zasady gospodarowania odpadami, wynikające z wprowadzenia nowej ustawy o odpadach powinny wejść w życie w roku 2012. Na pewno zmienią system zarządzania odpadami, ale nie będą miały bezpośredniego wpływu na ilość i rodzaj wytwarzanych odpadów 06, bo te czynniki wynikają ze stosowanych technologii. Przyszłość pokaże, czy pomogą zarządzać odpadami, pozwolą społeczeństwu na zdobycie rzetelnej wiedzy o odpadach przemysłowych wytwarzanych w Polsce, czy tylko wprowadzą trochę inne procedury urzędowe.

Literatura

1. Rozporządzenie MINISTRA ŚRODOWISKA z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów DU112, poz. 1206
2. Uzasadnienie do Projektu Ustawy o Odpadach przyjętego przez Radę Ministrów w dniu 3.10.2011, [online], [dostęp 8 listopada 2011 r.], <http://www.mos.gov.pl>

ROZDZIAŁ 3

TECHNOLOGIE PRODUKTÓW NIEORGANICZNYCH GENERUJĄCYCH GŁÓWNE ODPADY KLUCZOWE DLA PROJEKTU I ICH TRENDY ROZWOJU

BARBARA WALAWSKA¹, PIOTR GRZESIAK², JOANNA GLUZIŃSKA¹

Przemysł chemiczny jest podstawą każdej gospodarki. Ma istotny wpływ na standard życia obywateli i związany z nim rozwój gospodarczy państwa. Jednym z ważnych filarów przemysłu chemicznego jest przemysł chemikaliów nieorganicznych, który charakteryzuje się znacznym potencjałem produkcyjnym, chociaż nie należy do dynamicznie rozwijających się sektorów gospodarki. Najważniejsze obszary gospodarcze związane z tą branżą to produkcja kwasów mineralnych, amoniaku i agrochemikaliów oraz wodorotlenku i węglanu sodu. Wytwarzane produkty nieorganiczne zasadniczo nie mają zastosowania konsumpcyjnego [1], w głównej mierze są surowcami stosowanymi do produkcji innych związków lub są składnikami mieszanin o różnych zastosowaniach, np.:

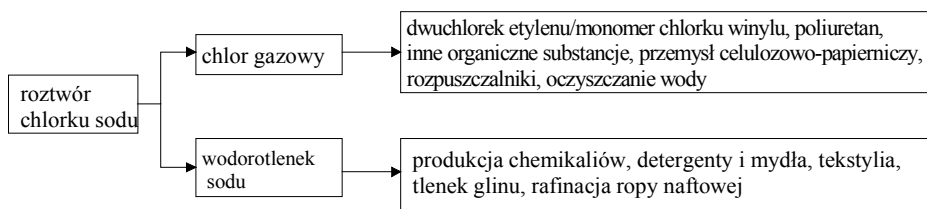
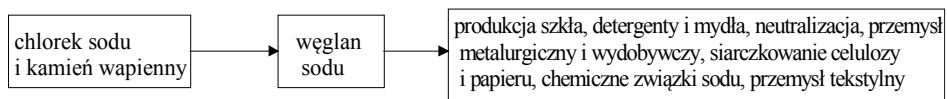
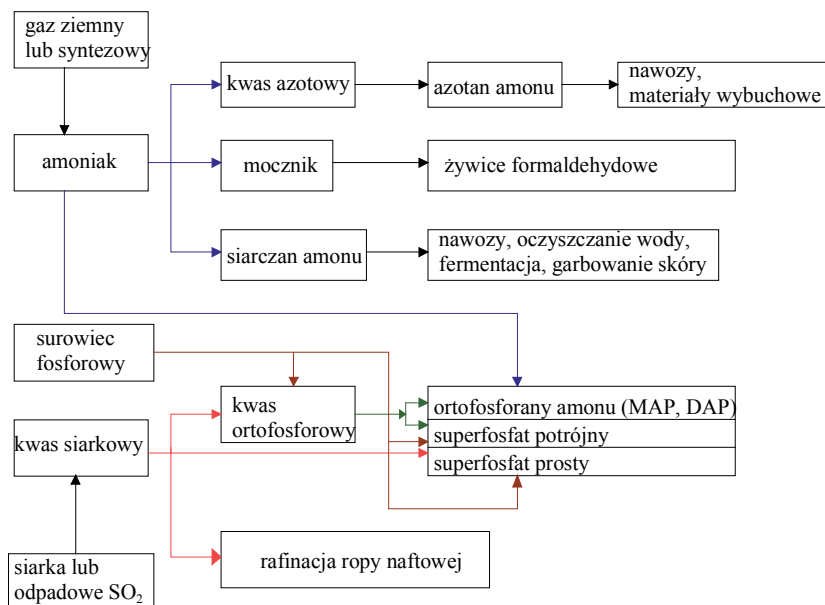
- produkty podobnej grupy związków, np. węglan sodu (soda kalcynowana) do produkcji związków krzemu,
- produkcja innych związków np. kwas fosforowy do wytwarzania nawozów fosforowych,
- wykorzystanie w innych sektorach przemysłu, np. biel tytanowa dla przemysłu papierniczego,
- składnik produktów konsumpcyjnych np. trójpolifosforan sodu, nadwęglan sodu.

Główne produkty nieorganiczne są wzajemnie powiązane, co przedstawia rysunek 3.1.

Produkty chemii nieorganicznej wytwarzane są głównie z surowców naturalnych, zawierających często zanieczyszczenia, które w procesie produkcyjnym muszą być usuwane, w wyniku czego mogą powstawać strumienie o znamionach odpadu, które w zależności od możliwości wykorzystania są produktami zbywalnymi (produkty uboczne) lub odpadami. Zawierają one głównie inertny materiał zawarty w strumieniach surowców (np. jon wapniowy z kamienia wapiennego i chlorkowy z solanki w procesie

¹Instytut Nawozów Sztucznych, Oddział Chemii Nieorganicznej „IChN” w Gliwicach, 44-100 Gliwice, ul. Sowińskiego 11

²Instytut Ochrony Roślin PIB, 60-318 Poznań, ul. Władysława Węgorka 20

chloro-alkalia**węglan sodu****amoniak i nawozy mineralne**

Rys. 3.1. Powiązania głównych produktów przemysłu chemii nieorganicznej

produkcji sody), zanieczyszczenia surowców (żelazo) stosowanych do produkcji bieli tytanowej, odpady generowane podczas neutralizacji strumieni procesowych (kwas siarkowy przy produkcji bieli tytanowej), nierozpuszczalne sole wytrącone w procesie produkcji ekstrakcyjnego kwasu ortofosforowego (siarczan wapnia). Do tej grupy można zaliczyć trzy najbardziej znane produkty uboczne/odpady, takie jak:

- fosfogips z produkcji ekstrakcyjnego kwasu ortofosforowego,
- wapno posodowe z produkcji sody (węglan sodu),
- siarczan żelaza (II) z instalacji bieli tytanowej (dwutlenek tytanu).

Ze względu na skalę produkcji, krajowe instalacje ekstrakcyjnego kwasu ortofosforowego, sody i bieli tytanowej wytwarzają większość odpadów nieorganicznych wytwarzanych przez przemysł chemiczny. Największym źródłem nieorganicznego odpadu jest fosfogips powstający przy produkcji ekstrakcyjnego kwasu ortofosforowego.

3.1. Technologie produkcji kwasu ortofosforowego

Kwas ortofosforowy należy do wiodących kwasów nieorganicznych pod względem wartości produkcji – jego produkcja jest drugą co do wielkości, tuż po kwasie siarkowym. Znajduje zastosowanie przede wszystkim w produkcji nawozów mineralnych (80%), wyrobów chemii gospodarczej, soli technicznych, a także do wytwarzania dodatków paszowych (8%). Powyższe zastosowania uwarunkowane są czystością produktu oraz kosztami wytwarzania. Dla spełnienia oczekiwań odbiorcy proces produkcyjny prowadzony jest z wykorzystaniem odpowiednio dobranych surowców, procesów i operacji jednostkowych gwarantujących utrzymanie parametrów procesowych i uzyskanie produktu o wymaganych parametrach.

Kwas ortofosforowy otrzymywany jest dwoma metodami: metodą termiczną (otrzymywanie fosforu elementarnego z surowca fosforowego, utlenienie fosforu do pięciotlenku fosforu, absorpcja P_2O_5 w wodzie) oraz metodą mokrą (ługowanie fosforu) z minerałów fosforonośnych – apatytów i fosforytów – kwasami mineralnymi, głównie kwasem siarkowym, azotowym lub solnym, po czym oddzielanie tworzących się soli wapniowych od strumienia kwasu fosforowego. Minerały fosforonośne różnią się pochodzeniem, które rzutuje na ich jakość. Apatyty są minerałami pierwotnymi pochodzenia magmowego, natomiast fosforyty są minerałami wtórnymi, wykrystalizowanymi w postaci osadów w morzach, w których fosfor występuje w formie ortofosforanu (V) wapnia w połączeniu głównie z fluorkiem, węglanem, wodorotlenkiem lub chlorkiem wapnia. Niezależnie od pochodzenia rud fosforowych, technologia produkcji kwasu fosforowego jest podobna. Jakość wytworzonego kwasu fosforowego metodą termiczną (TKF) jest znacznie lepsza w porównaniu z ekstrakcyjnym kwasem fosforowym (EKF). Ekstrakcyjny kwas ortofosforowy wykorzystywany jest głównie do produkcji mineralnych nawozów fosforowych (ok. 80%) np. superfosfat potrójny, fosforany amonu (MAP, DAP), detergentów (ok. 7%) głównie trójpolifosforan sodu (TPFS), dodatków do pasz (ok. 11%) w postaci fosforanów wapnia (MCP, DCP), pozostałe to dodatki do żywności w postaci soli sodu,

potasu, wapnia, magnezu oraz wielofosforanowych soli tych samych kationów, a także w przemysłowych procesach obróbki powierzchni metali (powłoki antykorozyjne).

Starsza historycznie metoda termiczna ma obecnie mniejsze znaczenie techniczne. Mimo, że tą metodą uzyskuje się bardzo czysty kwas o stężeniu ok. 85% to jednak ustępuje ona rozwijającej się, coraz bardziej efektywnej, metodzie mokrej [2]. Kwas ortofosforowy termiczny ciągle jest produkowany i stosowany w produktach specjalnych, gdzie czystość wyrobu finalnego jest decydująca dla wartości handlowej produktu. Natomiast stosowany powszechnie do wytwarzania większości związków fosforu ekstrakcyjny kwas ortofosforowy jest największym źródłem odpadów stałych w przemyśle chemii nieorganicznej. Przy produkcji jednej tony ekstrakcyjnego kwasu ortofosforowego powstaje 4,0-5,0 t wilgotnego fosfogipsu, który w większości kierowany jest na składowiska.

Główne metody produkcji ekstrakcyjnego kwasu ortofosforowego poprzez rozkład surowca fosforowego kwasem siarkowym to [3]:

- Proces półwodzianowy z rekrytalizacją do dwuwodzianu (HRC) polegający na rozkładzie surowca fosforowego w warunkach krystalizacji półwodzianu z rekrytalizacją do siarczanu dwuwodnego przed filtracją (umożliwia uzyskiwanie wysokiego stopnia rozkładu surowca fosforowego oraz szerokiego zakresu stężeń kwasu fosforowego odpowiadającego maksymalnym, możliwym dla układu dwuwodzianowego).
- Proces półwodzianowy (HH) bazujący na rozkładzie surowca fosforowego w warunkach krystalizacji półwodzianu i jednokrotnej filtracji (umożliwia uzyskiwanie roztworu kwasu fosforowego o stężeniu 40-45% mas. P_2O_5).
- Kombinacja procesu dwuwodzianowego z półwodzianowym (DH/HH) – rozkład surowca fosforowego realizowany jest w układzie dwuwodzianowym, filtrowanie prowadzone jest bez operacji przemywania, a konwersja fazy stałej do półwodnego siarczanu wapnia umożliwia uzyskiwanie wysokiej sprawności fosforanowej (końcowa faza stała ma właściwości pozwalające na jej wykorzystanie dla celów budowlanych).
- Kombinacja procesu półwodzinowego z dwuwodzianowym (HDH) – rozkład surowca fosforowego w reżimie półwodzianowym z filtracją kwasu fosforowego o stężeniu 40-50% mas. P_2O_5 , a następnie rekrytalizacja fazy stałej do siarczanu wapnia dwuwodnego i rozdział faz w kolejnej filtracji.

W wyniku powyższych procesów, oprócz kwasu ortofosforowego, powstaje siarczan wapniowy zanieczyszczony domieszkami obecnymi w surowcach mineralnych. W zależności od temperatury i stężenia kwasu fosforowego siarczan wapnia występuje w postaci bezwodnej (anhydryt – $CaSO_4$), jako półwodzian – $CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$ lub jako dwuwodny – $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (fosfogips). W czasie rozkładu surowca fosforowego wydziela się fluorowodór i czterofluorek krzemu, które po absorpcji w wodzie tworzą kwas fluorokrzemowy. Otrzymany kwas stosowany jest do produkcji fluorokrzemianu sodu, kriolitu, kwasu fluorowodorowego lub fluorku wapnia. Kurczące się zapotrzebowanie

na surowce fluorowe wynikające z coraz ostrzejszych wymagań związanych ze stosowaniem związków fluorowych powodują problemy z ich zagospodarowaniem. Coraz częściej roztwory poabsorpcyjne stosowane są jako ciecz wiążąca w procesie granulacji nawozów fosforowych. Dokumenty referencyjne BAT dla instalacji produkcyjnych ekstrakcyjnego kwasu ortofosforowego zalecają stosowanie czystych surowców, metod wytwarzania z rekrytalizacją siarczanu wapnia, wysokowydajnych urządzeń do absorpcji związków fluoru i urządzeń odpylających (węzły, w których stosowane są surowce fosforowe), odzysk związków fosforu ze strumieni odpadowych w postaci struwitu lub fosforanów wapnia, gospodarcze wykorzystanie fosfogipsu lub jego bezpieczne składowanie [3].

Istnieją również rozwiązania wykorzystujące do rozkładu surowca fosforowego kwasy mineralne inne niż kwas siarkowy. Zastosowanie kwasu azotowego (metoda ODDA) pozwala uniknąć wytwarzania uciążliwego odpadowego fosfogipsu [4]. Metoda jest przydatna dla mało reaktywnych surowców fosforowych, niewymagających głębokiego mielenia. Problemem są związki organiczne, których utlenianie przy stosowaniu kwasu azotowego prowadzi do emisji tlenków azotu, zagrażających środowisku oraz zmusza do oddzielenia w technologii azotanu wapnia, co wymaga stosowania głębokiego chłodzenia ($\sim -5^{\circ}\text{C}$) oraz usuwania jonów wapnia przy zastosowaniu wymiennicy jonowych. Zastosowanie kwasu azotowego do rozkładu surowca fosforowego wpływa na ogół na zwiększenie przemieszczania się składników zanieczyszczających surowiec fosforowy do roztworu. Jedną z metod przeciwdziałania temu zjawisku jest poddawanie surowców, przed rozkładem, kalcynacji prowadzącej do utworzenia szklistych, trudnorozpuszczalnych krzemianów. Podobne problemy występują w przypadku zastosowania do rozkładu surowca fosforowego kwasu solnego.

Rosnąca eksploatacja złóż surowców fosforowych gorszych jakościowo, coraz ostrzejsze wymagania ochrony środowiska, a także rosnący nacisk na jakość produktów fosforowych wymuszają konieczność modernizacji i rozwoju nowych technologii przetwarzania surowców fosforowych. Nowe rozwiązania wykorzystują postęp w zakresie badań fizykochemicznych podstaw zachodzących reakcji w celu umożliwienia poddawania procesowi rozkładu surowców charakteryzujących się niższą zawartością fosforu. Wiąże się to jednak z wyższą zawartością zanieczyszczeń w układzie negatywnie oddziałujących na procesy technologiczne, co może prowadzić do pogorszenia jakości produktu końcowego. Usunięte z procesu zanieczyszczenia muszą być zagospodarowywane lub składowane.

Globalna zdolność produkcyjna instalacji wytwarzających kwas ortofosforowy to 40 mln t w przeliczeniu na P_2O_5 [5]. W Europie w ciągu ostatnich lat XX wieku drastycznie zmalała ilość instalacji produkujących kwas fosforowy z około 60 do poniżej 20. Względny ochrony środowiska sprawiły, że w produkcji nawozów fosforowych przestawiono się na kwas ortofosforowy importowany głównie z krajów zlokalizowanych w Północnej Afryce, dysponujących własnymi złożami surowców fosforowych. Aktualna zdolność produkcyjna instalacji europejskich to około 3 mln t,

podczas gdy na początku lat 80 było to 4,8 mln t P_2O_5 .

Produkcja kwasu ortofosforowego związana jest z wydobywaniem rud fosforowych, które w 2009 roku wynosiło 166 mln t, w 2010 roku 176 mln t [6]. Światowe rezerwy surowców fosforowych, których wydobywanie jest opłacalne w kontekście ich wykorzystania do produkcji zdefiniowanych produktów, szacuje się na poziomie 65 mld t. Natomiast światowe zasoby rud fosforowych definiowanych jako fosforyty o dowolnej jakości, których udostępnienie i wydobywanie może nastąpić w określonym czasie szacuje się na około 290 mld t [7]. Stanowisko specjalistów dotyczące czasu ich eksploatacji nie jest jednoznaczne. Doniesienia literaturowe wskazują, że eksploatacja zasobów będzie trwała od 50 do 130 lat w zależności od jakości i wielkości nakładów poniesionych na ich pozyskiwanie [8]. Inne publikacje utrzymują, iż surowce fosforowe zostaną całkowicie wyczerpane do końca XXI wieku [9]. Największe złoża fosforytów występują w Północnej Afryce, Chinach, Bliskim Wschodzie i USA, natomiast największe złoża apatytów – w Brazylii, Kanadzie, Rosji, Afryce południowej. Tylko cztery kraje: USA, Chiny, Afryka Południowa i Maroko posiadają 83% światowych zasobów rud fosforowych pokrywając dwie trzecie rocznego wydobycia. Duże złoża fosforytów zostały też odkryte na szelfie kontynentalnym na Oceanie Atlantyckim i Oceanie Spokojnym.

Rudy fosforowe obecnie nie eksploatowane ze względów ekonomicznych, w miarę wyczerpywania się aktualnie eksploatowanych rud wysokiej jakości będą musiały być wydobywane. Wykorzystywanie zasobów o niższej jakości wpłynie na wzrost cen wytwarzanych z nich produktów rynkowych. Bez względu na cenę nawozów fosforowych, będące nośnikami fosforu, pierwiastka niezbędnego dla roślin, będą zawsze stosowane. Stąd też poszukiwanie innych źródeł fosforu jest istotne z punktu widzenia ekonomii.

Do wytwarzania nawozów fosforowych mogą być stosowane niektóre rudy fosforowe tylko po odpowiednim zmieleniu w celu rozwinięcia powierzchni ziaren i w efekcie zwiększenia ich reaktywności. Rudy te charakteryzują się wysoką naturalną rozpuszczalnością związków fosforu, pozwalającą na bezpośrednie ich stosowanie w rolnictwie, bez konieczności prowadzenia procesów chemicznych. Zgodnie z obowiązującymi w Unii Europejskiej uregulowaniami prawnymi wytworzone tą metodą nawozy nazywamy fosforytami miękkimi. Wymagane jest by charakteryzowały się one odpowiednim składem ziarnowym, tj. 99% przesiew przez sito 0,125mm oraz 90% przez sito 0,063mm [10]. Są to tzw. fosforyty miękkie o zawartości co najmniej 25% mas. P_2O_5 ogólnego oraz 55% deklarowanej zawartości rozpuszczalnej w 2% roztworze kwasu mrówkowego. Rozpuszczalność i wynikająca z niej przyswajalność fosforu przez rośliny jest znacząco niższa w porównaniu z klasycznymi nawozami wytwarzanymi z kwasu ortofosforowego, stąd działają one lepiej w cieplejszym klimacie i wilgotnych glebach. Wadą tych nawozów jest wprowadzanie wszystkich zanieczyszczeń obecnych w surowcach bezpośrednio do gleby (metale ciężkie, promieniotwórcze, związki fluoru itp.). Zaletą są niższe koszty produkcji, przydatność do wytwarzania tanich nawozów, możliwość wykorzystania lokalnych surowców

fosforowych o niskiej zawartości fosforu, wysokiej zawartości wapnia, magnezu, fluoru, nie nadających się do przetwarzania metodami chemicznymi.

3.2. Trendy rozwoju technologii produkcji kwasu fosforowego

3.2.1. Przegląd doniesień literaturowych (desk-research)

Wypełniając postulaty polityki zrównoważonego rozwoju prowadzonej w krajach członkowskich Unii Europejskiej należy zapewnić przyszłym pokoleniom odpowiedni poziom życia, na który składa się między innymi produkcja rolnicza. Dla zabezpieczenia odpowiedniego poziomu tej produkcji już dziś konieczne są działania zmierzające do udoskonalania przyjaznych dla środowiska naturalnego technik przemysłowych przetwarzających pozyskiwane surowce fosforowe (głównie produkcja kwasu ortofosforowego), wytwarzania nawozów o jakości zapewniającej lepsze wykorzystanie fosforu przez rośliny, poszukiwania innych źródeł fosforu, w tym wykorzystanie fosforu obecnego w odpadach [11]. Poprawa stopnia przyswajalności związków fosforu przez rośliny wpłynie na ograniczenie zużycia surowców mineralnych. Fosfor z nawozów mineralnych w pierwszym roku po nawożeniu jest pobierany przez rośliny zaledwie w 20–30%. Pozostała ilość fosforu jest zatrzymywana przez glebę. W ciągu następnych lat wykorzystanie fosforu przez rośliny dochodzi do 40–60%. Zwiększanie przyswajalności fosforu można wspomagać metodami biologicznymi poprzez wprowadzenie mikroorganizmów zwiększających rozpuszczalność związków fosforu, czy też wykształcenie i dobór odpowiednich cech roślin uprawnych.

Obecnie surowcami mineralnymi do produkcji kwasu fosforowego są fosforyty i apatyty – minerały fosforonośne o zróżnicowanej jakości i mające charakter zasobów nieodnawialnych. Zasoby te szacowane na 65 mld t zostaną wyczerpane w ciągu kilkudziesięciu lat [12]. Zasoby surowców fosforytowych określa się na dwa sposoby: jako zasoby takie, których eksploatacja jest ekonomicznie opłacalna (tj. gdy koszt wydobycia 1 t surowca kształtuje się poniżej 35 USD) oraz jako potencjalne rezerwy surowcowe, których dynamika pozyskiwania uzależniona będzie od zaawansowania rozwoju technologii, czy też oczekiwań w stosunku do produktu końcowego) [13]. Bez względu na wielkość zasobów niewątpliwie należy prowadzić opłacalną, wydajną i zrównoważoną gospodarkę zasobami fosforu. Słusznym kierunkiem wypełniającym te postulaty jest recykling związków fosforowych poprzez odzysk ze ścieków komunalnych, stałych i ciekłych odpadów przemysłowych oraz ponowne zastosowanie tak pozyskanych surowców wtórnych zarówno w rolnictwie jak i w wielu gałęziach przemysłu [14]. W gospodarowaniu surowcami fosforowymi pojawiają się także takie rozwiązania technologiczne, w których do produkcji nieorganicznych nawozów prostych bądź komponentów do wytwarzania nieorganicznych nawozów wieloskładnikowych zaleca się stosowanie fosforytów o niskiej jakości. Istotą rozwiązania jest częściowy rozkład zmielonego fosforytu za pomocą kwasu nieorganicznego (np. kwas siarkowy, kwas fosforowy) wprowadzanego w ilości gwarantującej znaczne obniżenie jednostkowego kosztu produkcji [7].

Usuwanie fosforu ze ścieków i odpadów łączy się z odzyskiwaniem fosforu w postaci użytecznych związków. Technologie najczęściej ukierunkowuje się na pozyskiwanie takich związków jak 6 hydrat fosforanu(V) amonu i magnezu – struwit $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, czy hydroksyapatyt $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$. Fosforany te znajdują zastosowanie w rolnictwie jako składniki nawozów, a także w przemyśle fosforowym jako surowce wyjściowe do produkcji związków fosforu. Pozyskiwane „surowce wtórne” stanowią konkurencyjne dla rud fosforytowych źródło fosforu. Ich przewaga wynika z braku zanieczyszczeń występujących w naturalnych rudach fosforytowych; fluor, pierwiastki radioaktywne (głównie uranu) oraz metale ciężkie (głównie kadmu), które nie tylko negatywnie wpływają na przebieg procesów technologicznych, ale także mają niekorzystny wpływ na środowisko naturalne.

Odzysk fosforu ze strumieni odpadowych jest uzasadniony nie tylko wyczerpującymi się złożami surowcowymi wysokiej jakości, ale także wzrostem populacji, presją społeczeństwa na stosowanie czystych produktów fosforanowych nie zawierających metali ciężkich. Niemalży wpływ na wprowadzanie i udoskonalanie technologii pozyskiwania związków fosforu z oczyszczanych strumieni ścieków ma zwiększająca się ilość zbiorników wód powierzchniowych wykazujących efekt eutrofizacji wód pod wpływem obecności nadmiernych ilości związków biogenych, głównie azotu i fosforu. Zamierzeniem europejskiego przemysłu fosforowego było, aby do końca 2011 roku 25% surowców stanowiły fosforany pochodzące z odzysku [15]. Odzyskany fosfor można zawracać do obiegu w rolnictwie poprzez nawożenie gleb osadami ściekowymi powstającymi w oczyszczalniach ścieków, czy też pochodzącymi z hodowli zwierząt, poprzez produkcję kompostu bogatego w fosforany, ekstrakcję fosforu w postaci składników nawozowych z osadów ściekowych lub popiołów (pozostałych po spalaniu osadów) [16]. Znane są także prace nad utylizacją składników nawozowych z moczu ludzkiego [17, 18].

Źródłem fosforu mogą być również mączki mięsno kostne i kości - główne odpady przemysłu mięsnego. Choroba szalonych krów spowodowała wprowadzenie w UE przepisów ograniczających wykorzystywanie tych odpadów dla celów paszowych i zmianę ich zagospodarowania. Obecnie stosowaną metodą utylizacji tych odpadów jest unieszkodliwianie termiczne, w tym spalanie. Kości oraz mączki kostne mogą zawierać 11-18% mas. fosforu. W wymaganej temperaturze unieszkodliwiania termicznego wynoszącej 850°C , po procesie spalania uzyskuje się pozostałość mineralną w postaci popiołów, zawierającą hydroksyapatyt oraz inne składniki, takie jak związki sodu, potasu i magnezu o niskim poziomie metali ciężkich. Zagospodarowanie takich pozostałości do produkcji np. nawozów fosforowych może być realizowane metodami zbliżonymi do stosowanych przez przemysł nawozowy, głównie przez użycie do ich rozkładu kwasów mineralnych. Warunkiem jest jednak zupełna mineralizacja związków organicznych w celu wyeliminowania odorów jak i związków organicznych z produktów nawozowych.

Poszukiwanie alternatywnych źródeł fosforu, a w szczególności możliwości jego

odzysku i recyklingu z odpadów jest zgodne z zasadami zrównoważonego rozwoju. Do osiągnięcia tego celu wymagana jest współpraca między przemysłem, sektorem wodno-ściekowym a stroną rządową dla prowadzenia odzysku fosforu na szeroką skalę, a co najważniejsze, dla stworzenia rynku zbytu na produkty pochodzące z odzysku. Realizacja przytoczonych pokrótce założeń polityki zrównoważonego rozwoju doprowadzi do zmniejszenia zapotrzebowania wytwórni nawozów fosforowych na kwas fosforowy. Bardzo ostrożne szacowanie wielkości zmian zależnych od tempa wdrażania postulatów ww. polityki ekologicznej nie pozwala na dzień dzisiejszy podać jej wartości. Zapewne wskaźnik zmian będzie znacznie niższy niż zakładany przed laty w dokumentach strategicznych [15].

Dane publikowane przez organizacje zrzeszające producentów związków fosforu wskazują, że tendencje rozwoju branży produktów nieorganicznych silnie zależne są od ogólnej kondycji gospodarki (m.in. European Fertilizer Manufacturers Association EFMA, European Chemical Industry Council CEFIC, International Fertilizer Industry Association IFA) [19]. Należy się spodziewać, że produkcja ta, choć silnie zależna od światowej koniunktury gospodarczej, koniunktury na rynku surowcowym oraz sytuacji finansowej rolnictwa, będzie wykazywać tendencję wzrostową dla zaspokojenia potrzeb żywnościowych wciąż rosnącej liczby ludności. Tym samym zapotrzebowanie na surowce fosforowe będzie rosło. Na rynku europejskim praca wytwórni przetwarzających surowce fosforowe będzie możliwa tylko w instalacjach pracujących zgodnie z zaleceniami dokumentów referencyjnych [3]. Do najważniejszych wymagań BAT (Best Available Techniques) dla instalacji produkujących ekstrakcyjny kwas ortofosforowy, zarówno z punktu widzenia ekonomii jak i w ujęciu szerokokorozumianej ekologii, należą;

- Stopień wykorzystania P_2O_5 w istniejących instalacjach w zakresie 94-98,5% natomiast dla nowych poziom ten wynosi min. 98,0% z zastrzeżeniem, że zastosowany zostanie proces rekrytalizacji z podwójnym stopniem filtracji.
- Dla metody mokrej wymagane jest ograniczanie emisji P_2O_5 , które należy prowadzić z wykorzystaniem stosownych aparatów i technik.
- Ograniczenie emisji pyłu na etapie przygotowania surowca fosforowego poprzez stosowanie filtrów ceramicznych lub tkaninowych (workowych) pozwalających ograniczyć stężenie pyłu do poziomu 2,5-10mg/Nm³.
- Ograniczenie emisji fluorków do powietrza do poziomu 1-5mg/Nm³ w przeliczeniu na kwas fluorowodorowy przy zastosowaniu odpowiednich płuczek, a w przypadku metody mokrej zakaz emisji fluorków do wód poprzez wyposażenie instalacji w system kondensacji bezpośredniej lub stosowanie recyklingu płuczek.
- Zapewnienie rynku zbytu dla fosfogipsu i kwasu fluorokrzemowego, a jeśli jest to niemożliwe zapewnienie wykorzystania tych związków.
- Oczyszczanie ciekłych strumieni odpadowych z wykorzystaniem procesów neutralizacji, filtracji, sedymentacji z zagospodarowaniem części stałych na

składowiskach fosfogipsu.

Sprostanie zapisom dokumentów referencyjnych stanie się nie lada wyzwaniem dla producentów kwasu fosforowego. Jednakże dla utrzymania produkcji, a tym samym utrzymania się na rynku, zmuszeni będą do nakładów inwestycyjnych w celu modernizacji istniejących instalacji.

3.2.2. Analiza wyników badań ankietowych (ankieta Delphi)

W wyniku przeprowadzonych w ramach projektu dwóch rund ankiety typu Delphi uzyskano dane, wynikające z wiedzy uczestniczących w niej ekspertów, które pozwalają na wskazanie tendencji w rozwoju technologii produkcji kwasu ortofosforowego. Za pozytywne aspekty eksperci uznali ustabilizowaną pozycję producentów na rynku krajowym sygnowaną uznaną marką budzącą zaufanie odbiorcy. Pozycja ta wynika z wieloletniego doświadczenia technologicznego, a także własnego zaplecza badawczo-rozwojowego. Szanse dla dalszego rozwoju technologii wytwarzania kwasu ortofosforowego upatruje się w innowacjach technologicznych bazujących na krajowym potencjale badawczo-wdrożeniowym, we wdrażaniu wymagań BAT. Zagrożeniem są zaostrzające się wymagania prawne dotyczące korzystania ze środowiska, problematyczne składowanie odpadów (fosfogips), a także monopolizacja dostępu do zasobów surowców naturalnych. Ta ostatnia cecha w odpowiednich okolicznościach staje się wyzwaniem, tj. w aspekcie wciąż rosnącej konkurencji ze strony krajów rozwijających się (Azja, Rosja, Ameryka Południowa) i zmieniająca się koniunktura popytu na bazowe chemikalia spowodowana sytuacją gospodarczą.

Poniżej przytoczono niektóre komentarze ekspertów projektu dotyczące czynników mających największy wpływ na podtrzymanie produkcji ekstrakcyjnego kwasu ortofosforowego:

- Wzrost cen nawozów i produktów rolnych.
- Wyższa cena zakupu kwasu importowanego od kosztów produkcji w kraju.
- Okresowo podczas koniunktury obserwowany jest deficyt tego produktu na rynkach światowych, co implikuje trudności w jego zakupie; tych problemów nie ma w przypadku zakupu surowca do jego produkcji.
- Możliwość modyfikacji odpadowego fosfogipsu (np. podwyższenia pH, zmniejszenie rozpuszczalności).
- Gospodarcze wykorzystanie fosfogipsu jako wypełniacza do produkcji polipropylenu, jako wypełniacza do produkcji PCV, jako materiału budowlanego o parametrach wyższych od gipsu, do rekultywacji terenów oraz ulepszenia kwasowości gleby, wykorzystanie wapnia i siarki zawartych w gipsie jako składników odżywczych.
- Zaawansowanie prac nad zastosowaniem fosfogipsu w budowie infrastruktury drogowej oraz wkomponowanie produkcji kwasu fosforowego w gospodarkę odpadowymi kwasami.
- Przemysłowe wykorzystanie fosfogipsu z hałd jest droższe od jego odzysku

z bieżącej produkcji.

- Polityka środowiskowa przyczynia się bardziej do zbędnego obciążenia przemysłu niż efektywnej poprawy stanu środowiska, przykładem jest rozważane przez UE ograniczenie dopuszczalnej zawartości kadmu w nawozach fosforowych. W warunkach funkcjonowania polskich zakładów wytwarzających nawozy fosforowe, restrykcje te mogą doprowadzić do zaprzestania produkcji. O ile w przypadku zaostreżeń w dziedzinie emisji gazowych, ich wprowadzenie narzuca konieczność włączenia do ciągu technologicznego jednej z dostępnych metod, o tyle w przypadku nawozów fosforowych, nie istnieją obecnie opracowane technologie, pozwalające na dostosowanie się do planowanych wymagań. Szkodliwe działanie kadmu jest powszechnie znane, ale podjęcie działań w tym kierunku powinno zostać poprzedzone przeprowadzeniem rzetelnych badań nad możliwością zapewnienia bazy surowcowej.

3.3. Technologia produkcji węglanu sodu – soda kalcynowana

Produkcja sody kalcynowanej ma dla Polski strategiczne znaczenie gospodarcze jako jeden z podstawowych produktów sektora chemii nieorganicznej i główny surowiec dla innych branż chemicznych oraz przemysłu szklarskiego. Soda jest ważnym surowcem stosowanym w wielu procesach produkcyjnych, na przykład takich jak [3]:

- Produkcja szkła zarówno płaskiego jak i opakowaniowego – jest modyfikatorem sieciowym lub topnikiem, pozwala na obniżenie temperatury topienia piasku obniżając zużycie energii, otrzymywanie włókna szklanego, światłowodów.
- Produkty chemii gospodarczej: mydła, proszki czyszczące, proszki do prania i zamaczania zawierające różne proporcje sody, w których soda działa jako wypełniacz i czynnik zmiękczejący wodę, łączona z zeolitem zastępuje trójpolfosforan sodu (TPFS).
- W przemyśle stalowym jako topnik oraz czynnik odsiarczający, defosforujący i odazotujący.
- W przemyśle metali nieżelaznych (przygotowanie rudy uranu, utleniająca kalcynacja rud chromu, odzyskiwanie ołowiu ze zużytych akumulatorów, recykling cynku i aluminium).
- W procesach oczyszczania wody i neutralizacji ścieków, odsiarczania spalin.
- Procesach chemicznych do produkcji innych związków nieorganicznych, takich jak:
 - wodorowęglan sodu NaHCO_3 ,
 - krzemiany sodu $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$,
 - trójpolfosforan sodu (TPFS) $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$,
 - ortofosforany sodu NaH_2PO_4 , NaHPO_4 , Na_3PO_4 ,
 - metafosforan sodu NaPO_3 ,
 - nadwęglan sodu $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$,
 - dwuchromian sodu $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$,

- siarczyn sodu Na_2SO_3 ,
- pirosiarczyn sodu $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$.

Znanych jest szereg metod otrzymywania węgla sodu. Na skalę przemysłową soda była produkowana metodą Leblanca już w 1791 roku [20]. Proces składał się z dwóch etapów. Pierwszy etap to otrzymywanie siarczanu sodu z soli kamiennej i kwasu siarkowego z wydzielaniem chlorowodoru, drugi - prażenie powstałego siarczanu sodu z kamieniem wapiennym i węglem. Produkty prażenia ługowano wodą, a następnie nierozpuszczalne produkty oddzielano. Otrzymany roztwór zateżano w celu otrzymania stałego węgla sodu. Proces Leblanca wymagał stosowania wysokich temperatur – ok. 1000°C , a oprócz sody wytwarzał odpad w postaci siarczku wapnia i gazowy chlorowódor. Proces Leblanca został w późniejszym okresie udoskonalony, dzięki czemu był procesem bezodpadowym, jednak na początku dwudziestego wieku został on zastąpiony bardziej ekonomiczną metodą amoniakalną, tzw. metodą Solvay’a, która zdominowała światową produkcję sody.

Obecnie węgiel sodu produkowany jest głównie dwiema metodami: chemiczną i mineralną [3]. Metody te różnią się stosowanymi surowcami, jak i wpływem na środowisko naturalne. W metodzie mineralnej surowcem jest minerał będący naturalnym węglem sodu - głównie trona, w chemicznej - chlorek sodu i kamień wapienny. Na wybór metody produkcji ma wpływ głównie dostępność oraz jakość lokalnych surowców. Światowe rezerwy naturalnych surowców, między innymi trony, której największe złoża występują w USA, szacowane są na 24 mld t w przeliczeniu na produkt, natomiast rezerwy surowców stosowanych w metodzie chemicznej są nieograniczone [21]. Produkcja sody w 2010 roku wynosiła 47,5 mln t/rok, z czego 11,7 mln wytwarzane było metodą mineralną głównie z trony (26% ogólnej światowej produkcji). Soda wytwarzana jest w 29 krajach świata, z czego w 23 z nich metodami chemicznymi, głównie według procesu Solvay’a. Największym producentem sody metodami mineralnymi jest USA, gdzie w 2010 roku wyprodukowano 10 mln t sody, natomiast sody wytworzonej metodami chemicznymi (procesy Solvay i Hou) są Chiny – 20 mln t/rok [22, 23].

Światowe zużycie sody stale rośnie wraz ze wzrostem ludności jak i PKB, szczególnie w krajach rozwijających się. Tak duża skala produkcji świadczy o wysokim znaczeniu gospodarczym węgla sodu, stąd dostępność lokalnych surowców, ceny energii oraz oddziaływanie procesu produkcji na środowisko są kluczowymi czynnikami mającymi wpływ na światowy przemysł sodowy.

W obu metodach zarówno mineralnej jak i chemicznej, przy produkcji sody, powstają produkty uboczne, co wynika ze stosowania surowców naturalnych zawierających substancje inertne (tabela 3.1). W metodzie chemicznej dodatkowo powstają produkty reakcji, które są produktami ubocznymi [24].

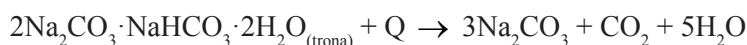
W procesie mineralnym stosuje się naturalne minerały zawierające węglany sodu, np. tronę lub nahcolit. Trona to substancja krystaliczna, dobrze rozpuszczalna w wodzie o wzorze $\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ zwana również sodą śnieżną lub seskwikarbonatem sodu

(ang. sodium sesquicarbonate), a nahcolit to naturalny wodorowęglan sodu.

Tabela 3.1. Porównanie metod produkcji sody

Proces		Surowce						Produkty		
		Koks	Roztwór NaCl	Amoniak	Kamień wapienny	Trona	Paliwo kopalne	Węglan sodu	Chlorek wapnia	Chlorek amonu
Syntetyczny	Solvay									
	Hou									
Mineralny	Trona									

W procesie produkcji sody z trony, stosowane są dwie metody [20]: proces jednowodny (monohydrate process) oraz proces seskwiwęglanowy (sesqui-carbonate process). Na skalę przemysłową głównie stosowany jest proces jednowodny. W procesie tym, trona po rozdrobnieniu poddawana jest obróbce termicznej w temperaturze 150-300°C w obrotowym kalcynatorze. W podwyższonej temperaturze następuje rozkład trony z wydzieleniem pary wodnej oraz dwutlenku węgla. Pozostałość po prażeniu zawiera około 85% węglanu sodu oraz 15% zanieczyszczeń nierozpuszczalnych w wodzie. Termiczny rozkład trony biegnie zgodnie z reakcją:

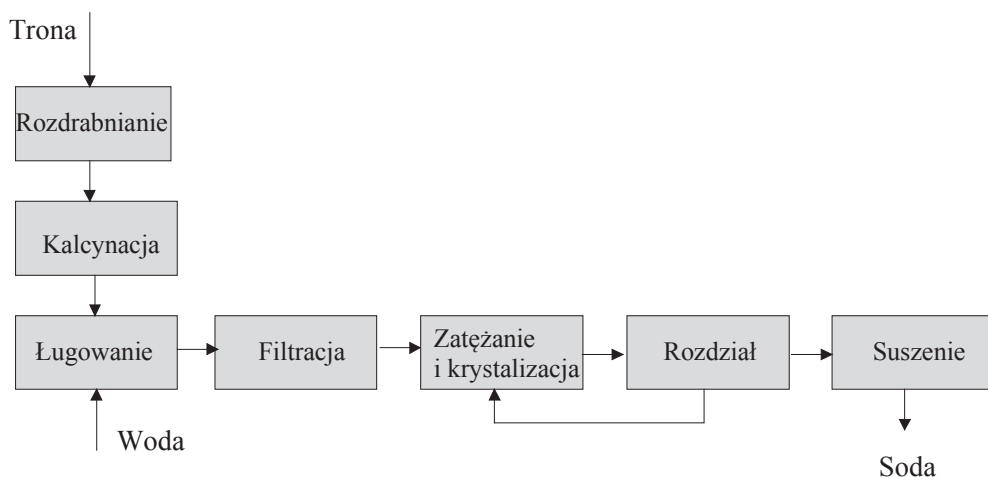


Stałe produkty reakcji po kalcynacji poddawane są ługowaniu gorącą wodą. Po usunięciu nierozpuszczonych zanieczyszczeń, gorący roztwór zatężany jest w wyparnym krystalizatorze w temperaturze 40-100°C do uzyskania zawiesiny roztworu macierzystego z kryształami jednowodnego węglanu sodu. Otrzymane kryształy są oddzielane od roztworu i suszone w temperaturze 150°C do bezwodnego węglanu sodu, będącego produktem handlowym. Ogólny schemat procesu jednowodnego przedstawia rysunek 3.2.

W procesie seskwiwęglanowym rozdrobniona trona rozpuszczana jest w gorącym roztworze macierzystym w temperaturze 95°C. Po oddzieleniu zanieczyszczeń oczyszczony roztwór chłodzony jest w krystalizatorze, gdzie zachodzi krystalizacja uwodnionego węglanu wodorowęglanu trisodu $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Kryształy po oddzieleniu są kalcynowane w temperaturze 110-175°C. Otrzymany produkt to bezwodny węglan wodorowęglan trisodu. Alternatywnie, sodę można przetworzyć do monohydratu i skalcynować.

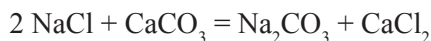
W Europie nie występują naturalne surowce zawierające węglanu sodu np. trona, stąd prawie cała produkcja sody prowadzona jest w oparciu o metodę Solvay’a, zwaną również metodą amoniakalną. Główne surowce stosowane w metodzie Solvay’a to

solanka (NaCl) oraz kamień wapienny [3]. Zdolność produkcyjna wytwórni sody w Europie wynosi ok. 15 mln t/r, z czego w krajach UE25 - ok. 7,7 mln t/r. Obecnie istniejące w Europie instalacje uruchamiane były w latach 1865 – 1980. Od uruchomienia, są one ciągle modernizowane. Budowę nowych jednostek produkcyjnych ogranicza ich wysoka kapitałochłonność.



Rys. 3.2. Proces otrzymywania sody w procesie jednowodnym

Otrzymywanie sody kalcynowanej według procesu Solvay’a bazuje na wykorzystaniu dwóch podstawowych związków chemicznych: chlorku sodu i węglanu wapnia według sumarycznego równania:

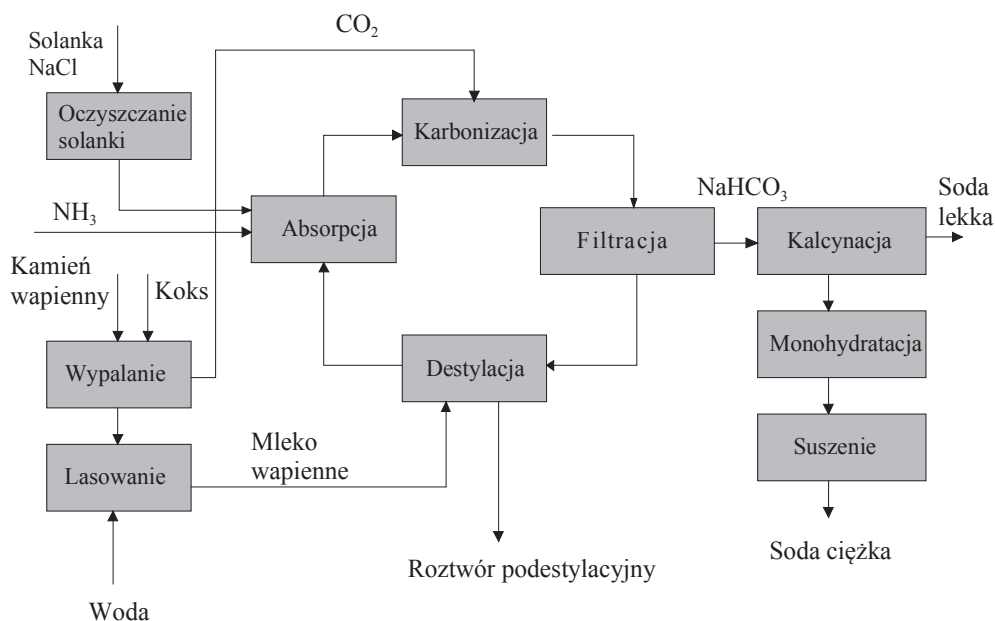


Są to minerały szeroko dostępne, o nieograniczonych rezerwach, stąd duża dominacja procesu Solvay’a. Z uwagi na wielkotonażowy charakter produkcji sody, wytwórnie sody lokalizowane są w sąsiedztwie złóż surowców (kamień wapienny, sól), co obniża jej koszty wytwarzania. W procesie produkcji konieczne jest również zastosowanie surowców pomocniczych: wody amoniakalnej i koksu wielkopiecowego.

Stosowane w procesie surowce winny charakteryzować się wysoką czystością, gdyż obecność zanieczyszczeń obniża efektywność procesu. Stosowany w procesie chlorek sodu, jako surowiec naturalny zawiera zanieczyszczenia, które muszą być usuwane przed procesem karbonizacji. Kamień wapienny powinien również charakteryzować się wysoką zawartością węglanu wapnia. Wysoka czystość kamienia wpływa na obniżenie zawartości fazy stałej w szlamach podestylacyjnych, jak również na mniejszą objętość stawów osadowych.

W solance, po usunięciu jonów wapnia i magnezu, absorbowany jest gazowy amoniak. Następnie solanka zostaje poddana karbonizacji dwutlenkiem węgla (uzyskanym z rozkładu węglan wapnia) w wyniku czego tworzą się węglan i wodorowęglan amonu. W procesie konwersji wodorowęglanu amonu i chlorku sodu, przy ciągłym dopływie CO_2 i chłodzeniu roztworu, otrzymuje się chlorek amonu oraz wodorowęglan sodu. Wydzielone kryształy bikarbonatu są oddzielane od ługu macierzystego przez filtrację, a następnie poddawane procesowi kalcynacji z wydzieleniem węglanu sodu, wody i CO_2 . Wydzielony dwutlenek węgla zawracany jest do procesu karbonizacji. Z roztworu macierzystego odzyskiwany jest również amoniak, wydzielany w wyniku reakcji z wodorotlenkiem wapnia otrzymanym w procesie hydratacji wapna palonego. Odzyskany amoniak jest zawracany do procesu absorpcji.

Przebieg procesu produkcji sody metodą Solvay'a przedstawia rysunek 3.3.



Rys. 3.3. Proces produkcji sody metodą Solvay'a

Wydzielające się w procesie produkcji sody metodą Solvay'a emisje gazów, jak i ładunki zanieczyszczeń obecne w odprowadzanych ściekach, mają negatywny wpływ na środowisko naturalne. Dominujący wpływ, głównie ze względu na ich ilość mają zanieczyszczenia obecne w ściekach z destylacji amoniaku w postaci płynu podestylacyjnego. Ilość i skład płynu podestylacyjnego zależy wprost od jakości surowców, tj. kamienia i solanki oraz od stopnia przemiany sodu. Zawiera on nieprzereagowany chlorek sodu, chlorek wapnia będący wynikiem reakcji mleka wapiennego z chlorkiem amonu, części stałe pochodzące z kamienia wapiennego

(związki wapnia i krzemionka), nadmiar mleka wapiennego. Duża zmienność ilości i jak i składu ciała stałego wynika ze zmian właściwości dostępnego kamienia wapiennego. Ilość płynu podestylacyjnego zgodnie z Najlepszymi Dostępnymi Technikami (BAT), określonymi dla produkcji sody metodą Solvay’a w dokumentach referencyjnych LVIC-S, wynosi od 8,5 do 10,7 m³/t sody, natomiast ilość fazy stałej od 0,09 do 0,24 m³/t sody. Roztwór podestylacyjny często mieszany jest ze szlamami z oczyszczania solanki. Typowy skład ścieków poprodukcyjnych to 65000 mg/l chlorków, 500 mg/l siarczanów, 50 mg/l azotu amonowego, zawiesiny ogólnej 50 mg/l.

Sposób zagospodarowania roztworu podestylacyjnego wychodzącego z destylera zależy od lokalizacji instalacji oraz źródeł stosowanych surowców. W zależności od lokalizacji zakładu i źródeł surowców stosuje się dwa podstawowe sposoby postępowania ze szlamami podestylacyjnymi: rozcieńczenie całkowite przez rozproszenie w dużych akwenach (morze lub rzeka o dużym przepływie) oraz wprowadzanie do odbiornika po oddzieleniu ciała stałego [3].

Znanych jest szereg modyfikacji procesu Solvay’a, w tym najbardziej znana, w której w miejsce chlorku wapnia wytwarzany jest chlorek amonu. Metoda ta stosowana jest głównie w Azji – proces Hou. Proces Hou, zwany również jako Dual Process, został opracowany przez Hou Debang w latach trzydziestych dwudziestego wieku. Proces charakteryzuje się lepszym wykorzystaniem chlorku sodu oraz brakiem ścieków ale większym zużyciem energii elektrycznej na tonę wytworzonej sody – 3,96 MWh w porównaniu do klasycznej metody Solvay’a: 2,46 – 3,43 MWh [25]. Wytwarzany w procesie chlorek amonu ma ograniczony rynek, w Azji wykorzystywany jest jako nawóz, szczególnie przy uprawach ryżu.

Inną modyfikacją metody Solvay’a jest proces zwany “AKZO” lub “suche wapno”, w którym do odzysku amoniaku, zamiast mleka wapiennego, stosuje się suche wapno [3]. W Japonii do 2002 roku soda produkowana była w procesie Asahi wprowadzającym pewne zmiany do metody Solvay’a [26]. Proces ten polegał na zastosowaniu nowego typu kolumny karbonizacyjnej o dużej wydajności. W porównaniu do klasycznej metody Solvay’a zastosowano następujące rozwiązania:

- wyższa wydajność kolumny pozwalała na ciągłą pracę kolumny nieprzerwanie przez ponad 8 miesięcy, co wpływało na niższe zużycie ciepła oraz ilość ścieków,
- automatyczny system kontroli chłodziń i kolumny zapewniał stabilną pracę,
- dziesięciokrotnie mniejsza powierzchnia chłodziń,
- kolumna karbonizacyjna wykonana ze stali węglowej pokrytej żywicą,
- uzyskano redukcję kosztów budowy kolumny.

Proces Asahi charakteryzuje się wyższą sprawnością karbonizacji, co w konsekwencji daje niższe emisje i mniejsze obciążenie środowiska, co prezentuje tabela 3.2.

Pomimo efektywniejszej pracy w porównaniu do klasycznej metody Solvay’a, instalacje Asahi Glass w Kitakyushu i Chiba zostały zamknięte w 2001 roku, głównie ze względów ekonomicznych. Japonia nie posiada naturalnych źródeł chlorku sodu.

Można go uzyskiwać z wody morskiej lub importować np. z Chin. Spadek zużycia sody w Japonii jak i wzrost cen stosowanych surowców spowodował zamknięcie dwóch z czterech pracujących instalacji sody. Przedstawione powyżej metody otrzymywania sody były lub są stosowane w skali przemysłowej. Istnieje obszerna literatura przedstawiająca różne propozycje modernizacji procesu produkcji sody, głównie metody Solvay’a pod kątem ograniczenia oddziaływania na środowisko lub prezentuje nowe metody. Jedną z propozycji jest metoda wykorzystująca proces Solvay’a jako chemiczny sposób odsalania wody morskiej [27]. W procesie tym proponuje się wykorzystanie wód silnie zasolonych o wysokiej zawartości chlorku sodu (wyższej niż woda morska) do wytwarzania sody, roztworu chlorku amonu oraz częściowo odsolonej wody. Za modernizację metody Solvay’a można uznać wykorzystanie dwutlenku węgla z procesów spalania [28]. W procesie nie stosuje się wypalania kamienia wapiennego, a produktem ubocznym jest HCl.

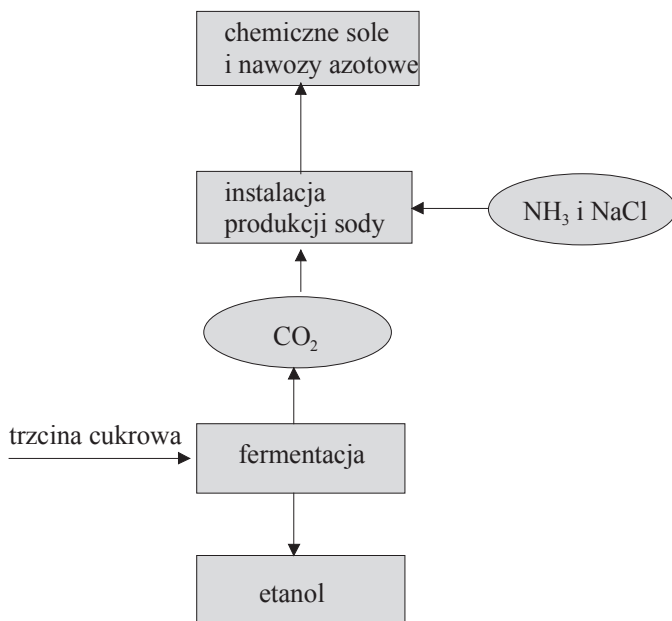
Tabela 3.2. Porównanie procesu produkcji sody metodą Asahi i Solvay’a

Główne surowce i odpady ciekłe		Jedn.	Proces Asahi	Proces Solvay’a
Surowce	sól – 100% NaCl	t/t sody	1,13	1,52
	kamień wapienny – 98% CaCO ₃	t/t sody	1,06	1,24
	koks – 29,7 MJ/kg	t/t sody	0,08	0,09
Ścieki	stężenie CaCl ₂	%	25 – 30	10
	stężenie NaCl	%	0	4
	objętość	m ³ / t sody	3,0 – 3,6	10
	odpady stałe	relacja	½ – ⅓	1

W czasie II Wojny Światowej Diamond Alkali Company w modyfikowanym procesie Solvay’a stosowała dolomit jako źródło dwutlenku węgla [35]. Stosując dolomit w procesie destylacji ług podestylacyjny zawierał chlorek wapnia i wodorotlenek magnezu. Prowadząc karbonizację ługu uzyskiwano zawiesinę chlorku magnezu i węglanu wapnia. Chlorek magnezu wykorzystywany był do otrzymywania metalicznego magnezu. Ze względu na niską jakość otrzymywanego chlorku magnezu metody tej nie stosowano po zakończeniu wojny. Stosując magnezyt w miejsce dolomitu można uzyskać roztwór chlorku magnezu. Roztwór ten w procesie pirohydrolizy rozkłada się do tlenku magnezu i chlorowodoru. Tlenek magnezu zawracany jest do procesu destylacji. Proces ten nigdy nie był stosowany, głównie ze względu na wzrost zużycia energii cieplnej – roztwór podestylacyjny musi być całkowicie odparowany. Również zagospodarowanie dużych ilości powstającego chlorowodoru jest problematyczne. Sposób jak nieopłacalny, nigdy nie znalazł przemysłowego zastosowania.

Za interesującą modernizację procesu Solvay’a można uznać proces Raudi, w którym produktami jest soda oraz nawóz azotowy w postaci chlorku amonu [24]. W procesie tym wykorzystywana jest energia odnawialna jak i CO₂ z procesu fermentacji trzciny cukrowej według schematu przedstawionego na rysunku 3.4.

Prowadzone były również badania nad zastosowaniem amin w miejsce amoniaku w procesie Solvay'a. Metodą aminową, sodę można wytwarzać stosując jako surowiec chlorek lub siarczan sodu. Dobre wyniki uzyskano stosując dwuetyloaminę zwiększając wydajność konwersji NaCl w NaHCO_3 , a po kalcynacji Na_2CO_3 do przeszło 90% [29, 30]. Wodorowęglan można również otrzymać wraz z chlorowodem w wyniku reakcji wodnego roztworu NaCl z dwutlenkiem węgla, który wprowadzany jest pod ciśnieniem do mieszaniny zawierającej roztwór NaCl , aminy trzeciorzędowe, niepolarny i polarny rozpuszczalnik [31, 32]. Po oddzieleniu fazy organicznej od nieorganicznej wytrącany jest wodorowęglan sodu.



Rys. 3.4. Proces Raudi otrzymywania sody

Alternatywą dla klasycznej metody produkcji sody jaką jest proces Solvay'a jest Proces SCS (soda-chlor-saletra) [33, 34]. W metodzie SCS karbonizacji poddawany jest amoniakalny roztwór azotanu sodu w miejsce chlorku sodu. Po oddzieleniu bikarbonatu surowy ług pofiltracyjny zawiera azotany sodu i amonu. Ze względu na zdolność azotanu amonu do samoistnego rozkładu, proces produkcji saletry amonowo-sodowej stwarza realne zagrożenie wybuchem. Dla ograniczenia zagrożenia wykorzystano reakcję podwójnej wymiany między azotanem amonu zawartym w ługu a metawanadatem sodu. Po oddzieleniu trudno rozpuszczalnego osadu metawanadanu amonu roztwór azotanu sodu zatęże się i poddaje krystalizacji lub kieruje do procesu produkcji węglanu sodu.

Niewielkie ilości węglanu lub wodorowęglanu sodu są również produkowane w procesie karbonizacji sody kaustycznej. Instalacja otrzymywania wodorowęglanu

sodu o czystości spożywczej istnieje w Japonii (Tokuyama) [36]. W literaturze patentowej przedstawiony jest również opis otrzymywania sody z roztworu chlorku sodu wprowadzanego do elektrolizera z membraną selektywnie przepuszczalną w wyniku bezpośredniego kontaktu otrzymanego wodorotlenku sodu z gazowym dwutlenkiem węgla [37].

Polska jest drugim pod względem wielkości produkcji sody w Europie o zdolności produkcyjnej 1,2 mln t sody/rok. Soda jest wytwarzana tradycyjną metodą Solvay'a w Janikowskich Zakładach Sodowych Janikosoda oraz Inowrocławskich Zakładach Chemicznych Soda Mątwy należących do spółki Soda Polska Ciech. Produktem procesu jest tzw. soda lekka, której ciężar nasypowy wynosi około 500 – 600 kg/m³. W tej postaci soda używana jest głównie do produkcji detergentów i jako surowiec w innych procesach chemicznych. Sodę lekką można przetworzyć w sodę ciężką poprzez poddanie jej najpierw rekrytalizacji do jednowodnego węglanu sodu, a następnie suszeniu. Soda ciężka ma ciężar nasypowy około 1000 kg/m³ i jest stosowana głównie w przemyśle szklarskim. Soda ciężka jest również otrzymana w wyniku zgniatania sody lekkiej [41].

W krajowych instalacjach szlamy podestylacyjne po przemyciu kierowane są do stawów osadowych w celu odwodnienia i osuszenia lub też po przemyciu zagęszczane są na prasach filtracyjnych. Faza stała, po usunięciu nadmiaru chlorków jest stosowana jako nawóz - wapno posodowe, a z fazy ciekłej wytwarza się handlowy chlorek wapnia w postaci roztworu lub jako produkt stały. Wapno posodowe po uzyskaniu odpowiedniej wilgotności kierowane jest do odbiorców wykorzystujących je do celów rolniczych. Ze względu na sezonowość stosowania wapna rolniczego, występują problemy z zagospodarowaniem całej wytwarzanej ilości. Problem ten występuje również z rynkiem chlorku wapnia, jedynie około 10% powstałego chlorku wapnia znajduje zastosowanie.

3.4. Trendy rozwoju technologii produkcji sody kalcynowanej

3.4.1. Przegląd doniesień literaturowych (desk research)

Światowe zdolności produkcyjne sody kalcynowanej oceniane są na 63 mln t, z czego na Azję przypada 31 mln t, Europę – 15 mln t i Amerykę Północną – 14 mln t [42]. Roczna produkcja sody jest niższa, w roku 2010 wynosiła 47,5 mln t. Istniejąca różnica pomiędzy zdolnością produkcyjną, a konsumpcją, wskazuje na nadmiar sody na rynkach w skali globalnej, co wpływa na cenę produktu jak i dążenie producentów do obniżania kosztów produkcji. Obniżanie kosztów nie jest jednak związane z wprowadzaniem istotnych zmian w technologii produkcji sody. Dominujące na rynkach światowych kraje produkujące sodę, USA i Chiny, wytwarzają ją różnymi metodami. Produkcja sody z naturalnych minerałów (USA) nie spowoduje szybkich zmian w Europie, gdyż tu nie występują takie złoża, a koszt transportu sody przez Atlantyk jest ciągle wysoki. Również produkowana w Chinach soda metodą Solvay'a nie wpłynie na zmiany w Europie również z powodu wysokich kosztów transportu. Produkcja sody przez

szereg lat wykazywała stabilną, wysoką dynamikę wzrostu w skali globalnej. Ogólny kryzys w 2009 roku przyniósł zatrzymanie wzrostu, a nawet spadek produkcji sody, ale prognozy zakładają wzrost od 2 do 2,5% w przedziale 2011-2014, głównie w Azji [21].

W Europie proces technologiczny produkcji sody w dalszym ciągu będzie opierał się na tej samej, wprowadzicie udoskonalanej, ale co do istoty niezmienionej metodzie Solvay'a, przy wykorzystaniu tych samych źródeł surowców co obecnie. Zagrożeniem dla dotychczasowych rynków zbytu jest uruchomienie oraz planowany do 2012 wzrost produkcji sody wytwarzanej metodą mineralną (trona) z instalacji zlokalizowanych w Turcji, podwajający produkcję z 2009 roku [42]. Niższe koszty produkcji sody wytwarzanej metodą mineralną o około 30% w stosunku do sody wytwarzanej metodą Solvay'a, mogą ograniczyć dotychczasowe rynki zbytu sody kalcynowanej, również wytwarzanej w Polsce.

W zakresie technologii produkcji sody metodą Solvay'a można oczekiwać pewnej poprawy w zakresie efektywności wykorzystania surowców i energii -np. modyfikacje węzła karbonizacji. Coraz większego znaczenia będzie nabierać produkcja sody w powiązaniu ze zintegrowaną produkcją energii cieplnej i elektrycznej z racji dużego zapotrzebowania na parę niskociśnieniową procesie Solvay'a. Cała ilość pary po zredukowaniu ciśnienia w czasie wytwarzania energii elektrycznej na turbinach może zostać zagospodarowana [35].

W procesie produkcji sody kalcynowanej metodą Solvay'a bilans dwutlenku węgla powinien się zamykać, gdyż powstający dwutlenek węgla podczas rozkładu kamienia wapiennego jest wykorzystany całkowicie do wytworzenia Na_2CO_3 . Proces wymaga jednak nadmiaru gazu ponad stosunek stechiometryczny reakcji, w części uzyskuje się go przez spalanie koksu dodawanego do kamienia wapiennego i wytworzenie dodatkowych ilości CO_2 . Część tego dodatkowego dwutlenku węgla służy do pokrycia procesowych strat CO_2 , wynikających głównie z jego niepełnej absorpcji w kolumnach karbonizacyjnych. Ilość CO_2 odprowadzanego do powietrza z procesu sodowego wynosi od 200 do 300 kg CO_2 /t sody [3].

Pomimo uznania w UE produkcji sody kalcynowanej metodą Solvay'a za zagrożoną „ucieczką emisji” (carbon leakage), jej producenci będą zmuszeni do zakupu dodatkowych uprawnień do emisji CO_2 , co będzie wpływać na wzrost kosztów produkcji. Koszty te można obniżyć przez wykorzystanie CO_2 do innych skojarzonych produkcji, np. sody oczyszczonej. W miarę zwiększania się popytu na sodę oczyszczoną stosowaną coraz częściej do oczyszczania spalin, emisja CO_2 będzie malała.

Należy się spodziewać dalszych prób szerszego wykorzystania wapna posodowego otrzymanego z płynów podestylacyjnych i wykorzystania go do celów rolniczych, a także budowlanych, do odsiarczania spalin itp., jak również działań zmierzających w kierunku zmniejszania uciążliwości składowanych odpadów. Sposobem ograniczenia ilości szlamów z oczyszczania solanki jest proces zwany Split-Precipitation, w którym produktem oczyszczania solanki jest węglan wapnia oraz rozpuszczalny w wodzie siarczan magnezu, nie mający szkodliwego wpływu na środowisko, w miejsce

siarczaniu wapnia [39]. W tym procesie można uzyskać 30% redukcję szlamów, przy równoczesnym wzroście zużycia sody w procesie oczyszczania solanki o 11% i jednej dodatkowej filtracji.

Modernizacje technologii produkcji sody powinny uwzględniać dostosowanie jakości oraz ilości stosowanych surowców (kamień wapienny, solanka) do wymagań aktów prawnych wyznaczających dopuszczalne ilości odprowadzanych strumieni oraz ich jakość (poziom zanieczyszczeń) [35]. Stosowany kamień wapienny niespełniający wymagań nie powinien być używany ze względów ekologicznych, z uwagi na zbyt dużą zawartość fazy stałej w ściekach odprowadzanych do akwenów wodnych. Stosowanie niskojakościowych surowców podwyższa koszty ich transportu jak i opłaty za zrzuty do środowiska. Zgodnie z BAT do produkcji sody kalcynowanej metodą Solvay'a należy używać kamień wapienny o wysokiej czystości, tj. o zawartości 95 – 99 % CaCO_3 , a wszystkie surowce: solanka, koks, również kamień wapienny o niskiej zawartości metali ciężkich.

Ze względu na to, że szlamy technologiczne mogą być składowane na powierzchni jak i na składowiskach podziemnych, inne będą wymagania dla obu metod. Najistotniejszym problemem jest emisja do środowiska wodnego części stałych, w postaci zawiesiny, z obecnymi w nich metalami ciężkimi, stąd prowadzone będą prace nad zwiększeniem skuteczności metod usuwania metali ciężkich, które wprowadzane są do procesu z surowcami [35]. Surowce pozyskiwane ze złóż naturalnych niosą ze sobą wiele zanieczyszczeń charakteryzujących się zróżnicowanym wpływem na proces, a także na jakość produktu oraz skład wód odpadowych. Dlatego też technologie produkcji sody należy optymalizować względem ilości stosowanych surowców (źródła wapnia i energii). Pozwoli to na zmniejszenie ilości metali ciężkich w układzie technologicznym oraz obniżenie emisji CO_2 do atmosfery.

Rozwój stosowanych technologii produkcji sody wymuszany jest także koniecznością obniżania kosztów wytwarzania produktu. Znaczące wydatki producentów sody związane są z opłatami za korzystanie ze środowiska. Dla minimalizowania ilości oraz jakości odprowadzanych odpadów ciekłych zaleca się stosowanie jednego, lub kilku równolegle, sposobów ograniczania emisji do środowiska wodnego i powietrza z równoczesnym pozyskiwaniem produktów użytecznych, znajdujących zastosowanie w wielu branżach (rolnictwo, przemysł kosmetyczny, budownictwo) [35, 38, 40], np.:

- pozyskiwanie fosforanów wapnia i magnezu; dodatki paszowe, wysokiej jakości suplementy diety, pozyskiwane na etapie przygotowania solanki do procesu,
- kreda kosmetyczna otrzymywana z produktu ubocznego (odpadów podestylacyjnych),
- gips otrzymywany z odpadów podestylacyjnych stanowiących źródło wapnia oraz strumieni technologicznych zawierających jony siarczanowe.

Powyższe sugestie znajdują uzasadnienie zarówno ze względów ekonomicznych jak i z ekologicznego punktu widzenia. Uzyskane zyski wynikają z dochodów ze sprzedaży pozyskanych produktów, częściowej redukcji kosztów związanych z opłatami

środowiskowymi oraz kosztów zakupu surowców (powtórne wykorzystanie produktów ubocznych).

Propozycja wytwarzania węglanu sodu z wodorotlenku sodu pojawia się w procesach sekwestracji dwutlenku węgla z procesów spalania, szczególnie w literaturze patentowej [43]. Obecnie wytwarzanie sody z wodorotlenku sodu jest marginalne, rozpatrywane jest raczej jako zagospodarowanie nadmiernych ilości NaOH lub wytwarzanie wodorowęglanu sodu o czystości spożywczej. Wodorotlenek sodu otrzymywany jest metodą elektrochemiczną wraz z chlorem gazowym. Może on konkurować z sodą przy niektórych zastosowaniach, jednak ze względu na swoje właściwości żrące jego zastosowanie jest ograniczone. Ograniczeniem jest też drugi produkt – chlor, którego się nie magazynuje ani też transportuje – wykorzystywany jest tylko lokalnie, stąd wzrost ilości wytwarzanego wodorotlenku sodu jest ściśle związany z lokalnym wzrostem zapotrzebowania na chlor [44]. Poważną przeszkodą w stosowaniu tego rozwiązania jest też wysoka cena wodorotlenku sodu 370-400 €/t (2011), do której należy doliczyć jeszcze koszty krystalizacji i kalcynacji gotowego produktu, w porównaniu do ceny węglanu sodu 237-258 €/t (2011). Trudno ocenić korzyści środowiska takiego rozwiązania, wprawdzie nie emituje zanieczyszczeń do gleby czy środowiska wodnego, ale powoduje wzrost zużycia energii elektrycznej i w konsekwencji większą emisję dwutlenku węgla. Pewną wskazówką może być ocena środowiskowa sześciu różnych procesów sekwestracji CO₂ przy użyciu naturalnych węglanów, która odrzuciła cztery procesy jako niepraktyczne do zastosowania lub zbyt obciążające środowisko, w tym dwa, w których wytwarzany był wodorowęglan sodu [45].

Przedstawione powyżej trendy wskazują na dwa kierunki rozwoju produkcji sody:

- modernizacja stosowanych technologii, szczególnie metody Solvay’a pod kątem obniżenia kosztów produkcji, lepszego wykorzystania produktów ubocznych, jak i redukcji obciążeń środowiska naturalnego,
- poszukiwanie technologii zeroemisyjnych.

Na chwilę obecną brak jest technologii zeroemisyjnej możliwej do przemysłowego zastosowania przy równoczesnej opłacalności produkcji. Ze względu na duże zużycie sody i znaczną zdolność produkcyjną instalacji wprowadzanie nowych technologii, innych niż proces Solvay’a, będzie przebiegać bardzo wolno ze względu na ogromne koszty inwestycyjne.

3.4.2. Analiza wyników badań ankietowych (ankieta Delphi)

Opinie ekspertów uczestniczących w badaniach ankietowych pozwalają na ocenę stanu techniki oraz wskazanie tendencji rozwoju technologii sody kalcynowanej. Mocną stroną krajowego producenta sody jest wieloletnie doświadczenie technologiczne, co gwarantuje ustabilizowaną pozycję na rynku lokalnym oraz stały i przewidywalny rynek zbytu. Lokalizacja zakładu w pobliżu źródeł surowcowych oraz ich dostępność pozwala na planowanie długoterminowe. Szansę na dalszy rozwój technologii wytwarzania sody kalcynowanej upatruje się w innowacyjnych technologiach bazujących na krajowym

potencjale badawczym pozwalających na wdrożenie rozwiązań umożliwiających spełnienie wymagań BAT. Atutem, w opinii ekspertów, jest również utrzymująca się koniunktura na sodę kalcynowaną.

Dostrzeżonymi zagrożeniami jest szkodliwe oddziaływanie produkcji sody metodą Solvay’a na środowisko oraz konieczność składowania lub unieszkodliwiania powstającego odpadu, co generuje wysokie koszty opłat środowiskowych. Spowodowane jest to głównie brakiem opłacalnych technologii wykorzystujących te odpady.

Zagrożeniem są również zaostrzające się wymagania prawne dotyczące korzystania ze środowiska i wzrost kosztów środowiskowych, coraz mniejsza dostępność terenów przeznaczonych na składowiska odpadów. Pojawić się też może ryzyko wzrostu podaży tańszej sody kalcynowanej wytwarzanej metodami mineralnymi np. z trony pochodzącej z Turcji lub USA, jak też z obszarów o niższym reżimie środowiskowym np. z Azji.

Według opinii 30% ekspertów, spośród odpadów grupy 06, chlorek wapnia jest największym zagrożeniem z punktu widzenia ochrony środowiska i tym samym stanowi problem do pilnego rozwiązania. Jednym z proponowanych rozwiązań jest częściowy odzysk amoniaku i frakcjonowana krystalizacja chlorku sodu i chlorku amonu z roztworu po wytrąceniu wodorowęglanu sodu, wydzielenie wapnia z roztworu po regeneracji amoniaku w postaci wysokiej czystości węglanu wapnia (kreda strącana). Rozwiązanie to stosowane jest w Azji, gdzie chlorek amonu jest wykorzystywany jako nawóz pod ryż. W naszej strefie klimatycznej chlorek amonu jako nawóz nie jest często stosowany. Proponowane jest również zagospodarowanie roztworu chlorku wapnia przy zastosowaniu technologii wyparnej i wydzielania stałego chlorku wapnia. Jest ona opracowana i wdrożona w skali przemysłowej ale zużycie energii i wielkość produkcji uniemożliwiają jej zastosowanie do całego strumienia ługów podestylacyjnych z powodu braku podaży na tak dużą ilość.

Zdecydowana większość ekspertów opowiedziała się za poszukiwaniem rozwiązań zapewniających pełne wykorzystanie wapna posodowego. Proponowaną drogę rozwiązania tego problemu jest, między innymi, opracowywanie skojarzonych technologii neutralizacji płynu podestylacyjnego i utylizacji kwaśnych składników w gazach spalinowych emitowanych z EC. Oprócz tego spośród metod produkcji sody bardziej przyjaznych dla środowiska wymieniano metodę soda-chlor-saletra, DUAL, „suchego wapna” oraz poprawę efektywności węzła karbonizacji.

Rynek odbiorców sody, zdaniem ekspertów, nie zaakceptuje wzrostu ceny w przypadku zaprzestania produkcji sody i całkowitego zaopatrywania się w ten surowiec z importu, nie do przyjęcia byłyby też skutki społeczne w przypadku zaprzestania produkcji sody i likwidacja miejsc pracy w zakładach sodowych.

Przytoczone odpowiedzi ekspertów na pytania zawarte w badaniach ankietowych wskazują, że brak jest jednoznacznych rozwiązań, które w przyszłości pozwolą na ograniczenie szkodliwego oddziaływania produkcji sody na środowisko przy równoczesnym rozwoju branży bez wzrostu cen sody i likwidacji miejsc pracy.

3.5. Technologia produkcji bieli tytanowej

Pigmenty dwutlenku tytanu (popularnie zwane bielą tytanową) są najważniejszymi i najbardziej rozpowszechnionymi pigmentami nieorganicznymi, co wynika z ich zdolności do nadawania nieprzezroczystości i jasności pigmentowanym wyrobom, połączonej z wysokim bezpieczeństwem stosowania. Produkcja bieli tytanowej w Europie wynosi około 1,5 mln t na rok, co stanowi około 37% światowej produkcji [46]. Poza wyjątkowymi walorami pigmentacyjnymi dwutlenek tytanu jest doskonałym absorberem destrukcyjnego promieniowania ultrafioletowego, jest bierny chemicznie, nierozpuszczalny, stabilny termicznie oraz nietoksyczny [47]. Najważniejszym odbiorcą bieli tytanowej jest przemysł farb i lakierów, tworzyw sztucznych oraz przemysł papierniczy. Ponadto biel tytanowa znajduje zastosowanie także w przemyśle włókien sztucznych, emalierskim, ceramicznym, gumowym, cementowym, bitumicznym, skórzanym, kosmetycznym, farmaceutycznym, a nawet spożywczym [20]. Duża część wyrobów wytwarzanych przez wyżej wymienione gałęzie przemysłu znajduje swoje zastosowanie w branży budowlanej. Poza różnego rodzaju farbami istotną pozycję stanowią tynki, profile z PVC, wykładziny, laminaty i pokrycia dachowe z tworzyw sztucznych. Generalnie biel tytanowa nie jest wyrobem końcowym, a jedynie surowcem, jednakże w wielu zastosowaniach odgrywa kluczową rolę przyczyniając się do podniesienia wartości użytkowej pigmentowanego wyrobu. Ze względu na swoje właściwości (współczynnik załamania światła $n=2,4$ – wyższy posiada tylko diament; ponadto nie odbarwia się pod wpływem światła UV) dwutlenek tytanu używany jest jako składnik farb i dodatek do wybielających proszków do prania. Z powodu dużej względnej przenikalności elektrycznej używa się go do produkcji ceramiki elektrotechnicznej. Dwutlenek tytanu jest także stosowany jako barwnik do gumy, papieru, żywności, leków, kosmetyków, pasty do zębów etc.

Obecnie w światowym przemyśle bieli tytanowej stosowane są zamiennie dwie podstawowe metody produkcji dwutlenku tytanu: metoda siarczanowa i metoda chlorkowa [3]. Metody te różnią się między sobą co do wymagań dla stosowanych surowców, chemizmu prowadzonych reakcji jak i jakości produktu, przy czym metoda chlorkowa posiada przewagę nad metodą siarczanową w kwestii ekonomii i gospodarki odpadowej [48]. Pierwszą wprowadzoną na skalę przemysłową metodą produkcji TiO_2 była metoda siarczanowa. Pozwala ona otrzymywać zarówno formę krystaliczną anatazową, jak i rutilową pigmentu tytanowego, natomiast w metodzie chlorkowej uzyskuje się tylko formę rutilową. Biel tytanowa w formie rutilowej posiada lepsze właściwości pigmentowe, jednakże niektóre zastosowania przemysłowe wymagają właśnie formy anatazowej. W przemyśle europejskim 70% TiO_2 wytwarzane jest metodą siarczanową, pozostałe 30% metodą chlorkową. W Polsce jedynym producentem bieli tytanowej są Zakłady Chemiczne „POLICE” S.A., w których do produkcji bieli tytanowej stosowana jest metoda siarczanowa. Zdolność produkcyjna tej instalacji to 40 tys. t/rok.

W metodzie chlorkowej jako podstawowy reagent rozkładający surowiec tytanowy

stosowany jest gazowy chlor, odzyskiwany w dalszych fazach procesu. W procesie stosowane są wysokoprocentowe surowce tytanowe, takie jak naturalny rutyl (95-96% TiO₂), wysokojakościowa szlaka tytanowa (86-87% TiO₂) lub syntetyczny rutyl (90-93% TiO₂) [49]. Główną zaletą surowców wysoko-tytanowych jest minimalizacja strat chloru, który jest tracony przy rozkładzie domieszek, takich jak związki żelaza oraz zmniejszenie ilości odpadów wytwarzanych w procesie. Odpady stałe z etapu chlorowania zawierają chlorki metali, koks i nierozłożoną rudę. Są one neutralizowane kredą lub zawiesiną wapna palonego. Metale są wytrącane i stabilizowane, a po filtracji wraz z koksem i rudą przesyłane są na składowisko odpadów.

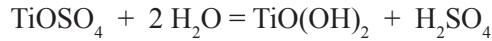
Alternatywnie odpady stałe mogą być przetwarzane w specjalnym procesie na dwa produkty uboczne, tj. kwas chlorowodorowy i tlenki. Proces polega na prażeniu chlorków w powietrzu dla wytworzenia HCl, a tlenki i nieprzereagowany koks są stałą pozostałością. Proces daje potencjalną możliwość produkcji względnie obojętnych tlenków, które można wykorzystać jako obojętne wypełniacze. W sytuacji kiedy kwas chlorowodorowy jest sprzedawany, jego ewentualny nadmiar jest zwykle neutralizowany.

Średnia ilość stałych odpadów z procesu chlorowania wynosi 224 kg/t TiO₂, która po neutralizacji lub prażeniu wynosi średnio 397 kg/t TiO₂ i waha się w zależności od producenta od 99 do 660 kg/t TiO₂. Niektórzy z producentów oddzielają nieprzereagowany koks do sprzedaży lub ponownego wykorzystania, jak również niektórzy sprzedają chlorek żelaza (II).

W metodzie siarczanowej podstawowym reagentem rozkładającym odpowiednio przygotowany surowiec tytanowy jest stężony kwas siarkowy. Stosowane są ponadto surowce tytanonośne o niższej zawartości TiO₂, głównie ilmenit (44-61% TiO₂), jak również niżej procentowe szlaki tytanowe (75-80% TiO₂) lub dokładnie kontrolowana mieszanka obu tych surowców. Wyższa zawartość żelaza w ilmenicie powoduje wytwarzanie większej ilości siarczanu żelaza (II). Wybór surowca tytanowego zależy od wielu czynników. Najważniejszym jest kwestia domieszek zawartych w surowcu, a w szczególności - metali ciężkich oraz naturalnych pierwiastków promieniotwórczych obecnych w niektórych rudach tytanowych. Metoda siarczanowa produkcji TiO₂ polega na rozkładzie surowca tytanowego stężonym kwasem siarkowym o stężeniu 80 – 95 % w temperaturze początkowej 140°C i końcowej 180-210° C, według reakcji:



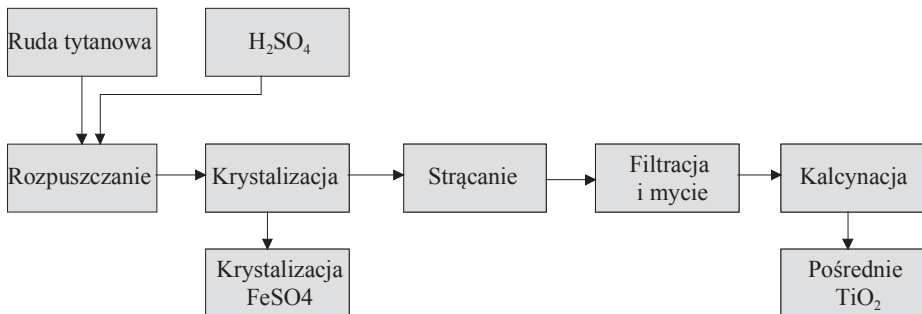
Otrzymany roztwór tytanyłu TiOSO₄ poddaje się procesowi redukcji żłosem żelaznym, aby przeprowadzić jony żelaza trójwartościowego (Fe³⁺) do dwuwartościowego (Fe²⁺), a następnie klarowaniu i krystalizacji w celu wydzielenia siedmiowodnego siarczanu żelaza (II) (sól zielona). Otrzymany oczyszczony roztwór poddawany jest hydrolizie, w której otrzymywany jest uwodniony dwutlenek tytanu. Reakcja hydrolizy siarczanu tytanyłu przebiega wg reakcji:



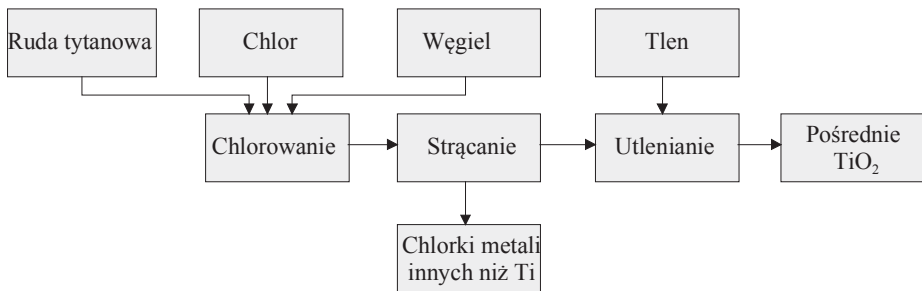
Wytrącony, uwodniony osad jest oddzielany na filtrach, mieszany z rozcieńczonym kwasem siarkowym i poddawany kalcynacji. Otrzymany tlenek tytanu jest poddawany obróbce końcowej polegającej na mieleniu, obróbce powierzchni.

Przebieg procesu otrzymywania bieli tytanowej metodą siarczanową oraz chlorkową przedstawiono na rysunku 3.5. Obrazuje on również metodę obróbki powierzchni pośredniego pigmentu.

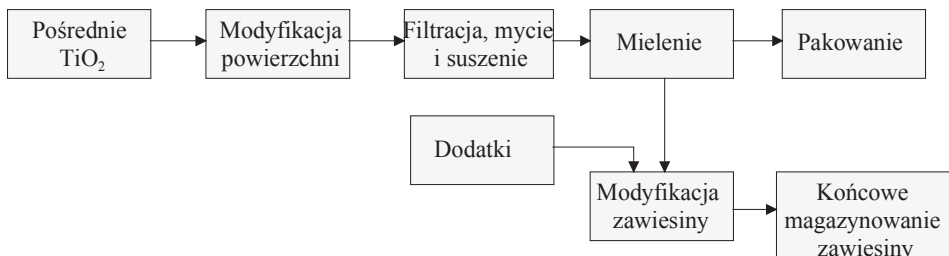
Metoda siarczanowa



Metoda chlorkowa



Obróbka końcowa



Rys. 3.5. Proces otrzymywania pigmentu TiO₂ [50]

W procesie otrzymywania bieli tytanowej powstają odpady stałe, jak też produkty uboczne, które mogą być wykorzystywane przemysłowo [3]. W procesie rozkładu rudy kwasem siarkowym pozostają części nierozpuszczalne, które nie ulegają sulfatyzacji np. krzemionka występująca w rudzie. Po neutralizacji wapnem ilość powstającego odpadu średnio wynosi 307 kg/t TiO_2 . Jest on głównie deponowany na składowiskach. Odpady stałe powstają również przy neutralizacji kwaśnych ścieków zawierających jony siarczanowe. Ilość ich może być różna, w zależności od sposobu wykorzystania odpadowych roztworów. Zgodnie z Reference Document on Best Available Techniques LVIC-S średnia ilość odpadów powstających przy produkcji bieli metodą siarczanową to około 5,5t/t TiO_2 [3]. Odpady te mogą znaleźć przemysłowe zastosowanie jako:

- Biały gips (do płyt ściennych i przemysłu cementowego) i czerwony gips (zastosowanie agrotechniczne). Czerwony gips może być także zastosowany jako czynnik zestalający dla luźnych gleb gliniastych, dla poprawy ich stabilności (np. autostrad, itp.). Czerwony gips zmieszany z organicznym nawozem jest również stosowany do prac związanych z poprawą krajobrazu i wyrównywaniem skutków działalności przemysłowej (rewitalizacja terenów zdegradowanych przyrodniczo), kamieniołomów i innych zanieczyszczonych miejsc,
- Pozostałości z ilmenitu (piasek ilmenitowy) mogą być stosowane jako produkt krzemianowy w przemyśle cementowym i jako wypełniacz do poprawy gruntu.

Przy produkcji bieli tytanowej wytwarzany jest produkt uboczny – siarczan żelaza (II) [3]. Znajduje on zastosowanie w przemyśle chemicznym jako związek redukujący, np. do neutralizacji roztworów cyanków, w przemyśle cementowym służy jako reduktor chromu sześciowartościowego. Od wielu lat stosowany jest do produkcji koagulantów do uzdatniania wody i oczyszczania ścieków, jak również do produkcji pigmentów żelazowych. W rolnictwie używany jest jako mikroelement i składnik mieszanek nawozowych. Przemysł paszowy wykorzystuje go jako składnik dodatków paszowych. Tworzący się kompleks hydroksylowy $\text{TiO}(\text{OH})_2$ znajduje zastosowanie w procesie usuwania NO_x z gazów odlotowych w energetyce, a także w fotokatalitycznych procesach transformacji zanieczyszczeń organicznych [51].

W jedynej polskiej wytwórni bieli tytanowej – Z.Ch. „Police” – stosowana jest metoda siarczanowa opartą na licencji firmy Kronos International. Surowcami tytanonośnymi do produkcji bieli tytanowej są rudy tytanu (ilmenit) i szlaki tytanowe. Proces produkcyjny podzielony jest umownie na dwie części – czarną i białą – na które składa się wiele operacji jednostkowych. Na krajowej instalacji, oprócz produktu głównego, wytwarzane są półprodukty, tj. siarczan żelazawy, siarczan tytanu, zawiesina dwutlenku tytanu oraz generowane są odpady tj. kwas pohydrolityczny i szlam porożładowy surowców tytanonośnych. Odpadowy kwas pohydrolityczny nie jest neutralizowany do gipsów, ale zagospodarowywany w wytwórni nawozów NPK [52].

3.6. Trendy rozwoju technologii produkcji bieli tytanowej

3.6.1. Przegląd doniesień literaturowych (desk research)

Budowa nowej instalacji bieli tytanowej związana jest ze znacznymi kosztami, stąd wprowadzanie nowych technik nie jest procesem szybkim. Wysoka kapitałochłonność i ryzyko związane z utrzymaniem wysokiej jakości produktu powoduje, że wprowadzanie wyników badań uzyskanych w skali pilotowej do produkcji może być istotnie długotrwałe. Również duża konkurencyjność na rynku powoduje bardzo niską wymianę know-how między producentami. Przeprowadzone badania Life Cycle Assessment dla przemysłu bieli tytanowej wykazały, że korzystne w przyszłości dla środowiska i uzasadnione kosztowo działania, dotyczyć będą zużycia energii i wody, prawidłowej, stabilnej pracy instalacji i rozwoju produktów ubocznych. Na rozwój technologii będą miały wpływ działania Komisji Europejskiej w zakresie ochrony zdrowia człowieka jak i środowiska [53]. Trwająca dyskusja nad zmianą BAT dla instalacji produkujących biel tytanową w zakresie emisji zanieczyszczeń do środowiska wymusi na producentach wprowadzenie kosztownych rozwiązań aparaturowych.

Utrzymanie się na rynku dostawców poprzez ciągłe podnoszenie jakości produktów oraz zdobywanie nowych rynków zbytu poprzez poszerzenie asortymentu produktów jest kierunkiem strategicznym dla producentów bieli tytanowej. Działania te wymagają niemałych nakładów inwestycyjnych, szczególnie w obecnej światowej sytuacji gospodarczej. Jeden z europejskich producentów TiO_2 raportuje swoje nakłady na ten cel w wysokości ok. 12-13 mln\$/rok w latach 2008-2010, natomiast na rok 2011 przewidział w swoim budżecie 20 mln\$ [54].

Rozwój technologii produkcji bieli tytanowej związany z nowymi kierunkami w dziedzinie pigmentów, zarówno w pracach badawczych jak i technologicznych, jest skoncentrowany w trzech obszarach:

- poprawa właściwości istniejących pigmentów,
- rozszerzenie asortymentu i zakresu stosowania preparacji pigmentowych,
- wprowadzenie nanocząstek.

Główną przyczyną dużego zainteresowania zastosowaniem nanocząstek jest możliwość poprawy właściwości powłok, a tym samym odporności na korozję oraz właściwości mechanicznych. Częsteczki bieli tytanowej o średnicy około 200 nm mają największą wydajność rozpraszania światła, a małe cząstki poniżej 80 nm są doskonałymi absorberami promieniowaniem UV, konkurującymi z organicznymi absorberami i stabilizatorami w super odpornych powłokach. W przeciwieństwie do organicznych substancji nano- TiO_2 nie zużywa się i nie degraduje w czasie eksploatacji powłoki. Wykazuje również właściwości fotokatalityczne. Fotokatalityczna aktywność nano- TiO_2 może być wykorzystana do otrzymywania powłok samoczyszczących i niebrudzących się oraz przeciwmgielnych [55]. Powierzchnia z nano- TiO_2 w obecności UV i wilgoci staje się polarna i umożliwia spontaniczne rozlewanie się wody, tworząc raczej cienką warstwę niż drobne kropelki powodujące zamglenie np. szyb samochodowych.

Nano-cząstki TiO_2 znalazły także zastosowanie w przemyśle kosmetycznym,

przemysłe ceramicznym, w produkcji porcelany. Wprowadzenie cząstek nano-TiO₂ do użytku powszechnego wymaga jednak badań nad ich wpływem na zdrowie człowieka jak i na środowisko. Pojawiają się bowiem doniesienia o ich kancerogennym działaniu [56]. Konieczne jest więc wprowadzenie ram prawnych, które mogą pomóc w rozwoju technologii, przy równoczesnym ograniczaniu ryzyka dla zdrowia człowieka i środowiska naturalnego związanego z wytwarzaniem i stosowaniem cząstek nano-TiO₂.

Przewiduje się, że w najbliższej dekadzie światowe zapotrzebowanie na dwutlenek tytanu będzie wzrastało w tempie 3% na rok, przy czym największy wkład w ten wzrost będą miały kraje azjatyckie, zarówno w zakresie podaży jak i popytu. Szacunki wskazują, że w tym przedziale czasowym swoją produkcję podwoją Chiny osiągając poziom 1Mt/rok [57].

Przyszłość produkcji bieli tytanowej związana jest z modernizacją istniejących metod, bądź też rozwojem nowych idei technologicznych:

- Termochemiczna metoda chlorkowa wykazuje niemały potencjał związany z obniżeniem kosztów produkcji.
- Wciąż badane są możliwości zastosowania na skalę przemysłową metod elektrochemicznych, których zalety wynikają z odpowiednio dobranych operacji jednostkowych tj. bezpośredniej redukcji do TiO₂ oraz prowadzenia elektrolizy *in-situ*.
- Obiecujące wydają się także prace nad metodami wykorzystującymi proces ługowania hydrometalurgicznego, w których możliwe jest obniżenie wskaźnika zużycia surowca (ilmenit), utrzymanie stosunkowo niskiego zużycia energii z gwarancją wysokiej jakości produktu zbywalnego w wielu gałęziach gospodarki.

Zastosowanie w metodzie chlorkowej bezpośredniego hydrometalurgicznego procesu ługowania ilmenitu z etapem oczyszczania poprzez ekstrakcję rozpuszczalnikową daje korzyści ekonomiczne jak i ekologiczne (m.in. poprzez możliwość rozdzielenia tytanu od żelaza i innych zanieczyszczeń pochodzących z surowców o niskiej jakości, pominięcie procesu chlorowania, unikanie tworzenia się strumieni odpadowych). Tego typu modernizacje technologiczne, nie tylko w metodzie chlorkowej, wskazywane są w doniesieniach literaturowych jako rozwojowe i zalecane w produkcji bieli tytanowej.

Aby sprostać licznym wymaganiom postawionym w dokumentach strategicznych jak i normatywach, produkcja bieli tytanowej powinna wpisywać się m.in. w idee zrównoważonego rozwoju. Jedną z nich jest zagospodarowanie odpadów produkcyjnych. W przypadku generowanych w procesie wytwarzania TiO₂ strumieni odpadowych istnieje wiele możliwości ich zagospodarowania. Do najistotniejszych kierunków zaliczyć należy zastosowanie tworzącego się w metodzie siarczanowej – siarczanu żelaza (II) w oczyszczalniach ścieków oraz w stacjach uzdatniania wody jako koagulantu. Znane jest także wykorzystanie siarczanu żelaza (II) w przemyśle cementowym do redukcji chromu. Tworzący się kompleks hydroksylowy TiO(OH)₂

znajduje zastosowanie w procesie usuwania NO_x z gazów odlotowych w energetyce, a także w fotokatalitycznych procesach transformacji zanieczyszczeń organicznych [58].

Źródła danych statystycznych wskazują [59], że od kilku lat produkcja TiO_2 utrzymuje się na stałym poziomie w USA i wynosi ok. 1,23-1,44 mln t/rok. Produkcja europejska osiąga podobne wartości, np. w 2010 roku wynosiła 1,29 mln t. Analiza specyfiki produkcji na przestrzeni kilkunastu lat wskazuje na zwiększenie wytwarzania TiO_2 metodą chlorkową m.in. w USA i Europie Zachodniej, przy zniżkującej metodzie siarczanowej, przy czym w Europie udział produkcji TiO_2 metodą chlorkową stanowi ok. 25% całej produkcji [54, 60]. Biorąc pod uwagę tendencję rozwojową metody chlorkowej należy spodziewać się zmian tego udziału.

3.6.2. Analiza wyników badań ankietowych (ankieta Delphi)

Dane uzyskane w wyniku przeprowadzonej w ramach projektu ankiety typu Delphi pozwalają na wskazanie tendencji w rozwoju technologii produkcji bieli tytanowej. Za pozytywne aspekty trendów rozwoju biorący w ocenie eksperci uznali ustabilizowaną pozycję producentów na rynku krajowym dzięki wieloletniemu doświadczeniu technologicznemu, grupie odbiorców gwarantującej stały i przewidywalny rynek zbytu. Wykształcona i stabilna kadra wzmocniona krajowym potencjałem badawczo-rozwojowym daje szanse dla dalszego rozwoju technologii wytwarzania bieli tytanowej. Zagrożeniem dla niej są zaostrzające się wymagania prawne dotyczące korzystania ze środowiska, konkurencja ze strony krajów rozwijających się (nowe instalacje produkcyjne o niższym reżimie środowiskowym). Wyzwaniem dla tej technologii wydaje się wdrażanie nowych, innowacyjnych rozwiązań podyktowane między innymi zaostrzaniem prawa środowiskowego w Unii Europejskiej.

Poniżej przytoczono niektóre z wypowiedzi ekspertów związane z przyszłością produkcji bieli tytanowej:

- Obecna technologia jest silnie odpadowa ze względu na rodzaj surowca, ewentualne zmniejszenie odpadów wyniknie z intensyfikacji produkcji po istotnej poprawie procesów wydzielania, sterowania i innych modernizacjach inżynierskich, w tym systemu sterowania.
- Odpady z produkcji bieli tytanowej są wykorzystywane w znaczącym procencie, dalsze badania w tym kierunku winny doprowadzić do całkowitego ich zagospodarowania, co definiują nowe zapisy prawne.
- W kraju wykorzystuje się odpadowy kwas siarkowy, a ponadto produkuje siarczan żelaza wykorzystywany jako flokulant w oczyszczalniach ścieków; aktualny BAT wskazuje na możliwość wytwarzania pigmentów żelazowych i zastosowania rolnicze,
- Siarczan żelaza to surowiec, nie odpad.
- Zbilansowanie podaży i popytu odpadów z produkcji TiO_2 wymaga poprawy cech fizykochemicznych (skład chemiczny, właściwości granulometryczne).

- Należy obawiać się zagrożeń związanych z rozmiarami cząstek nowych pigmentów, obecnie preferuje się pigmenty o jak najmniejszych cząstkach, a to powoduje zagrożenie dla zdrowia zarówno pracowników jak i otoczenia; wprowadzenie cząstek nano-TiO₂ do użytku powszechnego wymaga badań nad ich wpływem na zdrowie człowieka jak i na środowisko, gdyż pojawiają się doniesienia o ich kancerogennym działaniu.
- Konieczne jest więc wprowadzenie ram prawnych, które mogą pomóc w rozwoju technologii, przy równoczesnym ograniczaniu ryzyka dla zdrowia człowieka i środowiska naturalnego związanego z wytwarzaniem i stosowaniem cząstek nano-TiO₂.

3.7. Technologie produkcji kwasu siarkowego

3.7.1. Stan technologiczny

Polska pozostaje nadal jednym z większych producentów kwasu siarkowego o ustabilizowanej produkcji wynoszącej około 2 mln MH t/rok [61]. Istniejący potencjał produkcyjny jest większy, a jego zdolność może osiągać około 2,5 mln MH t/rok (tabela 3.3.), głównie za sprawą Z.Ch. „Police”. O wielkości produkcji kwasu decyduje popyt na nawozy mineralne – główne zastosowanie kwasu.

Tabela 3.3. Charakterystyka krajowego potencjału produkcji kwasu siarkowego

Zakład	Wydajność tys. MH t/rok	Technologia	Surowiec
Instalacje typu siarkowego			
Z.Ch. „Police”	1100	DK/DA	S
SIARKOPOL Tarnobrzeg	100	DK/DA	S
GZNF Gdańsk	100	PK/PA	S
ZA „Tarnów”	120	DK/DA	S
ZA „Puławy”	120	DK/DA	S
Σ	1540		
Instalacje typu metalurgicznego			
HM „Głogów”	220	DK/DA	ruda Cu
HM „Głogów”	200	DK/DA	ruda Cu
HM „Legnica”	160	PK/PA	ruda Cu
ZGH „Bolesław”	160	DK/DA	ruda Zn
Σ	740		
Instalacje typu mokrej katalizy			
ZK Zdzeszowice	30	PK/PA	H ₂ S
ZK Przyjaźń	90	PK/PA	H ₂ S
Σ	120		

W Polsce kwas siarkowy produkuje się w trzech typach fabryk, definiujących jednocześnie źródła przerabianego ditlenku siarki [62]. Są to instalacje typu:

1. *Siarkowego*. Przerabiają gaz zawierający SO_2 powstały ze spalania siarki. Parametry przerabianego gazu w zakresie natężenia przepływu i stężenia SO_2 są stabilne. Temperatura gazu kierowanego do aparatu kontaktowego może być regulowana w zakresach powyżej temperatury zapłonu katalizatora. Stężenie SO_2 w gazie można regulować ilością spalanej siarki w zakresy dające gwarancję autotermicznego przebiegu procesu. Zawartość tlenu w gazie jest funkcją ilości spalanej siarki i jest na tyle wysoka, że nie powoduje ograniczeń kinetycznych w procesie utleniania SO_2 . Instalacje tego typu pracują stabilnie. Technika preferowaną przez BAT jest technologia dwustopniowa DK/DA. Fabryki są zlokalizowane na terenach zakładów nawozowych, a kwas jest wykorzystywany w całości na potrzeby produkcyjne tych zakładów,
2. *Metalurgicznego*. Przerabiają SO_2 powstały z wyprężenia siarczkowych rud metali nieżelaznych. Parametry przerabianego gazu w zakresie natężenia przepływu i stężenia SO_2 zależą od technologii pirometalurgicznego przerobu koncentratu i zazwyczaj są mało stabilne. Stężenie SO_2 w gazie jest wartością wynikową zaciągu powietrza niezbędnego do dokonania korekty stężenia O_2 , którego zawartość w gazie nie jest funkcją zależną od stechiometrii prażenia rud siarczkowych, a wyłącznie wynika z wymogów topu metalu. Powoduje to znaczne ograniczenia kinetyczne procesu utleniania ditlenku siarki i wyższą emisję związków siarki. Temperatura gazu kierowanego do aparatu kontaktowego jest znacznie niższa od temperatury zapłonu katalizatora i wynosi od 60 do 120°C. Gaz musi być podgrzewany częścią ciepła z procesu utleniania SO_2 , co niekiedy powoduje utratę autotermiczności procesu i wzrost emisji związków siarki. Instalacje nie pracują stabilnie, przy liczbie postojów dużo większej jak w instalacjach typu siarkowego – wzrost emisji chwilowej. Technika preferowaną przez BAT jest technologia dwustopniowa DK/DA, a w przypadku niskiego i wahającego się stężenia SO_2 dopuszcza się do stosowania technologii jednostopniową PK/PA z utylizacją SO_2 z gazów odlotowych. Fabryki są zlokalizowane na terenach hut miedzi, cynku i ołowiu i stanowią obiekty sanitarne, których praca jest całkowicie zależna od pracy części metalurgicznej. Produkowany kwas jest w całości zbywany,
3. *Mokrej katalizy*. Instalacje przerabiają gaz powstały po zgazowaniu węgla. Parametry przerabianego gazu w zakresie natężenia przepływu, stężenia SO_2 nie są stabilne i zależą od cykli pracy baterii koksowniczych. Stężenie SO_2 w gazie wynika z zawartości siarczku diwodoru i nie jest wysokie, przy wysokiej zawartości tlenu wynikającej z koniecznego jego nadmiaru do pełnego spalania siarczku diwodoru. Temperatura gazu kierowanego do aparatu kontaktowego jest regulowana i może być wyższa od temperatury zapłonu katalizatora. Charakterystyką przerabianego gazu jest bardzo duża zawartość wilgoci,

która powoduje wzrost zagrożenia korozyjnego i przyspieszoną dezaktywację katalizatora – większa emisja związków siarki. Instalacje nie pracują stabilnie. Technika wskazana przez BAT do stosowania jest technologia PK/PA. Fabryki są zlokalizowane na terenach zakładów koksowniczych i stanowią obiekty sanitarne, których praca jest całkowicie zależna od pracy baterii koksowniczych. Produkowany kwas jest w całości zbywany, przy czym instalacje te zmieniają sposób utylizacji SO_2 .

W ostatnich dziesięcioleciach dokonano w Polsce olbrzymiego postępu w produkcji kwasu siarkowego w wyniku wdrażania nowych rozwiązań technologicznych prowadzących do zmian metod i technologii produkcji kwasu oraz zmniejszania emisji związków siarki i ilości szkodliwych depozytów [63]. Kierując się wymaganiami społecznymi wdrażano nowe rozwiązania w zakresie aparaturowo – materiałowym ograniczając skutki oddziaływania tej produkcji na środowisko. Większość fabryk stosuje technologię DK/DA i tylko dwie fabryki stosują technologię PK/PA z utylizacją SO_2 z gazów odlotowych.

Technologia produkcji kwasu siarkowego jest obecnie dobrze poznana, a jej dalsze udoskonalanie staje się coraz trudniejsze ze względu na konieczność wiązania jej z regułami ekonomii (minimalizacja kosztów inwestycyjno – eksploatacyjnych) i wymogami w zakresie ochrony środowiska. Wejście Polski do Unii Europejskiej pociągnęło za sobą konieczność wskazania sposobów ograniczenia lub wyeliminowania odpadów. To także konieczność dostosowania technik produkcji kwasu siarkowego do technik BAT pozwalających minimalizować skutki tej produkcji dla środowiska naturalnego [64, 65].

3.8. Trendy rozwoju technologii produkcji kwasu siarkowego

Europejskie Stowarzyszenie Producentów Kwasu Siarkowego zaleca dalszy rozwój technik prowadzących do udoskonalenia procesów technologicznych i unowocześnienia fabryk kwasu siarkowego, uznając tym samym, że produkcja tego masowego produktu chemicznego nie będzie przez najbliższych kilkadziesiąt lat niczym zagrożona. To przekonanie wynika także z faktu możliwości przerobu bardzo dużych objętości gazu często o niestabilnych parametrach powstających w innych procesach produkcyjnych dla których fabryki kwasu siarkowego spełniają rolę instalacji sanitarnych.

W oparciu o posiadaną wiedzę, ocenę dokonanego postępu oraz wymagania stawiane w zakresie ochrony środowiska, można wyznaczyć na najbliższe 20 lat trzy podstawowe kierunki rozwoju technologii produkcji kwasu siarkowego w zakresie zmniejszenia negatywnego oddziaływania tej produkcji na środowisko.

3.8.1. Zmniejszenie ilości odpadów ciekłych i ich ekologicznie bezpieczna stabilizacja

Wzrost wymogów w zakresie ochrony środowiska i nakładane kary wymuszają konieczność poszukiwań nowych rozwiązań, które powinny pójść w kierunkach:

- Zmian w procesie pirometalurgicznego przerobu rud metali nieżelaznych uniemożliwiających lub znacznie ograniczających powstawanie tritlenku siarki. Pozwoli to zmniejszyć ilość odpadowych kwasów płuczkowych.
- Zmian w procesie pirometalurgicznego przerobu rud metali nieżelaznych uniemożliwiających powstawanie kwasu nitrozylosiarkowego będącego wtórnym źródłem emisji związków siarki i azotu. Pozwoli to zwiększyć bezpieczeństwo procesowe i zmniejszyć emisję związków siarki i azotu do atmosfery pochodzących z rozkładu kwasu nitrozylosiarkowego.
- Poprawy skuteczności usuwania związków fluoru i chloru poprzez zastosowanie metod selektywnych. Zwiększy to bezpieczeństwo procesu i spowoduje zmniejszenie emisji związków siarki do atmosfery.
- Stosowanie metod i urządzeń pozwalających zwiększyć stężenie roztworu kwasu myjącego. Pozwoli to zwiększyć skuteczność wymywania zanieczyszczeń metalicznych i zmniejszyć ilości odpadów ciekłych.
- Skuteczniejszych metod utylizacji kwasów odpadowych, polegających na trwałym wytrącaniu zanieczyszczeń metalicznych oraz neutralizacji roztworu kwasu pozbawionego tych zanieczyszczeń.

Zanieczyszczenia metaliczne z kwasów odpadowych są stabilizowane wysokim pH. Z czasem następuje jednak systematyczne zakwaszanie tych składowisk (między innymi w wyniku emisji związków siarki – emisja kwaśna), w efekcie czego następuje powolny wzrost mobilności metali ciężkich i ich bardzo szkodliwa infiltracja środowiskowa.

Przy poszukiwaniu nowych sposobów stabilizacji chemicznej tych odpadów należy uwzględnić zawartość w nich pewnej ilości SO_2 i wykorzystać ten fakt przy opracowywaniu technologii skutecznego stabilizowania chemicznego metali ciężkich.

3.8.2. Zmniejszenie ilości odpadów stałych

Badania nad zmniejszeniem ilości odpadów stałych powinny w najbliższym dziesięcioleciu pójść w dwóch kierunkach:

- kompleksowego zagospodarowania tych odpadów,
- w kierunku fazowych układów niskotemperaturowych mniej wrażliwych na zmiany struktury i tekstury pod wpływem pracy w warunkach przemysłowych gwarantujących wysoką i stabilną aktywność katalityczną, a więc w kierunku innym niż wskazywany w BAT katalizator modyfikowany cezem.

Oferowanych jest szereg metod odzyskiwania składników fazy aktywnej, a w ostatnim okresie w Polsce opracowana została metoda kompleksowego ich zagospodarowania będąca ekonomicznie uzasadnioną wizją przyszłościową [66]. Prace nad kompleksowym zagospodarowaniem tych odpadów muszą być kontynuowane ponieważ odzysk wanadu ze zużytych katalizatorów jest procesem złożonym i trudnym do realizacji przemysłowej ze względu na występowanie wanadu na różnym stopniu utleniania w postaci związków chemicznych o różnych i odmiennych właściwościach. Trudność w rozwiązaniu tego problemu jest związana także z obecnością żelaza

we wszystkich tego typu odpadach. Żelazo występuje w postaci różnych połączeń z wanadem i potasem (typu $K_3Me(SO_4)_3$ i $KMe(SO_4)_2$ gdzie $Me=V, Fe$), przy czym temperatura ich topnienia wzrasta ze wzrostem udziału molowego żelaza w cząsteczce.

Dlatego badania nad kompleksowym zagospodarowaniem odpadowego katalizatora powinny uwzględniać odzysk składników fazy aktywnej i nośnika w postaci użytecznych produktów lub nieszkodliwych depozytów. Katalizatory zawierające zanieczyszczenia metaliczne powinny być poddane przeróbce specjalnymi metodami lub poddane zagospodarowaniu w sposób pozwalający na ekologicznie bezpieczne deponowanie tych odpadów w środowisku. Razem z tymi odpadami powinny być zagospodarowane odpady powstałe z odzysku wanadu. W ten sposób rozwiązany zostanie problem usunięcia z roztworów poreakcyjnych resztek wanadu lub metali ciężkich.

Nie może być mowy o ponownym, bezpośrednim wykorzystaniu zużytych katalizatorów do produkcji świeżej masy wanadowej, chociaż ten kierunek był podejmowany [67, 68]. Wskazane jest natomiast ich odzyskanie w postaci czystej z przeznaczeniem do produkcji świeżego katalizatora.

Drugi kierunek poszukiwania rozwiązań powinien prowadzić do radykalnych zmian właściwości katalitycznych katalizatorów lub mechanizmu utleniania poprzez między innymi wykorzystanie właściwości niektórych substancji chemicznych. Nowe możliwości w zakresie katalizatorów do utleniania SO_2 będą najprawdopodobniej związane ze zmianą ich struktury i tekstury i muszą doprowadzić do obniżenia temperatury zapłonu, zmiany struktury geometrycznej centrów aktywnych lub klastrów powierzchniowych oraz modyfikacji centrów aktywnych w kierunku poprawy warunków transportu tlenu między reagentami. Stan wiedzy w zakresie katalizy przemysłowej pozwala oczekiwać takich rozwiązań.

Kierunek ten może stać się podstawą zmian rewolucyjnych w katalizie przemysłowej. Wdrożenie nowego typu katalizatorów poprawi ekonomikę procesu i ustabilizuje na niskim poziomie wielkość emisji ditlenku siarki i częściowo tritlenku siarki w wydłużanych cyklach produkcyjnych.

3.8.3. Zmniejszenie ilości odpadów gazowych

W zakresie zmniejszenia ilości odpadów gazowych z fabryk kwasu siarkowego badania powinny pójść w następujących głównych kierunkach:

- zmiany technologii,
- autotermiczności procesu,
- optymalizacji parametrów pracy w wydłużanych cyklach produkcyjnych.

Zmiana technologii jest uznana przez BAT za właściwą drogę zmniejszenia emisji ditlenku siarki do atmosfery. Technologią przyszłości będzie technologia trzystopniowa TK/TA opracowana w Polsce [69]. Technologia pozwala zwiększyć wydajność procesu utleniania SO_2 do 99,99% przy stężeniu SO_2 w gazie 11-13%, a wielkość emisji związków siarki jest stabilna niezależnie od długości cyklu produkcyjnego i około 40 razy mniejsza (50ppm) w stosunku do możliwości technologii DK/DA.

Wskaźnik zużycia siarki wynosi zaledwie 327 kg/t MH, a wskaźnik ilości katalizatora 160-180 dm³/t MH*24h. Atrakcyjność tego rozwiązania wynika z bardzo dużych korzyści ekonomicznych (zmniejszenie gabarytów instalacji, energii przetłaczania gazu itp.) oraz ekologicznych. Technologia ta umożliwia także intensyfikację produkcji kwasu bez przekroczenia dopuszczalnych norm emisyjnych. Jest szczególnie atrakcyjną propozycją dla instalacji typu metalurgicznego, gdyż pozwala zmniejszyć gabaryty poszczególnych aparatów i gazociągów, zwiększyć wskaźniki odzysku siarki i zużycia energii, zminimalizować koszty budowy komina przy równoczesnej intensyfikacji części ogniowej (wzrost produkcji metalu). Obecnie istnieją podstawy do jej wdrożenia w tych instalacjach.

Opracowane w Polsce rozwiązanie wyprzedza standardy technologiczne zawarte w BAT i powinno stać się techniką preferowaną do stosowania we wszystkich typach instalacji pracujących przy wyższych obciążeniach gazowym SO₂. Wdrożenie technologii TK/TA w instalacjach typu metalurgicznego wiązać się będzie z koniecznością podjęcia dodatkowych badań.

Bardzo ważnym zagadnieniem jest projektowanie autotermicznych układów węzła kontaktowo – absorpcyjnego dla fabryk kwasu siarkowego typu metalurgicznego, w których stężenie SO₂ w przerabianym gazie jest determinowane stosowaną technologią przerobu koncentratu. Autotermiczność procesu decyduje w dużym stopniu o możliwości zmniejszenia wielkości emisji związków siarki. Konsekwencją utraty autotermiczności jest zawsze wzrost emisji. Głównie dotyczy to instalacji typu metalurgicznego, w których stężenie SO₂ w gazie kierowanym do fabryki kwasu siarkowego jest małe i limitowane różnymi czynnikami niezależnymi od realizowanej technologii. Zastosowanie w tych instalacjach technologii wielostopniowej wymaga precyzyjnego, jednocześnie elastycznego, międzystopniowego rozdziału ciepła procesowego z wykorzystaniem wszystkich istniejących rezerw i maksymalnym wyeliminowaniem strat ciepła. Rozwiązanie tego problemu w instalacjach typu metalurgicznego jest zawsze trudne i wymaga dalszych badań. Należy opracować koncepcje pozwalające na bardziej optymalny międzypółkowy rozdział ciepła poprzez wykorzystanie dynamicznego układu kinetycznego jaki istnieje pomiędzy I i II półką aparatu kontaktowego jednak dla technologii DK/DA [70]. Rozwiązanie to przewyższa techniki BAT, a jego zastosowanie daje dodatkowe korzyści ekonomiczne. Możliwe są inne rozwiązania aplikacyjne tej koncepcji. Pierwsze polegać powinno na kontrolowanym zwiększeniu ilości katalizatora na II półce i stworzeniu możliwości przejmowania obciążenia z I półki. To rozwiązanie nie wymaga żadnej przeróbki węzła kontaktowego, jest jednak najmniej efektywne. Drugie rozwiązanie może polegać na kontrolowanym przekazywaniu obciążenia na II półkę aparatu kontaktowego. Wymaga ono jednak zmiany w obiegu gazu na aparacie kontaktowym. Zaletą tego rozwiązania jest ilość wymienników ciepła po I półce. Wadą jest natomiast elastyczność dynamicznego układu kinetycznego.

Trzecim kierunkiem pozwalającym zmniejszyć emisję związków siarki jest optymalizacja parametrów pracy instalacji [71]. Ten kierunek jest szczególnie ważny ze

względem na tendencję do wydłużania cykli produkcyjnych. Niebezpieczeństwo związane z wydłużeniem cyklu polega na odstępstwach od optymalnych parametrów pracy węzła kontaktowo – absorpcyjnego, niekiedy w zakresy uniemożliwiające przywrócenie wartości optymalnych. Odstępstwa od parametrów optymalnych, następujące z biegiem czasu trwania cyklu produkcyjnego, powodują zawsze zaburzenia procesu i związane z tym wzrost emisji związków siarki. W konsekwencji może także dojść do utraty autotermiczności procesu, z czym związany jest dalszy wzrost emisji i pogorszenie wskaźników opłacalności produkcji kwasu. Bez optymalizacji procesu w całym cyklu produkcyjnym nie jest możliwe zmniejszenie średniorocznej emisji SO_2 . Istotny wpływ na wielkość emisji związków siarki ma przyjęta koncepcja układu technologicznego węzła kontaktowo – absorpcyjnego. Dlatego stosowanie optymalnych parametrów pracy instalacji jest warunkiem koniecznym do uzyskiwania wysokiej wydajności procesu utleniania SO_2 i absorpcji SO_3 .

Muszą zostać wdrożone inne niż wyznaczone w BAT techniki optymalizacyjne. Technika optymalizacyjną zalecaną przez BAT jest zastosowanie katalizatora cezowego na pierwszej i ostatniej półce aparatu kontaktowego. Wadą tej techniki jest bardzo wysoki koszt katalizatora cezowego i brak gwarancji utrzymania właściwości katalitycznych ze wzrostem czasu wprowadzania do fazy aktywnej związków żelaza.

Nowa technika optymalizacji parametrów pracy węzła kontaktowo – absorpcyjnego pozwalająca minimalizować i stabilizować wielkość emisji związków siarki w całym cyklu produkcyjnym powinna polegać na:

- określeniu rzeczywistej szybkości reakcji utleniania SO_2 na stosowanym katalizatorze,
- określeniu rzeczywistych możliwości wymiany ciepła w poszczególnych wymiennikach ciepła,
- obliczeniu rozkładu masy wanadowej gwarantującego uzyskanie założonych parametrów dla stosowanego obciążenia i uwzględniającego możliwości wymiany ciepła,
- ustaleniu przedziałów temperaturowych pracy poszczególnych półek gwarantujących utrzymanie autotermiczności procesu w cyklu produkcyjnym,
- nadzorze nad pracą instalacji w cyklu produkcyjnym i weryfikacji zastosowanych rozwiązań.

Efektem optymalizacji parametrów procesu produkcji kwasu siarkowego jest możliwość wydłużenia cykli produkcyjnych do nawet 4 lat bez postępu przy równoczesnej stabilizacji wielkości emisji związków siarki do atmosfery.

3.8.4. Analiza szans i zagrożeń dla technologii produkcji kwasu siarkowego

Analizując w ostatnich kilkudziesięciu latach znaczenie kwasu siarkowego dla gospodarki i strategię rozwoju można stwierdzić, że produkcja ta nie będzie zagrożona likwidacją przez najbliższych kilkadziesiąt lat. Dominacja tej techniki wynika z możliwości przerobu bardzo dużych objętości gazów (kilkadziesiąt tysięcy Nm^3/h)

zawierających kilkanaście procent ditlenku siarki przy zmiennych parametrach gazu. Takich możliwości nie daje żadna inna znana technika przy rosnących wymaganiach w zakresie ochrony środowiska.

Analiza prowadzonych przez ośrodki badawcze badań nie wskazuje na możliwość pojawienia się alternatywnej metody produkcji dużych objętości kwasu siarkowego pokrywających zapotrzebowanie przemysłu nawozów sztucznych czy skutecznego przerobu ditlenku siarki z innych procesów technologicznych.

Nie można wykluczyć przejścia dominacji masowej przez kwas wytwarzany w instalacjach typu metalurgicznego ze względu na ich sanitarny charakter, a instalacje typu siarkowego mogą stać się uzupełniającymi do wymaganego zapotrzebowania. Należy pamiętać, że produkcja kwasu siarkowego z siarki jest źródłem taniego ciepła dla innych procesów technologicznych realizowanych w danych zakładach. Dlatego problem zmiany obowiązującej strategii jest i będzie bardzo trudny, chociaż uzasadniony.

Niezależnie od raczej pewnych gwarancji istnienia, przed tą dziedziną przemysłu chemicznego nieorganicznego stoją wyzwania związane z koniecznością sprostania wymaganiom stawianym w zakresie ekologii. Konieczne będą badania nad opracowaniem rozwiązań umożliwiających dalszy rozwój technologiczno – techniczny fabryk kwasu siarkowego w kierunku zgodnym z obowiązującym ustawodawstwa w zakresie odpadów chemicznych.

Muszą być kontynuowane badania nad optymalizacją procesów jednostkowych minimalizujące oddziaływanie tej produkcji na środowisko.

Muszą być podjęte badania nad zastosowaniem nowych, niskoemisyjnych technik produkcji kwasu siarkowego pozwalających na zmniejszenie gabarytów fabryk.

Muszą być podjęte badania nad nową generacją katalizatorów do utleniania SO_2 charakteryzującymi się znacznie niższą temperaturą zapłonu i większymi szybkościami reakcji charakteryzującymi się dużą stabilnością właściwości i dużą żywotnością.

3.8.5. Podsumowanie

Stosowane w Polsce technologie produkcji kwasu siarkowego są zgodne z wymogami BAT, a branża jest właściwie przygotowana i spełnia wymogi obowiązującego ustawodawstwa.

Produkcja kwasu siarkowego nie będzie przez najbliższych kilkadziesiąt lat zagrożona ze względu na masowy popyt do produkcji nawozów sztucznych, a także z powodu przerobu dużych objętości gazu o niestabilnych parametrach powstających przy produkcji metali żelaznych z rud siarczkowych i produkcji koksu.

W produkcji kwasu siarkowego powstają odpady ciekłe, stałe i gazowe, a ich ilość i rodzaj zależą od typu instalacji, wielkości produkcji kwasu, stosowanej technologii, możliwości zapewnienia optymalnych parametrów pracy instalacji w cyklu produkcyjnym oraz skuteczności stosowanych urządzeń wspomagających.

Stosowane są techniki pozwalające ograniczać wielkość odpadów oraz stabilizować bądź utylizować te odpady w sposób ograniczający ich negatywny wpływ na środowisko

zgodnie z obowiązującym ustawodawstwem.

Konieczny będzie dalszy rozwój tej branży prowadzący do ograniczenia negatywnego oddziaływania tej produkcji na środowisko i poprawy wskaźników ekonomicznych produkcji kwasu siarkowego.

Wskazane zostały kierunki koniecznych badań prowadzące do zmniejszenia ilości generowanych odpadów i poprawy poziomu technologiczno – technicznego tego przemysłu.

Realizacja wyznaczonych kierunków badawczych pozwoli na poprawę stanu środowiska objętego oddziaływaniem tych zakładów, co stworzy możliwości jego bezpiecznego wykorzystywania.

Literatura

1. Technology Roadmap for New Process Chemistry 2001, [online], [dostęp: 30 października 2011]. http://www.chemicalvision2020.org/pdfs/new_chemistry_roadmap.pdf
2. Biskupski A., Górecki H., Gabryel H. *Kwas fosforowy*. W: Najlepsze Dostępne Techniki (BAT), Wytyczne dla Branży Chemicznej w Polsce, Przemysł Wielkotonażowy Chemikaliów Nieorganicznych, Amoniak, Kwasów i Nawozów Sztucznych (rozdz.5.4), Warszawa, Ministerstwo Środowiska, 2005, [online], [dostęp: 15 listopada 2011]. <http://www.pipc.org.pl/ida/29>
3. Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals – Solids and Others Industry, August, 2007, [online], [dostęp: 9 listopada 2011]. http://ftp.jrc.es/eippcb/doc/lvic_bref_0907.pdf
4. Folek, S., Kopytowski, J., Tomanek, G. Walawska, B., *Manufacturing NPK Fertilizers by modified wasteless Odda process*, Polish Journal of Chemical Technology 2001, vol. 3, nr 4, s. 3-5
5. *Phosphates*, [online], [dostęp: 9 listopada 2011]. <http://www.intfx.com/wiki/Phosphate>
6. *Phosphate rock*, W: U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, Styczeń, 2010, [online], [dostęp: 7 listopada 2011]. http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/phosphate_rock/mcs-2011-phosp.pdf
7. Hoffmann K., Skut J., Hoffmann J. *Perspektywy wykorzystania surowców fosforowych o niskiej zawartości P_2O_5 w procesie produkcji preparatów nawozowych typu PAPR*, W: Zrównoważona produkcja i konsumpcja surowców mineralnych. Kraków: Wydawnictwo IGSMiE PAN, 2011, ISBN 978-83-60195-79-6, s. 33-43
8. Van Vuuren D.P., Bouwman, A.F, Beusen, A.H.W. *Phosphorus demand and for the 1970-2100 period: A scenario analysis of resource depletion*, Global Environmental Change 2010, nr 20, s. 428-439
9. Herring, J.R., Fantel, R.J. *Phosphate rock demand into the next century: impact*

- on world food supply*, Natural Resources Research 1993, nr 2, s. 226-246
10. Rozporządzenie (WE) nr 2003/2003 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 13 października 2003 r. sprawie nawozów, [online], [dostęp: 3 listopada 2011]. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:13:32:32003R2003:pl:pdf>
 11. *Phosphate rock*, W: U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2010, [online], [dostęp: 7 listopada 2011]. http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/phosphate_rock/mcs-2011-phosp.pdf
 12. Vaccari D.A. *Phosphorus: A Looming*, W: Scientific American 2009, s. 54-59, [on-line], [dostęp: 3 listopada 2011]. <http://comste.gov.ph/images/files/Phosphorus-looming%20Crisis.pdf>
 13. Górecki H. *Proekologiczne rozwiązania w produkcji i stosowaniu fosforanów*, Mat. konf. Techniczne i środowiskowe aspekty wytwarzania i stosowania trójpolfosforanu sodu, Wrocław, 28-29.11.2000
 14. Steen I. *Phosphorus availability in the 21st century Management of a non-renewable resource*, Phosphorus&Potassium 1998, nr 217, s. 9-10
 15. Fielding D. *The phosphates industry's editorial*, Scope Newsletter 2001, nr 41, s. 3
 16. Wzorek Z. *Odzysk związków fosforu z termicznie przetworzonych odpadów i ich zastosowanie jako substytutu naturalnych surowców fosforowych*, „Inżynieria i technologia chemiczna” Monografia 356 Politechniki Krakowskiej, Kraków: PK, 2008
 17. Maurer M., Schwegler P., Larsen T.A. *Nutrients in urine: energetic aspects of removal and recovery*, Water Science and Technology 2003, nr 1, s. 37-46
 18. Jonsson H. *Urine separating sewage systems-environmental effects and resource usage*, Water Science&Technology 2002, nr 6-7, s. 333-340
 19. *Fertilizer Europe –2010 Annual Overview*, [on-line], [dostęp: 25 października 2011]. http://www.efma.org/documents/file/Fertilisers%20AR_V12%5B1%5D.pdf
 20. Kirk-Othmer, *Encyclopedia of Chemical Technology*, online, ISBN:9780471238966, DOI:10.1002/0471238966
 21. Mineral Commodity, Summaries 2011, [online], [dostęp 8 listopada 2011] <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2011/mcs2011.pdf>
 22. Minerals Yearbook, Soda Ash [advance release], [online], [dostęp 17 listopada 2011] http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/soda_ash/myb1-2010-sodaa.pdf
 23. Global Soda Ash Service, 15 marzec, 2011, Summary, nr 32, [online], [dostęp 8 listopada 2011] http://www.cmaiglobal.com/Marketing/Samples/SAS_Summary.pdf
 24. Proposed new baseline and monitoring methodologies, Version 03.1, [online], [dostęp 8.10.2011]. <https://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/>

XSM8DNKIBV34E2HOA179UQY6JWTZLP

25. Statement of ANSAC (American Natural Soda Ash Corporation) on China's Trade and Industrial Policies before The Committee on Ways and Means United States House of Representatives, 16 czerwiec, 2010, [online], [dostęp 17.11.2011] http://democrats.waysandmeans.house.gov/media/pdf/111/2010Jun16_AmericanNaturalSodaAshCorporation_Submission.pdf
26. Miyata T., *Soda ash production in Japan and the new Asahi process*, Chemistry and Industry 1983, nr 4, s. 142-145
27. Abdel-Aal, H. K. Ibrahim A. A., Shalabi M. A., and Al-Harbi D. K., *Chemical Separation Process for Highly Saline Water. 1. Parametric Experimental Investigation*, Ind. Eng. Chem. Res. 1996, nr 35, s. 799-804
28. Petersen G., Viviani D., Magrini-Bair K., Kelly S., Moens L., Shepherd P., DuBois D., *Nongovernmental valorization of carbon dioxide*, Science of the Total Environment 2005, nr 338, s. 159-182
29. Wasąg T., Wasąg T., G. Poleszczuk. *Zastosowanie amin do produkcji węglanów alkalicznych, cz.I Potaż*, Chemik 1976, 29, nr 9, s. 293-297
30. Wasąg T., Wasąg T., *Zastosowanie amin do produkcji węglanów alkalicznych, cz.II Soda*, Chemik 1976, 29, nr 10, s. 332-333.
31. Kosswing K., v.Praun F., *Sodium carbonate and hydrogen chloride from chloride and carbonic acid – a new process*, Chemical Economy & Engineering Review 1983, vol. 15, nr. 7-8 (Nr 170), s. 21-24
32. Patent US4337234, Hentschel B.; Ziebarth J., Coenen A., Kosswig K., v. Praun F., *Method for preparing sodium bicarbonate and hydrogen chloride*, 1982
33. Trypuć M., Drużyński S., *Phase diagram for the $NH_4NO_3+NaVO_3+NH_4VO_3+NaNO_3+H_2O$ system at 293 and 303 K*, Ind. Eng. Chem. Res. 2009, nr 15, s. 6937-6942
34. Trypuć M., Drużyński S., *Optymalne parametry precypitacji metawanadanu amonu z ługu pofiltracyjnego pochodzącego z otrzymywania sody z azotanu amonu*, Przemysł Chemiczny 2009, 88, nr 6, s. 722-727
35. Steinhauser G. *Cleaner production in the Solvay Process: general strategies and recent developments*, Journal of Cleaner Production, vol. 16, nr 7, Maj 2008, s. 833-841
36. Soda ash and Calcium Chloride, [dostęp 18 listopada 2011] <http://www.tokuyama.co.jp/eng/company/business/transform/soda.html>
37. US7708972, Country F., Hanse M., *Method for obtaining sodium carbonate crystals*, 2010
38. Kasikowski T., Buczkowski R., Lemanowska E., *Cleaner production in the ammonia-soda industry: an ecological and economic study*, Journal of Environmental Management 2004, nr 73, s. 339-356.
39. Steinhauser G., *Split-Precipitation – An Ecological Alternative In the Purification of Crude Sodium Chloride Brine*, BHM 2005, vol. 150, nr 8, s. 283-286

40. Kasikowski T., Buczkowski R., Cichosz M., Lemanowska E., *Combined distiller waste utilisation and combustion gases desulphurisation method The case study of soda-ash industry*, Resources, Conservation and Recycling 2007, nr 51, s. 665–690
41. Przewodnik Metodyczny – Najlepsze Dostępne Techniki (BAT) Wytyczne dla Branży Chemicznej w Polsce, Część szczegółowa – Wytwarzanie Wielkotonazowych Chemikaliów Nieorganicznych (LVIC-S), Ministerstwo Środowiska Warszawa, grudzień 2004 r., opracowanie niepublikowane
42. Sprawozdanie z działalności CIECH S.A. za 2010 rok, [online], [27 października 2011 r.], http://notowania.pb.pl/files/espi/20110422_141708_0000171365_Report_Roczny_CIECH_S.A._za_2010_rok.pdf
43. Patent US 2010028241, Surendra S., Hydrogen Production and Carbon Sequestration in Coal and Natural Gas-Burning Power Plants, 4 luty, 2010
44. Wesnæs M and B., WesLong-term market reactions to changes in demand for NaOH, 19 październik, 2006, <http://www.lca-net.com/files/naoh.pdf>
45. Haywood H.M., Eyre J.M., Scholes H., *Carbon dioxide sequestration as stable carbonate minerals – environmental barriers*, Environmental Geology 2001, nr 41, s. 11-16
46. Report to European Commission DG ENV.G.1, AEAT/ENV/R/2506 Issue Number 3, December 2007, *Analysis of the simplification of Titanium Dioxide Directive*, AEA Energy&Environment, [online], [dostęp: 23 listopada 2011]. http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/tio2_simplification_report_iss3.pdf
47. Kamińska-Tarnawska E., Zubielewicz M., *Pigmenty*, [online], [dostęp: 25 listopada 2011]. <http://chemical.pl/artykuly/chemical-review/5886/pigmenty.html>
48. Zhang W., Zhu Zchaowu, Cheng Ch., *A literature review of titanium metallurgical processes*, Hydrometallurgy 2011, nr 108, s. 177-188
49. Sahu K.K., Alex T.C., Mishra D., Agrawal A., An overview on the production of pigment grade titania from titania-rich slag, Waste Management & Research, 2006: 24: 74–79, [online] [dostęp: 25 listopada 2011]. <http://wmr.sagepub.com/content/24/1/74.full.pdf>
50. DuPont™ Ti-Pure® titanium dioxide TITANIUM DIOXIDE FOR http://www2.dupont.com/Titanium_Technologies/en_US/tech_info/literature/Coatings/CO_B_H_65969_Coatings_Brochure.pdf
51. Ronde H., *Preliminary mapping guide clean technologies: bulk chemicals*, [online, plik PDF], [dostęp: 24 listopada 2011]. <http://www2.ademe.fr>
52. *Technologia produkcji bieli tytanowej w Policach*, [online, plik PDF], [dostęp: 6 grudnia 2011]. http://www.plastech.pl/wiadomosci/artykul_1787_3/Technologia-produkcji-bieli-tytanowej-w-Policach
53. Report to European Commission DG ENV.G.1, AEAT/ENV/R/2506 Issue Number 3, December 2007, *Analysis of the simplification of Titanium Dioxide*

- Directive*, AEA Energy&Environment, [online], [dostęp: 23 listopada 2011]. http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/tio2_simplification_report_iss3.pdf
54. KRONOS WORLDWIDE INC-FORM 10-K-March 4, 2011, Annual Report, [online], [dostęp: 25 listopada 2011]. http://www.fqs.org/sec-filings/110307/KRONOS-WORLDWIDE-INC_10-K/
55. Osburn L., *A literature review on the application of titanium dioxide reactive surfaces on urban infrastructure for depolluting and selfcleaning application*, [online], [dostęp: 24 listopada 2011]. <http://www.cib2007.com/papers/CIDB2008%20Final%20paper%20No23.pdf>
56. Bird K., *Exposure to nano titanium dioxide could up cancer risk, says study*, [online], [dostęp: 23 listopada, 2011]. <http://www.naturaingredients.com/content/view/>
57. Zhang W., Zhu Zchaowu, Cheng Ch., *A literature review of titanium metallurgical processes*, Hydrometallurgy 2011, nr 108, s. 177-188
58. Ronde H., *Preliminary mapping guide clean technologies: bulk chemicals*, [online, plik PDF], [dostęp: 24 listopada 2011]. <http://www2.ademe.fr>
59. *Titanium dioxide pigment statistics* na portalu United States Geological Survey, [online], [dostęp: 25 listopada 2011]. <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/titaniumdioxide.pdf>
60. *Titanium dioxide*, w IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, vol. 93, s. 194-276, 2010, [online], [dostęp: 25 listopada 2011]. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol93/mono93-7.pdf>
61. Rocznik statystyczny Polski 2009. Warszawa: GUS, 2009
62. Grzesiak P. *Metody i technologie produkcji kwasu siarkowego*. Kwas siarkowy. T.1. Poznań: IOR, 2002. ISBN 83-916204-2-5
63. Grzesiak P. *Rozwój produkcji kwasu siarkowego w Polsce*. Kwas siarkowy. T. 3. Poznań: IOR, 2004. ISBN 83-89867-15-X
64. Grzesiak P. *Najlepsze dostępne techniki w produkcji kwasu siarkowego*. Kwas siarkowy. T. 2. Poznań: IOR, 2004. ISBN 83-916204-7-6
65. Grzesiak P. *Polski przemysł kwasu siarkowego w realiach unii europejskiej*. W: Chemia w zrównoważonym rozwoju. Poznań: PAN, UAM, 2006, ISBN 83-89723-Y, s. 47-53
66. Kompleksowe zagospodarowanie szkodliwych odpadów katalizatora wanadowego stosowanego do utleniania SO_2 . Raport końcowy z realizacji projektu badawczego rozwojowego R0503502, Toruń 2010
67. Grobela M., Grzesiak P., Motała R. *Wpływ żelaza tlenkowego na właściwości i żywotność katalizatora wanadowego do utleniania SO_2* . Przemysł Chemiczny 2010, 89, nr 2, s. 178-182
68. Grzesiak P. Grobela M. *Wpływ żelaza na niektóre właściwości katalizatora wanadowego stosowanego do utleniania SO_2* . Kwas Siarkowy. T. 9. Poznań: IOR, 2007, ISBN 978-83-89867-20-9

69. Grzesiak P. *Nowoczesna technologia produkcji kwasu siarkowego*. Kwas Siarkowy. T. 4. Poznań: IOR, 2005, ISBN 83-89867-20-6
70. Grzesiak P. *Kwas siarkowy – nowe możliwości*. W: Kwas Siarkowy – Nowe Możliwości. Red. Grzesiak P., Schroeder G. Pruszyński S. Poznań: IOR PIB, 2008, ISBN 978-83-89867-30-8, s. 7-24
71. Grzesiak P. *Optymalizacja pracy fabryk kwasu siarkowego typu metalurgicznego pracujących wg technologii PK/PA*. Kwas Siarkowy. T. 7. Poznań: IOR, 2006, ISBN 83-89867-75-3

ROZDZIAŁ 4

TECHNOLOGIE ODZYSKU I UNIESZKODLIWIANIA ODPADÓW NIEORGANICZNYCH

STANISŁAW FOLEK¹, PIOTR GRZESIAK², ANDRZEJ PASZEK¹, BARBARA WALAWSKA¹

4.1. Wprowadzenie

Każdy wytwórca przemysłowych odpadów nieorganicznych wytwarzanych w przemyśle chemicznym podlega obowiązkowi określenia i stosowania gospodarki odpadami, polegającej na stosowaniu procesów odzysku lub unieszkodliwiania. Wykorzystywane są głównie technologie odzysku, pozwalające na przemysłowe wykorzystanie odpadów w całości lub w części, lub odzyskania wydzielonych substancji. W przypadku braku lub ograniczonego rynku na produkty odzysku lub braku uzasadnionej ekonomicznie technologii odzysku, odpady poddawane są w całości lub części procesowi unieszkodliwiania, po których nie stwarzają już zagrożenia dla życia, zdrowia ludzi lub dla środowiska naturalnego.

Odpady nieorganiczne należące do grupy 06 różnią się znacznie składem chemicznym jak i właściwościami, stąd stosowane są różne technologie odzysku lub unieszkodliwiania. Na wybór stosowanej metody gospodarowania odpadami ma również wpływ ich ilość wytwarzana np. w ciągu roku. Ilości wytwarzanych w Polsce odpadów z grupy 06 zostały szczegółowo omówione w rozdziale 2 i ujęte sumarycznie w tabelach 2.1. i 2.2. zawierające dane z lat 2004-2010 dla 27 zakładów przemysłowych wytwarzających największe ilości tej grupy odpadów. Najwięcej w tej grupie jest odpadów z produkcji związków fosforu, w tym odpadów o kodach 06 09 80 (fosfogipsy) oraz 06 09 81 (fosfogipsy wymieszane z żużłami, popiołami paleniskowymi i pyłami z kotłów (z wyłączeniem pyłów z kotłów wymienionych w 10 01 04). Również znaczące są ilości odpadów o kodach 06 05 03 (osady z zakładowych oczyszczalni ścieków inne niż wymienione w 06 05 02), 06 11 83 (odpadowy siarczan żelazowy) oraz 06 01 01* (kwas siarkowy i siarkawy).

Odpady grupy 06 przede wszystkim są poddawane procesowi unieszkodliwiania, w latach 2008-2010 było to 82% ilości wytworzonych odpadów. Pozostałe 18% odpadów poddawano procesom odzysku. Na tak duży udział procesu odzysku w gospodarowaniu odpadami grupy 06 mają wpływ wymienione odpady z produkcji związków fosforu

¹Instytut Nawozów Sztucznych, Oddział Chemii Nieorganicznej „IChN” w Gliwicach, 44-100 Gliwice, ul. Sowińskiego 11

²Instytut Ochrony Roślin PIB, 60-318 Poznań, ul. Władysława Węgorka 20

tj. ekstrakcyjnego kwasu ortofosforowego o kodzie 06 09 80 i 06 09 81, głównie deponowane na składowiskach.

Odpady o kodzie 06 05 03 stanowią istotną część odpadów z grupy 06 wytwarzanych w przemyśle chemicznym (od 9 do 17% w latach od 2004-2010). Są one wytwarzane na oczyszczalniach ścieków związanych z różnymi wytwórniami chemicznymi, więc są bardzo zróżnicowane pod względem składu chemicznego. Procesy gospodarki odpadami o kodzie 06 05 03, wytwarzanymi we wszystkich sektorach gospodarki, charakteryzują się wysokim stopniem odzysku wynoszącym w 2010 roku 99,81% (głównie stosowany jest proces odzysku R14). Przyjmując, że gospodarka odpadami 06 05 03 wytwarzanymi w zakładach przemysłu chemicznego charakteryzuje się równie wysokimi poziomami stopnia odzysku (u głównych wytwórców odpady te są wykorzystywane na własnych instalacjach produkcyjnych) założono, że jest ona aktualnie prowadzona właściwie i w niniejszym rozdziale odstępiono od opisu poszczególnych bardzo zróżnicowanych technologii odzysku charakterystycznych dla poszczególnych instalacji.

Dla dominujących pod względem ilości wytwarzanych odpadów lub stosowanych technologii w Polsce, poniżej omówiono szerzej metody odzysku i unieszkodliwiania oraz stosowane aktualnie technologie. Są to:

- fosfogips z produkcji ekstrakcyjnego kwasu ortofosforowego,
- stałe produkty uboczne z procesu produkcji sody,
- odpady z produkcji kwasu siarkowego,
- odpadowe kwasy przemysłu chemicznego,
- odpady z produkcji bieli tytanowej,
- gips z odsiarczania spalin.

4.2. Fosfogips

Produkcja ekstrakcyjnego kwasu ortofosforowego, podstawowego surowca stosowanego do otrzymywania wysokojakościowych fosforowych nawozów mineralnych oraz innych związków fosforu, związana jest z powstawaniem stałego odpadu w postaci uwodnionego siarczanu wapnia zwanego fosfogipse. Na jedną tonę wyprodukowanego kwasu ortofosforowego uzyskuje się 3,5 – 4,5 ton wilgotnego fosfogipsu. Skład chemiczny otrzymanych fosfogipsów zależy od stosowanej metody wytwarzania kwasu ortofosforowego (dwuwodnianowa, półwodnianowa) jak i surowca fosforowego (fosforyt, apatyt). Odpad fosfogipsowy, oprócz uwodnionego siarczanu wapnia zawiera również szereg zanieczyszczeń, takich jak: związki fluoru, krzemu, magnezu, glinu, chloru, siarki oraz metale ciężkie, lantanowce i radionuklidy, których poziom zależy głównie od rodzaju surowca fosforowego (tabela 4.1.).

Najwięcej dyskusji dotyczących wykorzystania fosfogipsów związanych jest z obecnością radionuklidów, których poziom zależy od rodzaju stosowanego surowca fosforowego. Apatyty charakteryzują się dużo niższym poziomem tego rodzaju zanieczyszczeń w porównaniu z fosforytami. Fosfogipsy uzyskane z surowca apatytowego uznawane są za odpady praktycznie nie zawierające tego typu związków.

Tabela 4.1. Główne składniki i zanieczyszczenia surowców fosforowych [1]

	Fosforyty	Apatyty
Składnik	% wagowe	% wagowe
Fosfor (P_2O_5)	30 – 37	35 – 40
Wapń (CaO)	46 – 52	48 – 54
Fluor (F)	3 – 4	1 – 4
Zanieczyszczenia	ppm	ppm
Arsen (As)	10 – 20	1 – 10
Kadm (Cd)	5 – 50	0 – 2
Rtęć (Hg)	< 0,2	< 0,1
Metale ciężkie (Pb, Zn, Cu, Ni, Cr)	200 – 800	50 – 150
Lantanowce (REE)	100 – 900	1400 – 6300
Radionuklidy (Bq/kg, Ra-226)	700 – 1400	10 – 110

Fosfogipsy pochodzące z fosforytów wykazują radioaktywność; uran zawarty w surowcach fosforytowych, w wyniku rozpadu promieniotwórczego, tworzy pośrednio izotopy radu, przechodząc ostatecznie w gazowy radon. Związki radu przechodzą do odpadu fosfogipsowego.

W tabeli 4.2. przedstawiono porównanie składów fosfogipsów w zależności od przetwarzanego surowca fosforowego. Fosforyty stosowane są w Z.Ch. „POLICE” i GZNF Gdańsk natomiast apatyty stosowane były w Z.Ch. Wizów.

Do chwili obecnej instalacje produkujące kwas fosforowy wytworzyły na całym świecie około 5 bilionów ton odpadu, z czego 70-90% zostało zdeponowane na składowiskach [2]. Wykorzystanie przemysłowe w skali światowej jest niewielkie pomimo zaproponowania ponad 50 możliwości wykorzystania. Główne kierunki proponowanych zastosowań to: rolnictwo, budownictwo kubaturowe, budownictwo inżynieryjne i budownictwo drogowe, niwelacja wyrobisk górniczych oraz rekultywacja terenów zdegradowanych.

W rolnictwie fosfogips jest stosowany w większych ilościach w Hiszpanii, Brazylii oraz Stanach Zjednoczonych [2]. Wykorzystanie to ma charakter lokalny z przeznaczeniem pod specyficzne uprawy np. w USA orzeszki arachidowe, w Brazylii i Hiszpanii ze względu na specyficzne własności gleby. W Polsce takie badania prowadzone są na Politechnice Wrocławskiej z przeznaczeniem do produkcji odpowiednich nawozów mineralnych w GZNF Gdańsk.

Pierwsze próby wykorzystania fosfogipsu w drogownictwie prowadzono w USA w latach 80-tych. Na Florydzie podejmowano próby stosowania ich w budowie dróg o niewielkim obciążeniu ruchem i stwierdzono, że mieszanka fosfogipsu z gruntem niespoistym tworzy stabilną podbudowę pod dywanik asfaltowy [3].

Tabela 4.2. Skład chemiczny fosfogipsów dla różnych surowców fosforowych [1]

Składnik	Jednostka	Stosowany surowiec		
		Fosforyt Maroko	Fosforyt Tunis	Apatyt Kola
Wilgotność H ₂ O	% wagowe	20-25	20-25	25-30
CaSO ₄ ·2H ₂ O		94-96	94-96	94-96
Ca ₃ (PO ₄) ₂		1,5-2,2	1,5-2,2	1,1-1,5
CaF ₂ nierozp. w wodzie		1,5	2,5	1,0
SiO ₂		0,6	1,5	0,7
P ₂ O ₅ rozp. w wodzie		0,1-0,2	0,1-0,2	0,1-0,3
P ₂ O ₅ nierozp. w wodzie		0,7-1,0	0,7-1,0	0,5-0,7
Fe ₂ O ₃		0,02	0,03	0,03
Arsen As	mg/kg	<1,5	<1,5	<1,5
Kadm Cd		4,5	12,0	5,5
Chrom Cr		8,0	16,0	<1
Nikiel Ni		8,0	<1	<1
Miedź Cu		4,5	2,0	9,5
Cynk Zn		17,0	15,5	6,5
Ołów Pb		11,0	<5	5
Mangan Mn		1,0	2,5	8,0
Rtęć Hg		<1	<1	<1

Wg danych amerykańskich preferowane są dwa kierunki wykorzystania fosfogipsu [4, 5]:

- Wykorzystując granulację fosfogipsu i jego dobrą zagęszczalność, zastosowanie go jako składnik doziarniający do źle uziarnionych mieszanek z kruszyw drobno i gruboziarnistych, stabilizowanych cementem do warstw podbudów w półsztywnych konstrukcjach nawierzchni asfaltobetonowych.
- Mieszanaka fosfogipsu i popiołu z dodatkiem cementu jako mieszanaka hydraulicznie związana, stosowana jako nawierzchnia dróg o obciążeniu ruchem lekkim, parkingów i infrastruktury drogowej centrów handlowych oraz innych budowli kubaturowych.

Zastosowanie fosfogipsu w budownictwie, w tym w budownictwie drogowym, zostało w USA wstrzymane decyzją amerykańskiej agencji ochrony środowiska EPA (Environment Protection Agency) ze względu na drastyczne normy środowiskowe związane z promieniotwórczym radem obowiązujące w USA; dopuszczalna dawka promieniowania wynosi 0,37 Bq/g, podczas gdy w krajach Unii Europejskiej wynosi 10 Bq/g. Należy zwrócić uwagę, że norma kanadyjska wynosi 0,30 Bq/g.

Szerokie badania nad zastosowaniem fosfogipsu w budownictwie drogowym prowadzono również w Finlandii w latach 1998-2002 [5]. Zrealizowano projekt badawczy finansowany przez Unię Europejską dotyczący zastosowania fosfogipsu i popiołów lotnych do budowy dróg. Badany fosfogips pochodził z zakładów chemicznych w Siilinjärvi (Kemira Phosphates), gdzie jako surowiec fosforonośny stosowany jest

apatyt. Pod względem składu chemicznego zawierał dwie formy siarczanu wapnia $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ oraz $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$; z przewagą $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Przeprowadzono badania materiału zawierającego 90% fosfogipsu i 10% popiołów lotnych (w przeliczeniu na suchą masę) oraz 6% środka wiążącego (spoiwa). Alternatywnie, w miejsce spoiwa stosowano cement lub mieszanki granulowanego żużla wielkopiecowego z cementem w proporcji 1:1 i 7:3 lub wapna oraz samego żużla wielkopiecowego.

Wykorzystując powyższe mieszanki w wielowarstwowych, konstrukcjach nawierzchni, wybudowano łącznie 7600 m drogi o nawierzchni zwirowej o różnych przekrojach konstrukcyjnych. Obciążenie drogi ruchem w okresie dwóch lat nie zmieniło jej własności użytkowych, a najwyższą nośność wykazał odcinek z użyciem, oprócz fosfogipsu, granulowanego żużla wielkopiecowego i cementu.

W Polsce prace nad utylizacją fosfogipsu prowadzone były od lat 70-tych ubiegłego wieku. Prace te dotyczyły głównie zastosowania odpadów fosfogipsowych do produkcji spoiw, materiałów budowlanych oraz wypełniaczy. Pierwsze szerokie badania przeprowadziła E. Osiecka [6]. W latach 90-tych prace te kontynuowali m.in. J. Skrzypek oraz Cz. Wolska-Kotańska i in. z Instytutu Techniki Budowlanej w Warszawie oraz inni autorzy [7, 8]. Odpadowy fosfogips poddawano obróbce najczęściej termicznej przekształcając go w anhydryt.

Należy wspomnieć o pracach prowadzonych przez M. Dankowskiego z Politechniki Zielonogórskiej [9]. Autor badał możliwość utylizacji fosfogipsów zalegających na składowisku Zakładów Chemicznych Wizów. W wyniku obróbki termicznej fosfogipsów, których głównym składnikiem był gips dwuwodny (półwodny gips z produkcji deponowany na składowisku w wyniku warunków atmosferycznych przechodzi w dwuhydrat), otrzymywano w zależności od temperatury prażenia siarczan wapnia półwodny o własnościach wiążących lub anhydryt - wysokojakościowe spoiwo budowlane o cechach zbliżonych do właściwości anhydrytu naturalnego. Duża energochłonność tych procesów spowodowała jednak, że ten kierunek utylizacji fosfogipsów nie znalazł zastosowania.

K. Hoffmann z Politechniki Wrocławskiej w ramach kierowanego przez siebie projektu badawczego badała właściwości fosfogipsu z bieżącej produkcji Z.Ch. Wizów [10]. Stwierdzono możliwość wykorzystania fosfogipsu do rekultywacji terenów oraz polepszenia kwasowości gleby.

Interesujące są również badania prowadzone przez B. Quanta z Politechniki Gdańskiej opisane w pracy „Silikatyzacja popiołów lotnych i fosfogipsów – bezpieczna dla środowiska metoda utylizacji odpadów” [11]. W pracy przedstawiono możliwość otrzymania materiału (kompozytu) na bazie odpadowego fosfogipsu i roztworów rozpuszczalnych krzemianów (szkła wodnego). Możliwe jest również stosowanie innych dodatków, takich jak: popioły lotne, wapno pokarbidowe lub piasek. Autor podkreśla, że kompozyty te oprócz zastosowania w szeroko pojętym przemyśle budowlanym mogą być wykorzystane w budownictwie drogowym, głównie do podbudów drogowych. Cechą szczególną kompozytów jest silne związanie chemiczne

rozpuszczalnych składników fosfogipsu, co powoduje, że materiał staje się bezpieczny dla środowiska.

W Instytucie Chemii Nieorganicznej w Gliwicach (obecnie Instytut Nawozów Sztucznych Oddział Chemii Nieorganicznej „IChN” w Gliwicach) wykonano opracowanie na zlecenie Zakładów Chemicznych Wizów dotyczące brykietowania fosfogipsu oraz przeprowadzono badania dotyczące zastosowania fosfogipsu apatytowego jako spoiwa budowlanego (dane na podstawie nie publikowanych prac IChN).

Przygoda M., Kraszewski C. oraz Rafalski M. z Instytutu Badawczego Dróg i Mostów w Warszawie badali zastosowanie fosfogipsu jako spoiwa do podbudów drogowych [12]. W badaniach używano fosfogipsu przetworzonego (modyfikacja polegała na prażeniu fosfogipsu w temp. 180 - 230°C z dodatkiem wapna palonego, chlorku baru oraz siarczanu żelazowego) w postaci sproszkowanej o właściwościach wiążących i odczynie obojętnym (pH= 7 - 9) lub lekko zasadowym. Badania miały na celu określenie potencjalnych kierunków zastosowania fosfogipsu w drogownictwie. Przeprowadzone badania wykazały, że:

- Fosfogips jest materiałem zagęszczalnym o uziarnieniu zbliżonym do drobnych popiołów lotnych i może być wykorzystywany do budowy środkowych warstw nasypów drogowych.
- Kompozycje badanych gruntów (piasku i pospółki) z dodatkiem fosfogipsu w ilości 10-30% mogą być przydatne do wykonywania nasypów oraz podbudów drogowych wykonywanych w technologii stabilizacji mechanicznej.
- Możliwe jest uzyskiwanie kompozytów gruntowo-fosfogipsowo-popiołowych z dodatkiem cementu o znacznych i trwałych wytrzymałościach ($R=2,5 - 5,0$ MPa), lecz ich zastosowanie możliwe jest w dolnych warstwach konstrukcji drogowych nie narażonych na oddziaływanie wody.
- Fosfogips nie może być samodzielnym spoiwem do stabilizacji gruntów ze względu na słabe i nietrwałe własności wiążące.
- Fosfogips nie nadaje się do stabilizacji i ulepszania gruntów spoistych.

Szereg instytucji oraz zespołów autorskich dokonało zgłoszeń patentowych. Z udzielonych patentów należy wyróżnić np. patent polski nr 186 189 z roku 1997, zgłoszony przez zespół autorów pt.: „Sposób przetwarzania odpadów fosfogipsowych”. Wg podanego sposobu można otrzymać produkt do stosowania w budownictwie jako spoiwo i wypełniacz do farb i emalii oraz do żywic syntetycznych. Odpad fosfogipsowy poddaje się obróbce termicznej z jednoczesnym usunięciem jonów siarczanowych SO_4^{2-} .

W patencie nr 187 572 z roku 1997 zgłoszonym również przez zespół autorów otrzymuje się produkt przydatny jako wypełniacz różnorodnych żywic syntetycznych, farb, mas szpachlowych i szeregu kompozycji termoplastycznych oraz spoiw stosowanych również w drogownictwie. Proponuje się wygrzewanie odpadu fosfogipsowego aż w trzech etapach.

Patent nr 191 946 (1999) „Sposób otrzymywania kompozytu wiążącego” udzielony na rzecz Zakładu Realizacyjno-Projektowego Obiektów Ochrony Ekologicznej

EKO-PAR sp. z o.o. Kraków, dotyczy sposobu otrzymywania kompozytu wiążącego przeznaczonego do stosowania w budownictwie, górnictwie i drogownictwie [26]. Kompozyt wiążący otrzymuje się przez równoczesny dodatek kredy nawozowej (odpad z przemysłu sodowego) i fosfogipsu w ilości po 20% (przykład podany w opisie patentowym), oraz cementu portlandzkiego CEM I 42,5R – 10% i żużla z elektrowni w Koninie – 20%. Tak otrzymana mieszanka po 28 dniach dojrzewania w wilgotnej atmosferze uzyskuje odpowiednie własności wytrzymałościowe. W patencie zastrzega się również stosowanie reagipsu z odsiarczania spalin lub surowca pochodzenia naturalnego, zawierającego siarczany wapnia oraz możliwość zastąpienia żużla w całości lub części popiołami lotnymi.

W latach 2007-2009 w Instytucie Chemii Nieorganicznej (obecnie Instytut Nawozów Sztucznych Oddział Chemii Nieorganicznej „IChN” w Gliwicach) we współpracy z Instytutem Badawczym Dróg i Mostów w Warszawie realizowano projekt badawczy specjalny (finansowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego) pt. „Zastosowanie odpadów fosfogipsowych do budownictwa drogowego” [1].

Badania wykazały, że istnieje realna możliwość wykorzystania fosfogipsów z Z.Ch. Wizów, GZNF Fosfory i Z.Ch. „POLICE” w mieszankach z popiołami lotnymi do budownictwa drogowego:

- a) Mieszanki fosfogipsowo-popiołowe o zawartości fosfogipsu 50 lub 60% bez dodatku spoiw mogą być stosowane do budowy dolnych warstw nasypów drogowych, ponieważ spełniają wymagania stawiane materiałom do budowy nasypów drogowych poniżej strefy przemarzania tj. charakteryzują się dobrą zagęszczalnością, brakiem pęcznienia, wystarczającą nośnością, pH w granicach 6-9. Mieszanki te ze względu na wysoką wartość wilgotności optymalnej mogą być stosowane w niesprzyjających warunkach atmosferycznych nawet przy znacznych opadach deszczu.
- b) Mieszanki fosfogipsowo-popiołowe o zawartości fosfogipsu 50 lub 60% stabilizowane spoiwami (preferowana ilość spoiwa: 6 - 8%) mogą być stosowane do budowy górnych warstw nasypów drogowych, spełniają wymagania dla mieszanek wbudowywanych w górne partie nasypów drogowych, zależnie od miejsca ich położenia w warstwie ulepszanego podłoża oraz warunków wodnych tj. wytrzymałość na ściskanie – marka R_m 1,5 ÷ 2,5 MPa, mrozoodporność w warunkach suchych – $n \geq 0,6$.

Opracowano sposób otrzymywania mieszanek do budowy warstw nasypów drogowych:

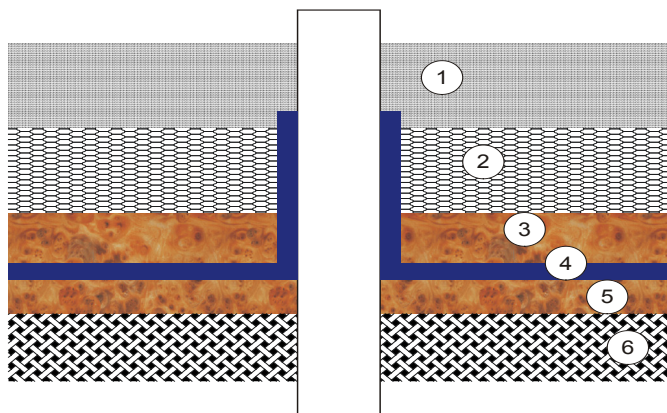
- Poprzez neutralizację kwasowości fosfogipsu dodatkiem popiołu lotnego z węgla kamiennego lub brunatnego, w ilości 40-50%, otrzymano bezpieczny chemicznie materiał do budowy dolnych warstw nasypów drogowych o wymaganych parametrach geotechnicznych dla danego typu budowli ziemnych.
- Poprzez dodatek różnych rodzajów spoiw hydraulicznych w ilościach do 8% do mieszanek fosfogipsowo-popiołowych uzyskano właściwości wytrzymałościowe

i odpornościowe kwalifikujące je do wbudowania w górne warstwy nasypów drogowych tzw. ulepszanego podłoża pod konstrukcję nawierzchni drogowej lub podbudów nawierzchni parkingowych nieobciążonych ruchem ciężkim.

Korzyści wynikające z zastosowania mieszanek w budownictwie drogowym są następujące:

- Mieszanki mogą być sporządzane z każdego rodzaju fosfogipsu oraz popiołu lotnego po ocenie ich cech geotechnicznych.
- Mieszanki mogą być wykonywane metodami: „in place” lub „in mix”, co oznacza możliwość wytwarzania w wytwórni stacjonarnej i transportowanie na miejsce jej wbudowania, lub po dostarczeniu poszczególnych składników w miejsce zabudowy przygotowanie mieszanki za pomocą remiksera.
- Wysoka wilgotność optymalna mieszanek umożliwia prowadzenie prac w miejscu zabudowy także w czasie opadów atmosferycznych.
- Wymywalność zanieczyszczeń nie przekracza wartości dopuszczalnych.
- Opracowane mieszanki spełniają wymagania dotyczące promieniotwórczości dla materiałów przeznaczonych do budownictwa drogowego.

Mieszanka fosfogipsowo-popiołowa z dodatkiem spoiwa stabilizującego została wykorzystana jako podbudowa części parkingu z żużlową warstwą nawierzchniową na terenie Instytutu Chemii Nieorganicznej w Gliwicach (obecnie Instytut Nawozów Sztucznych Oddział Chemii Nieorganicznej „ICHN” w Gliwicach) [1]. Mieszanka składała się z: fosfogipsu – 60 % wag., popiołu – 40 % wag., spoiwa – 8 % wag. całkowitej ilości mieszaniny fosfogipsowo-popiołowej.



Rys. 4.1. Warstwy parkingu z wykorzystaniem mieszanki na bazie fosfogipsu

1 – nawierzchnia żużlowa ~ 20 cm

2 – podbudowa z mieszaniny popiołowo - fosfogipsowej ~ 25 cm

3 – warstwa filtracyjna z piasku ~ 10-15 cm

4 – folia izolacyjna (drogowa)

5 – podsypka piaskowa ~ 5 cm

6 – podłoże gruntowe

Tabela 4.3. Wytrzymałość na ściskanie próbek pobranych z badanej warstwy parkingu [1]

Czas użytkowania parkingu [miesiące]	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]
3	1,7
16	5,1
28	6,2
44	4,1

Wyniki badań dotyczące wpływu zaprojektowanych mieszanek na środowisko naturalne nie wykazały szkodliwego oddziaływania:

- Badania wymywalności zanieczyszczeń z wyciągów wodnych i przesączy zestalonych próbek mieszanek wykazały, że stężenia metali ciężkich (Ba, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Mo, Zn) mieszczą się poniżej stężeń dopuszczalnych. Również stężenia jonów Cl^- i F^- nie zostały przekroczone w żadnej z badanych próbek, natomiast we wszystkich wyciągach wodnych i przesączach zarówno dla fosfogipsu Wizów jak i Gdańsk dopuszczalne stężenie (500mg/L) dotyczące siarczanów zostały przekroczone i wynoszą około 1600 mg/L, co jest wynikiem naturalnej rozpuszczalności siarczanów.
- Pomiary promieniotwórczości naturalnej w akredytowanym laboratorium wykazały, że nie ma przeciwwskazań do wykorzystania fosfogipsów z ZCH Wizów, GZNF i ZCh „POLICE” do budownictwa drogowego do dolnych i górnych warstw nasypów, z wyłączeniem zastosowania fosfogipsu z GZNF Fosfory do budowy nawierzchni drogowych.

W oparciu o przeprowadzone badania opracowano „Założenia technologiczno-aparaturowe dla instalacji przemysłowej do produkcji mieszanek na bazie fosfogipsu do nasypów drogowych”. Założenia te mogą być podstawą do zaprojektowania i wybudowania instalacji do produkcji mieszanek fosfogipsowo-popiołowych przeznaczonych do stosowania w budownictwie drogowym. Natomiast opracowane „Wytyczne stosowania mieszanek fosfogipsowo-popiołowych w budownictwie drogowym” przeznaczone są dla przedsiębiorstw budownictwa drogowego.

W roku 2009 dokonano zgłoszenia patentowego na wynalazek pt. „Mieszanki do budowy dolnych i górnych warstw nasypów drogowych”. Zgłoszenia dokonały Instytut Chemii Nieorganicznej (obecnie Instytut Nawozów Sztucznych, Oddział Chemii Nieorganicznej „ICHN” w Gliwicach) oraz Instytut Badawczy Dróg i Mostów w Warszawie. Nr patentu P.390128. Na 60 Targach Wynalazczości, Badań Naukowych i Nowych Techniki Brussels INNOVA 2011 wynalazek ten został wyróżniony złotym medalem oraz nagrodą specjalną przyznaną przez Technopol Moskwa z Rosji.

Reasumując mimo ponad 30-letnich prac badawczych prowadzonych w kraju nad

wykorzystaniem fosfogipsów, aktualnie praktycznie cały wytworzony fosfogips jest składowany na odpowiednio przygotowanych i monitorowanych składowiskach.

4.3. Stałe produkty uboczne z procesu produkcji sody

4.3.1. Wapno posodowe

Przy produkcji sody kalcynowanej w krajowych instalacjach Janikowskich Zakładach Sodowych Janikosoda oraz Inowrocławskich Zakładach Chemicznych Soda Mątwy należących do spółki Soda Polska Ciech powstaje około 230 tys. t produktu ubocznego w postaci wapna posodowego. Nie jest to odpad, tylko produkt uboczny – stąd nie podlega przepisom obowiązującym dla odpadów, w wykazie kodów odpadów nie występuje wapno posodowe. Podejście do wapna posodowego jako odpadu często pojawia się w szeregu publikacjach. Związane jest to zapewne ze składowaniem wapna posodowego na stawach osadowych (tzw. białe morza) przez szereg lat pracy instalacji produkujących sodę kalcynowaną. Obecnie wytwarzane wapno posodowe sprzedawane jest głównie jako wapno nawozowe.

Wapno posodowe otrzymywane jest przez oddzielenie fazy stałej obecnej w płynie podestylacyjnym. Zawiera ono głównie CaCO_3 , CaSO_4 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, krzemionkę, związki siarki oraz glinu, tj. części stałe pochodzące z kamienia wapiennego oraz nieprzereagowany wodorotlenek wapnia oraz nieodmyty chlorek wapnia. W krajowych instalacjach, szlamy podestylacyjne, po przemyciu, kierowane są do stawów osadowych w celu odwodnienia i osuszenia lub też zagęszczane i przemywane są na prasach filtracyjnych.

Wapno posodowe wykorzystywane jest do celów rolniczych, pod warunkiem spełnienia wymagań zawartych w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 8 września 2010 r. w sprawie sposobu pakowania nawozów mineralnych, umieszczania informacji o składnikach nawozowych na tych opakowaniach, sposobu badania nawozów mineralnych oraz typów wapna nawozowego (Dz.U.2010.183.1229) [13]. Załącznik nr 6 rozporządzenia pt. „Typy wapna nawozowego oraz szczegółowe wymagania jakościowe dla tych typów”, w tabeli 1 określa wymagania dla trzech rodzajów wapna sodowego do celów rolniczych:

- wapno posodowe suche zawierające:
 - CaO min. 35%
 - H₂O max. 10%
 - Cl⁻ max. 2,5%
- wapno posodowe podsuszone zawierające:
 - CaO min. 30%
 - H₂O max. 30%
 - Cl⁻ max. 3%
- wapno posodowe odsączone zawierające:
 - CaO min. 25%
 - H₂O max. 40%

Cl⁻ max. 3%

- wapno posodowe mokre zawierające:
CaO min. 20%
H₂O max. 50%
Cl⁻ max. 3%

Dopuszczalną zawartość metali ciężkich w wapnie nawozowym określa Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 roku w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu (Dz.U.2008.119.765) [14] i wynosi ona:

- wapno nawozowe (w przeliczeniu na kg tlenku wapnia):
kadm (Cd) max. 8 mg
ołów (Pb) max. 200 mg.

Krajowe wapno posodowe wprowadzane do obrotu spełnia wymienione wyżej wymagania. Handlowe wapno sprzedawane jest jako podsuszone, odsączone lub mokre. Wprowadzaniem do obrotu wapna posodowego zajmują się firmy zewnętrzne [15]. Wapnowanie gleb zapobiega kwasowej degradacji środowiska i stabilizuje plonowanie roślin. Malejące w ostatnich latach ogólnokrajowe zużycie wapna nawozowego jest poważnym zagrożeniem ekologicznym i produkcyjnym w rolnictwie [16]. W Polsce ok. 70% użytków rolnych wymaga wapnowania ze względu na swój odczyn kwaśny lub nawet bardzo kwaśny, co skutkuje zmniejszoną przyswajalnością składników pokarmowych przez rośliny. Dotyczy to takich składników jak: fosfor, potas i molibden, równocześnie kwaśny odczyn gleb zwiększa przyswajalność metali ciężkich, takich jak ołów i kadm. Konieczność wapnowania użytków rolnych powinna skutkować większym zainteresowaniem i sprzedażą wapna posodowego.

Rolnicze zastosowanie wapna posodowego związane jest z jego sezonową sprzedażą, powodując problemy z zagospodarowaniem całej ilości wytwarzanego wapna. Nadmiar wapna składowany jest w stawach osadowych, spełniających wymagania dla tego typu odpadów, które przez długi okres pracy krajowych instalacji produkujących sodę kalcynowaną obejmują znaczną powierzchnię. Po zakończeniu eksploatacji stawy podlegają rekultywacji. Głównym składnikiem odpadów jest wapń w postaci węglanowej i wodorotlenkowej. Ze względu na drobnoziarnisty skład, składowany materiał szczególnie podatny jest na działanie wiatru. W 2010 roku zrekultywowano 108,6 ha stawów osadowych z 200 ha należących do Janikowskich Zakładach Sodowych Janikosoda, według technologii opracowanej przez zespół prof. J. Siuty z Instytutu Ochrony Środowiska wykorzystującej osady ściekowe [17, 18, 19]. Zawartości głównych składników mineralnych i metali ciężkich w roślinach (trawy i perka), wysianych na rekultywowaną powierzchnię, nie odbiegały zasadniczo od zawartości tych składników w roślinach z gleb niezanieczyszczonych. Również skład chemiczny kompostu otrzymanego z masy zielonej oraz kompostów z masy zielonej i wapna posodowego wykazały duże właściwości nawozowe przy niewielkiej zawartości metali ciężkich. Dla utrzymania intensywnego wzrostu roślin na terenach

zrekultywowanych prowadzi się między innymi koszenie, kompostowanie oraz nawożenie traw. Rekultywacja pozwoliła na zmniejszenie emisji soli wprowadzanych do wód gruntowych i podziemnych. Rekultywację stawów osadowych przeprowadziła również firma Tata Chemicals w Mithapur, na zachodnim wybrzeżu Indii, gdzie 22 ha zostały obsadzone wyselekcjonowanymi gatunkami traw i krzewów [20].

Wapnopośadowe, jak i fosfogipsy z produkcji ekstrakcyjnego kwasu ortofosforowego, zostały również zaliczone do odpadów mineralnych pochodzenia przemysłowego o użyteczności ekologicznej [21]. Wapno posodowe zostało zakwalifikowane do odpadów wapniowych. Jego użyteczność została oceniona jako duża lub średnia w przydatności do produkcji wapnohumusu, do nawożenia wapniowego oraz do technicznej rekultywacji gruntów [22].

Wg dokumentów referencyjnych BREF dla LVIC-S możliwe kierunki zagospodarowania odpadów stałych z procesu Solvay'a, oprócz zastosowania rolniczego to: wyrób materiałów budowlanych, przemysł cementowy, wypełniacze oraz budownictwo drogowe [23]. Istotnym kierunkiem zastosowania odpadów z przemysłu produkcji sody jest budownictwo, w tym drogowe. Interesujące jest wykorzystanie wapna posodowego jako składnik spoiwa cementowego, w mieszance z popiołem lotnym, cementem portlandzkim oraz prażoną gliną [24]. Wykorzystanie odpadów nieorganicznych w przemyśle cementowym jest kierunkiem budzącym coraz większe zainteresowanie i przekonanie [25]. Istotne jest, aby stosowane odpady były w formie stałej, o jak najbardziej jednorodnym składzie. Szczególnie ważne jest usunięcie z odpadów zanieczyszczeń towarzyszących odpadom przemysłowym, aby nie pogarszać jakości wyrobów klinkierowych. W produktach gotowych odpady mogą być obecne w różnych ilościach, np. fosfogips wprowadza się w ilości 2-3% mas., popioły lotne nawet do 20% mas., natomiast odpady wapniowe np. wapno posodowe w ilości 5-15% mas.

Interesujący jest patent polski (PL 191946), w którym otrzymuje się kompozyt wiążący na bazie cementu (30%), fosfogipsu (20%) oraz odpadu posodowego (20%) z dodatkiem chlorków w postaci CaCl_2 , cementu i żużla z elektrowni [26]. Kompozyt ten może być stosowany w budownictwie, drogownictwie i górnictwie.

Interesujące są również propozycje dotyczące zastosowania odpadów posodowych w drogownictwie ze względu na potencjalną możliwość wykorzystania większych ilości tych odpadów. Znane są publikacje opisujące badania (w skali laboratoryjnej) nad otrzymaniem asfaltobetonu. W tym przypadku wapno sodowe stosowano w miejsce wypełniacza [28]. W kraju prowadzono również badania nad zastosowaniem wapna posodowego do stabilizacji gruntów, do budowy konstrukcji ziemnych, do mineralizacji gleb organicznych przy stabilizacji cementem co może być wykorzystywane do podbudowy drogowej w obszarach leśnych [26]. Niestety nie znalazły one zastosowania w praktyce przemysłowej.

Reasumując, realna możliwość wykorzystania istotnych ilości wapna posodowego to:

1. Zastosowanie jako wapna posodowego w rolnictwie o składzie zgodnym

z obowiązującym prawem. Kierunek nawozowy wydaje się priorytetowy.

2. Kierunek związany z użyciem wapna posodowego do wytworzenia kruszywa – kompozytu do stosowania w budownictwie drogowym wymaga dalszych badań szczególnie w postaci doświadczalnych parkingów, dróg itp. Ze względu na znaczne koszty związane z procesem usuwania chlorków zastosowanie wapna posodowego w budownictwie należy uznać za nierealne [29, 30].

4.3.2. Chlorek wapnia

W procesie produkcji sody metodą Solvay’a powstaje produkt uboczny – chlorek wapnia. Jest on składnikiem płynu podestylacyjnego zawierającego około 65 g chlorków/l, którego ilość zgodnie z Dokumentem Referencyjnym BREF dla LVIC-S wynosi od 8,5 do 10,7 m³/t sody [31]. Ze względu na skalę produkcji sody, zagospodarowanie chlorku wapnia jako produktu ubocznego jest problematyczne. Chlorek wapnia jest prostym, dobrze znanym związkiem nieorganicznym o następujących zastosowaniach, np.:

- składnik roztworów oziębiających oraz mieszanin gaśniczych,
- środek zabezpieczający węgiel i rudy przed zamarzaniem,
- dodatek do betonów,
- środek suszący i odwadniający (bezwodny chlorek),
- środek zabezpieczający nieutwardzone drogi przed nadmiernym pyleniem,
- środek do zimowego utrzymania dróg,
- przemysł chemiczny,
- górnictwo węgla, nafty i gazu,
- ogrodnictwo (dostarczanie chloru i wapnia).

Światowa zdolność produkcyjna instalacji chlorku wapnia w 2005 roku szacowana była na około 3 mln t, a zużycie na około 2,6 mln t. Wytwarzany jest on nie tylko jako produkt uboczny w procesie Solvay’a, ale również w procesie neutralizacji kwasu solnego wodorotlenkiem wapnia [31, 32]. Zdolność produkcyjna pracujących instalacji chlorku wapnia, w porównaniu z wydajnością instalacji produkujących sodę kalcynowaną metodą Solvay’a, wskazuje na niewielkie handlowe wykorzystanie wytwarzanego chlorku wapnia, co ma również odbicie w krajowych instalacjach sody. Zdolność produkcyjna krajowej instalacji produkującej stały chlorek wapnia, jako produkt uboczny wytwarzany przy produkcji sody kalcynowanej metodą Solvay’a, to 50 tys. t/rok chlorku wapnia dwuwodnego (CaCl₂·2H₂O). Możliwości produkcyjne instalacji na przestrzeni ostatnich lat nie były w pełni wykorzystane. Produkcję chlorku wapnia w ostatnich latach prezentuje tabela 4.4.

Tabela 4.4. Produkcja chlorku wapnia Ciech S.A. [t/rok] [33]

Produkt	Rok					
	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Chlorek wapnia	44000	46000	45000	29000	17000	42000

W Polsce, chlorek wapnia stosowany jest głównie jako środek chemiczny do zwalczania zimowego oblodzenia dróg o wyższej skuteczności od powszechnie stosowanej soli drogowej (NaCl) oraz jako dodatek do betonów. Chlorek wapnia jest skutecznym środkiem do zimowego utrzymania dróg, topi śnieg i lód aż do -22°C , natomiast chlorek sodu jest skuteczny w temperaturach do -6°C . Stosując mieszaninę chlorku wapnia ze zwilżoną solą drogową, temperatura zamarzania może być obniżona do dowolnej temperatury pośredniej.

Krajowe zużycie chlorku wapnia jest nieprzewidywalne bo zależne od kaprysów pogody w okresie zimowym. W sezonie zimowym jako substancja do odladzania stosowana jest zwykle sól kamienna. W 2004 roku zużyto 700 tys. t soli kamiennej przeznaczonej do zimowego utrzymania dróg, co stanowiło 18% całkowitego zużycia soli w tym okresie [33]. W sezonie zimowym 2011/2012, Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad zaplanowała zakupić 400 tys. t soli drogowej, nie przewidziano zakupu chlorku wapnia. Do tego należy doliczyć jeszcze planowane ilości zakupu soli przeznaczonej do zimowego utrzymania dróg powiatowych, miejskich. W przybliżeniu można przyjąć, że kształtuje się ono w granicach 10 – 15% całkowitego krajowego zużycia soli.

Zużycie soli drogowej można obniżyć stosując chlorek wapnia [34]. Wprawdzie chlorek wapnia jest droższy od chlorku sodu, ale jest środkiem o większej skuteczności, stąd może być stosowany w mniejszych dawkach. Zwiększenie zużycia chlorku wapnia ograniczy zrzuty zarówno ścieków zawierających chlorki z produkcji sody, jak i chlorków z chlorku sodu stosowanego do zimowego utrzymania dróg. W efekcie uzyska się zmniejszenie ładunku chlorków odprowadzanych do środowiska. Wprawdzie pojawiają się głosy o szkodliwym działaniu chlorku wapnia na środowisko, brak jest jednak porównania wpływu na środowisko chlorku sodu z chlorkiem wapnia, stosowanych do zimowego utrzymania dróg.

Źródła literaturowe przedstawiają szereg różnych propozycji ograniczania negatywnego wpływu produkcji sody metodą Solvay'a na środowisko, związanego z wytwarzanymi odpadami. Efekt ten można osiągnąć przez [35]:

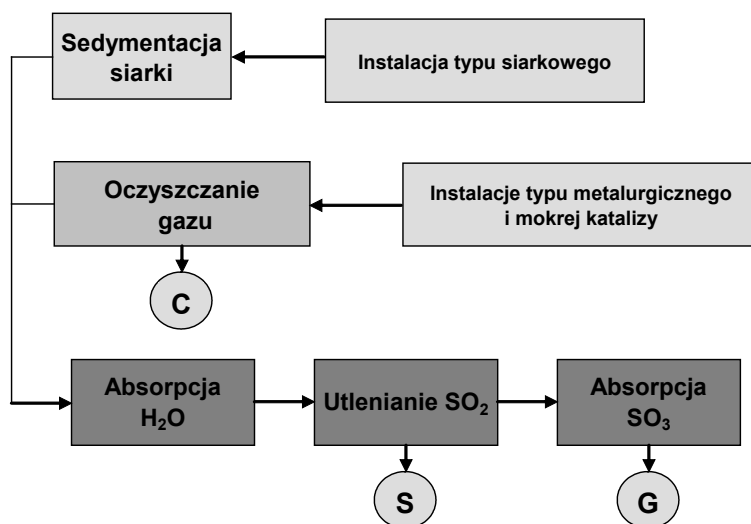
- wykorzystanie szlamów z oczyszczania solanki do produkcji fosforanów wapniowo-magnezowych,
- otrzymywanie kredy strącanej z oczyszczonego roztworu podestylacyjnego,
- otrzymywanie gipsu i solanki z roztworu podestylacyjnego,
- oczyszczanie gazowych produktów spalania roztworem podestylacyjnym,
- utylizacja szlamu podestylacyjnego.

Innym sposobem wykorzystania szlamów z oczyszczania solanki jest proces zwany Split-Precipitation, w którym produktem oczyszczania solanki jest węglan wapnia oraz rozpuszczalny w wodzie siarczan magnezu (nie mający szkodliwego wpływu na środowisko) w miejsce siarczanu wapnia, co ogranicza ilość odprowadzanych odpadów stałych [36]. Roztwór podestylacyjny może być też wykorzystywany do odsiarczania spalin [37]. Nadmiar mleka wapiennego, który jest stosowany przy destylacji amoniaku

wpływa na wysoką alkaliczność ługów podestylacyjnych. Wysokie pH ługów sprzyja absorpcji kwaśnych produktów spalania. Badania laboratoryjne wykazały 80% skuteczności procesu odsiarczania [37].

4.4. Charakterystyka odpadów z produkcji kwasu siarkowego

W produkcji kwasu siarkowego powstają odpady (rysunek 4.2.), a ich rodzaj i ilość zależą od wielu czynników związanych z realizowanymi procesami i skutecznością pracy urządzeń wspomagających [38].



Rys. 4.2. Ogólny schemat produkcji kwasu i rodzaje wytwarzanych odpadów chemicznych
C – odpady ciekłe, S – odpady stałe, G – odpady gazowe

Głównym kryterium jakościowym odpadów jest typ instalacji. W instalacjach typu metalurgicznego i mokrej katalizy powstają wszystkie wymienione na rysunku odpady, natomiast w instalacjach typu siarkowego nie powstają odpady ciekłe.

Do odpadów ciekłych zalicza się tzw. odpadowe kwasy płuczkowe powstające na etapie przygotowania gazu procesowego do przerobu na kwas siarkowy. W gazie procesowym znajdują się w formie tlenkowej wszystkie metale (oprócz odzyskiwanego metalu) będące składnikiem przerabianego koncentratu. Oprócz zanieczyszczeń stałych w gazie znajdują się związki siarki (głównie SO_2 i częściowo SO_3) oraz inne zanieczyszczenia gazowe, takie jak związki chloru czy fluoru. Chlor występuje w postaci HCl , częściowo w postaci MeCl (gdzie Me – metal), fluor występuje głównie w postaci HF (80-90%) i częściowo w postaci SiF_4 (10-20%). Operacja oczyszczania gazu procesowego jest niezbędna ze względu na konieczność usunięcia z gazu wszystkich zanieczyszczeń stałych i gazowych szkodliwych dla dalszych etapów produkcji kwasu.

Do grupy odpadów stałych zalicza się odsiewy i zużyty katalizator wanadowy

wycofany z eksploatacji. Odsiewy powstają podczas operacji przesiewania katalizatora. Natomiast ilość powstających odsiewów i wycofywanego z eksploatacji katalizatora zależy od warunków pracy. Najmniej odpadów generują instalacje typu siarkowego, najwięcej instalacje typu metalurgicznego i mokrej katalizy. Odpady te są szkodliwe ze względu na zawartość w nich wanadu, a także metali ciężkich w katalizatorach z instalacji typu metalurgicznego. Duży wpływ na ilość powstających odpadów stałych ma także charakterystyka gazu technologicznego. Zawartość np. związków fluoru, chloru i żelaza przyspiesza dezaktywację katalizatora i zwiększa ilość powstających odsiewów.

Odpady gazowe generują wszystkie typy instalacji. Pod pojęciem odpadów gazowych należy rozumieć emisję ditlenku siarki, tritlenku siarki, mgły i kropel kwasu siarkowego oraz innych zanieczyszczeń takich jak CO_2 , N_2 czy NO_x . Wielkość emisji ditlenku siarki zależy od technologii, właściwości stosowanego katalizatora, parametrów procesu i możliwości ich optymalizowania w całym cyklu produkcyjnym [39, 40]. W instalacjach typu siarkowego nie ma żadnego uzasadnienia stosowanie technologii PK/PA, natomiast w instalacjach typu metalurgicznego istnieją warunki do stosowania technologii DK/DA. Wielkość emisji związków siarki zależy od możliwości kinetycznych procesu utleniania SO_2 niezależnie od typu instalacji. Emisję związków siarki można obniżyć w każdego typu instalacji na drodze optymalizacji parametrów pracy. W instalacjach typu siarkowego jest to stosunkowo proste, natomiast znacznie trudniejsze jest to w instalacjach typu metalurgicznego, w których pod koniec cyklu produkcyjnego dochodzi niekiedy do utraty autotermiczności, z czym związany jest znaczny wzrost emisji ditlenku siarki. Wielkość emisji tritlenku siarki zależy od sprawności procesu absorpcji i możliwości optymalizowania parametrów pracy w całym cyklu produkcyjnym. Należy także pamiętać, że wpływ na sprawność absorpcji tritlenku siarki ma zawartość ditlenku siarki w gazie, który obniża siłę napędową absorpcji SO_3 . Natomiast wielkość emisji mgły i kropel kwasu siarkowego zależy od typu absorpcji, warunków absorpcji oraz od sprawności urządzeń wspomagających, stosowanych do usuwania tych składników z gazu. Zawartość w gazie innych zanieczyszczeń jest związana ze specyfiką przerabianego surowca i zależy od skuteczności zastosowanych rozwiązań powodujących ich zmniejszenie.

Wszystkie powstające w produkcji kwasu siarkowego odpady są szkodliwe. Ilość odpadów odprowadzana z procesu musi być zgodna z pozwoleniem zintegrowanym, natomiast sposób deponowania odpowiadać obowiązującemu ustawodawstwu. Bardzo dużym zagrożeniem są tzw. odpadowe kwasy płuczkowe produkowane w znacznych ilościach, a ich szkodliwość wynika z zawartości metali ciężkich, których przedostawanie się do środowiska powoduje jego skażenie. Nerozwiniętym w sposób kompleksowy problemem pozostają odpady zużytych katalizatorów wanadowych i sposoby ich deponowania. Jednak największym zagrożeniem dla ekosystemu są związki siarki. Obecność tych związków w atmosferze wpływa na zmianę stosunków ilościowo – jakościowych zachodzących w biosferze i powoduje zaburzenie równowagi

ekologicznej ekosystemu. Zmiana tych stosunków wpływa ujemnie na wszystkie formy życia biologicznego.

4.4.1. Kwasy odpadowe

Powszechnie stosowaną metodą utylizacji kwasów odpadowych w krajowych instalacjach jest chemiczna stabilizacja metali ciężkich za pomocą wodorotlenku wapnia. W tym procesie większość zanieczyszczeń stałych tworzy trudno rozpuszczalne wodorotlenki, które po częściowym odfiltrowaniu są kierowane na składowisko odpadów półstałych [41]. Trudności w stabilizowaniu zanieczyszczeń są związane z różnym składem i różnymi właściwościami kwasów odpadowych zależnymi od procesu technologicznego, w jakim są wytwarzane – tabela 4.5.

Tabela 4.5. Charakterystyka kwasów pluczkowych z przemysłu metali nieżelaznych

Zawartość	Przetwórstwo miedzi	Przetwórstwo cynku
1	2	3
H ₂ SO ₄ , %	5-40	0,5-2
Cu, ppm	1-30	-
Zn, ppm	2-4	0,5-5
Ni, ppm	0,5-1	-
Pb, ppm	1-20	0,5-1
As, ppm	2-15	0,005-0,05
Fe, ppm	10-40	0,05-0,5

Stężenie kwasów jest różne i waha się od kilku do kilkudziesięciu procent w zależności od stosowanych urządzeń myjących, a od stężenia zależy zawartość zanieczyszczeń metalicznych i arsenu.

Poważnym problemem jest oczyszczanie kwasów odpadowych od arsenu. Jego obecność w gazie procesowym komplikuje otrzymywanie metalu i proces utylizacji SO₂ do kwasu siarkowego ze względu na zatrucie katalizatora wanadowego oraz obniżenie jakości i wartości handlowej kwasu. Dopuszczalna zawartość arsenu w ściekach jest rygorystycznie limitowana do poziomu zaledwie 0,2 ppm, natomiast w kwasie handlowym nie może być wyższa od 1 ppm. Wybór metody oczyszczania kwasu odpadowego zależy od formy chemicznej arsenu oraz składu i właściwości roztworu. W przypadku arsenu metody te polegają na związaniu jonów arsenu w związki nierozpuszczalne w wodzie.

Ilość powstających odpadów ciekłych zależy od stosowanej technologii przerobu rud, sprawności suchego odpylania gazu procesowego, a przede wszystkim techniki i zastosowanych rozwiązań mokrego mycia gazu. W przypadku stosowania techniki pieców szybowych (technologia stara) struga objętościowa gazu jest niestabilna, a ładunek pyłu zmienny. W tych warunkach elektrofiltry suche są mniej skuteczne, co

oznacza większą koncentrację zanieczyszczeń stałych w gazie kierowanym do węzła myjącego.

4.4.2. Zużyty katalizator wanadowy

Po osiągnięciu pewnego stopnia dezaktywacji katalizator wanadowy musi być wycofany z użytkowania ze względu na szereg negatywnych konsekwencji, w tym wzrostu emisji związków siarki powyżej ustalonych limitów bez możliwości ich obniżenia poprzez optymalizację parametrów pracy fabryki [42]. Powodem utraty aktywności katalitycznej są zmiany zachodzące w strukturze i teksturze katalizatora.

Zagrożeniem dla środowiska są depozyty zużytego katalizatora wanadowego. Problem utylizacji tych katalizatorów jest problemem globalnym, a ilość składowanych odpadów i ich skład chemiczny uzasadniają potrzebę rozwiązania tego problemu – tabela 4.6. [43]. Niebezpieczeństwo skażenia środowiska szkodliwymi związkami znajdującymi się w katalizatorach jest związane z obecnością w odpadach siarczanów i wolnego SO_3 , które w zetknięciu z wilgocią tworzą kwaśny odciek ($\text{pH} < 1$). Wszystkie katalizatory po eksploatacji przemysłowej są zanieczyszczone związkami żelaza. Katalizatory pracujące w instalacjach typu metalurgicznego są dodatkowo zanieczyszczone metalami ciężkimi charakterystycznymi dla przerabianego surowca w ilościach odpowiadających czasowi pracy katalizatora.

Tabela 4.6. Zawartość makro i mikro zanieczyszczeń w zużytych katalizatorach wanadowych [43]

Typ instalacji	Składniki aktywne, %				Zanieczyszczenia, %					
	V_2O_5	K_2O	$(\text{SO}_4)^{2-}$	Fe_2O_3	CuO	ZnO	PbO	HgO	CdO	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
S	4,4	7,4	35	1,5	<0,01	<0,01	-	-	-	
CuS	5,4	7,8	33	2,4	2,1	0,3	0,6	<0,03	<0,04	
ZnS	4,2	5,3	34	1,8	0,3	1,5	1,6	<0,05	<0,06	
H_2S	5,1	5,6	37	1,5	0,2	0,3	0,2	<0,15	<0,15	

S – instalacje typu siarkowego, CuS – instalacje typu metalurgiczne przerabiające gaz po wyprażeniu rud miedziowych, ZnS – instalacje typu metalurgiczne przerabiające gaz po wyprażeniu rud cynkowo-olowiowych, H_2S – instalacja przerabiająca gaz po spalaniu siarkowodoru

Ilość powstających odpadów katalizatora wanadowego zależy od typu instalacji, warunków i czasu pracy katalizatora oraz częstotliwości postojów technologicznych, podczas których wzrasta zagrożenie korozyjne.

Jednym z podstawowych wskaźników technologicznych jest projektowy wskaźnik zużycia katalizatora wyrażony w $\text{dm}^3/\text{t MH} \cdot 24\text{h}$, w oparciu o który można szacować ilość pracującego katalizatora i ewentualnie wielkość odpadów katalizatora – tabela 4.7.

Tabela 4.7. Podstawowe wskaźniki zużycia katalizatora [43]

Wskaźnik	Technologia i parametry	
	PK/PA	DK/DA
1	2	3
Zdolność produkcyjna, ton MH/rok	60 000	min. 100 000
Zużycie kat., dm ³ /tonę MH 24h		
instalacje typu siarkowego	220–240	180–200
instalacje typu metalurgicznego	240–280	200–220

MH – monohydrat (100% kwas siarkowy)

Zależy on od typu instalacji i stosowanej technologii produkcji kwasu. Najwięcej katalizatora musi być użyte przy realizacji technologii PK/PA, mniej przy technologii DK/DA. Większa ilość katalizatora jest potrzebna w instalacjach typu metalurgicznego dla takiej samej wydajności instalacji. Jest także oczywiste, że ze wzrostem czasu pracy katalizatora w warunkach przemysłowych jego ilość przypadająca na tonę produktu musi być coraz większa, aby utrzymać nałożone limity emisyjne.

Należy pamiętać, że zanieczyszczenia w katalizatorze pochodzą również z procesów korozyjnych zachodzących w instalacjach kwasu siarkowego. Są one równie szkodliwe dla właściwości katalizatora, jak omawiane wcześniej zanieczyszczenia gazu procesowego. Nieprzestrzeganie reżimu technologicznego, a więc zbyt wilgotny gaz, zbyt niskie temperatury w aparatach i rurociągach mogą prowadzić do powstawania ognisk korozji, których efektem jest powstawanie siarczanów żelaza będących przyczyną przyspieszonej dezaktywacji katalizatorów.

Najwięcej odsiewów powstaje w instalacjach typu metalurgicznego. Jest to wynikiem trudnych warunków pracy katalizatora, który zużywa się w większym stopniu niż w pozostałych instalacjach. Ze wzrostem czasu wzrasta ilość odsiewów produkcyjnych [44].

W bilansie odpadów zużytego katalizatora należy uwzględnić także wymianę katalizatora na nowy. Niektóre instalacje dokonują tej operacji często, np. co 3 lata. Wynika to z konieczności gwarancji bezpieczeństwa produkcji. Ten parametr jest bardzo trudny do określenia nawet od strony technologicznej. Powodem tego jest wpływ bardzo wielu czynników procesowych, ale także poza procesowych.

4.4.3. Związki siarki (SO₂, SO₃, mgła i krople kwasu siarkowego)

Wielkość emisji SO₂ z fabryk kwasu siarkowego zależy między innymi od technologii, właściwości katalizatora, właściwości przerabianego gazu i możliwości utrzymania optymalnych parametrów procesu w całym cyklu produkcyjnym fabryki.

Obecnie stosujemy dwie technologie oraz dysponujemy możliwościami technologiczno – projektowymi dostosowania ich do określonych warunków

procesowych. Właściwy dobór technologii do warunków realizacji procesu produkcyjnego pozwala minimalizować średnioroczną emisję SO_x – tabela 4.8. Jest to szczególnie ważne w instalacjach typu metalurgicznego, w których o autotermiczności procesu decyduje głównie stężenie SO_2 w gazie, a część ciepła z procesu utleniania SO_2 musi być bowiem przeznaczona na podgrzanie gazu procesowego kierowanego do węzła kontaktowo – absorpcyjnego fabryki kwasu siarkowego. Brak dostatecznej ilości ciepła wymusza zawsze przechodzenie w zakres parametrów niekorzystnych dla realizacji poszczególnych procesów jednostkowych i wzrost emisji.

Tabela 4.8. Podstawowe parametry dla stosowanych technologii produkcji kwasu siarkowego [41]

Wskaźnik	Technologia i parametry	
	PK/PA	DK/DA
1	2	3
Zdolność produkcyjna, ton MH/rok	60 000	min. 100 000
Stężenie SO_2 w gazie, %	5-7	6-10
Aparat kontaktowy	4 półkowy	4 półkowy
Układ półkowy	(4+0)	(3+1)
Stopień konwersji, %	97	99,5-99,7
Stopień absorpcji, %	99,9	99,95

MH – monohydrat (100% kwas siarkowy)

Wielkość emisji SO_3 zależy od skuteczności procesu absorpcji (obciążenie wież i parametry ich pracy). Należy także pamiętać, że można ją pośrednio minimalizować między innymi poprzez utrzymywanie wysokiej sprawności procesu utleniania SO_2 . Te dwa procesy są bowiem od siebie współzależne. Niska sprawność absorpcji powoduje ograniczenia kinetyczne procesu utleniania SO_2 (wzrost emisji SO_2), a wzrost zawartości SO_2 w gazie kierowanym do absorpcji zmniejsza siłę napędową procesu absorpcji SO_3 – wzrost emisji SO_3 .

Wielkość emisji mgły i kropel kwasu siarkowego zależy od warunków pracy wież i sprawności urządzeń przeznaczonych do ich usuwania z gazu. Wszelkie zaburzenia procesu absorpcji wywołują prawie zawsze wzrost unosu mgły i kropel kwasu siarkowego z wież absorpcyjnych, niekiedy do poziomu, przy którym ich usuwanie nie zależy już od sprawności demisterów.

Oddzielnym czynnikiem wpływającym na wielkość emisji związków siarki z instalacji typu metalurgicznego jest skład gazu procesowego. Jeżeli w gazie procesowym znajdują się związki fluoru lub chloru, wtedy skuteczność mycia i osuszania gazu, sprawność absorpcji, wydajność termodynamiczna procesu utleniania SO_2 i sprawności pracy demisterów zaczynają spadać, co często może prowadzić do utraty możliwości

przywrócenia optymalnych parametrów pracy i wzrostu emisji związków siarki bez możliwości jej ograniczenia [41].

Ze wzrostem czasu trwania cyklu produkcyjnego wzrasta emisja związków siarki. Można ją w pewnym zakresie stabilizować poprzez optymalizowanie parametrów procesu. Zastosowanie tej techniki pozwala uzyskać szczególnie znaczące efekty w instalacjach typu metalurgicznego, w których warunki realizacji procesu są najtrudniejsze. Bez stosowania optymalizacji nie byłoby możliwości wydłużenia cyklu produkcyjnego fabryk typu metalurgicznego do trzech lat z zachowaniem nałożonych progów emisyjnych.

Zupełnie niezależnym czynnikiem wpływającym na wielkość emisji związków siarki jest stabilność parametrów gazu w zakresie jego składu i natężenia przepływu. Taka sytuacja występuje w niektórych instalacjach typu metalurgicznego i mokrej katalizy. W okresach zaburzeń tych parametrów następuje rozchwianie parametrów pracy instalacji i wzrost emisji związków siarki. Ponieważ zaburzenia te wynikają z pracy poszczególnych urządzeń, dlatego fabryki pracujące w takich warunkach emitują większe ilości związków siarki do atmosfery.

W procesie produkcji kwasu siarkowego poważnym zagrożeniem dla środowiska jest ponadnormatywna emisja związków siarki występująca w okresach rozruchu i zatrzymywania instalacji – emisja chwilowa. Analiza stanów nieustalonych wykazuje, że w okresie uruchamiania instalacji przez okres do 1 godziny konwersja SO_2 do SO_3 jest stosunkowo niska (około 80-90%). Stopień przemiany SO_2 systematycznie rośnie, jednak szybkość wzrostu zależy od bardzo wielu czynników i wysoki stopień przemiany uzyskuje się dopiero po około 3-6 godzinach pracy instalacji. Problem ten występuje szczególnie wyraźnie w okresie rozruchu i zatrzymywania instalacji typu metalurgicznego. Stosuje się rozwiązania pozwalające skrócić czas dochodzenia do właściwych parametrów. Można przyjąć, że z krajowych fabryk kwasu siarkowego odprowadzane jest rocznie do atmosfery około 6500 ton SO_2 oraz 30 ton H_2SO_4 jako suma mgły i kropek kwasu siarkowego.

Omówienie zagadnienia zmniejszenia ilości odpadów stałych znajduje się również w rozdziale 3.8. pt. *Trendy rozwoju technologii produkcji kwasu siarkowego*.

4.5. Odpadowe kwasy siarkowe z przemysłu chemicznego

W przemyśle syntezy organicznej powstają odpadowe kwasy siarkowe zanieczyszczone głównie związkami organicznymi. Przykładem jest kwas siarkowy stosowany do rafinacji benzolu koksowniczego [45].

W 2010 roku została oddana do użytku instalacja odzysku kwasu siarkowego wg projektu Biprokwasu. Instalacja powstała w Petrochemii Blachownia. Technologia obejmuje następujące procesy:

- termiczny rozkład H_2SO_4 oraz spalanie przedgonu benzolowego,
- wykorzystanie ciepła reakcji do produkcji pary wodnej,
- chłodzenie i odpylanie gazów procesowych,

- konwersja SO_2 do SO_3 ,
- kondensacja i chłodzenie zregenerowanego kwasu siarkowego.

Przewiduje się, że w przemyśle powstaną następnie tego typu instalacje. Nowa instalacja (o wydajności 32 tony H_2SO_4 na dobę) poprawia ekonomikę procesu poprzez zamknięcie obiegu kwasu siarkowego.

4.6. Odpady z produkcji bieli tytanowej (siarczan żelaza (II))

W procesie produkcji bieli tytanowej (dwutlenku tytanu) w Zakładach Chemicznych „POLICE” wytwarzany jest półprodukt uboczny w postaci siarczanu żelaza (II) oraz generowane są odpady tj. kwas pohydrolityczny i szlam porozkładowy. Ilość wytworzonego siarczanu żelaza (II) jest uzależniona od stężenia żelaza w rudzie stosowanej do produkcji TiO_2 , poziomu utlenienia rudy, jak również dodatkowego żelaza dodanego do redukcji ługu po rozkładzie oraz wydajności krystalizacji i ekstrakcji. Siarczan żelaza (II) jest oddzielany od cieczy procesowej przez zatężanie i chłodzenie, co skutkuje krystalizacją siedmiowodnego siarczanu żelaza (II) (zielona sól). W roku 2010 Z.Ch. „POLICE” wytworzyły 123,8 tys. ton odpadowego siarczanu żelaza (dane dotyczące lat 2004-2009 patrz tabela 2.1. rozdział 2). Przez szereg lat produkcji bieli tytanowej siarczan żelaza (II) był deponowany na istniejącym składowisku, gdzie zgromadzono około 2 mln ton odpadu. Po wprowadzeniu szeregu zmian technologicznych, cała ilość wytworzonego obecnie odpadu jest zagospodarowywana. Analiza informacji zawartych w tabeli 2.10 zamieszczonej w rozdziale 2 wskazuje na zanizony np. w 2010 roku procent odzysku zielonej soli, co wynika prawdopodobnie z niedoskonałości obowiązującego systemu raportowania i braku przekazywania informacji do odpowiednich urzędów ilości poddawanych procesowi odzysku przez odbiorców tego odpadu.

Siarczan żelaza (II) ma szereg zastosowań. Producent wskazuje na następujące możliwości jego stosowania [47]:

- flokulacja zawiesin w ściekach,
- redukcja chromu w ściekach,
- eliminacja fosforanów w ściekach,
- strącanie siarczków w ściekach,
- usuwanie zabarwienia ścieków,
- zagęszczenie osadu kanalizacyjnego,
- redukcja chromu w cemencie,
- wytwarzanie pigmentów żelazowych,
- dodatek pierwiastków śladowych do pasz,
- dodatek do nawozów sztucznych,
- kontrola chlorozy roślin,
- dodatek do torfu.

Z danych zawartych w tabeli 2.10. wynika że, największy udział w odzysku mają procesy R5 – recykling lub regeneracja innych materiałów nieorganicznych oraz R14 –

inne działania polegające na wykorzystaniu odpadów w całości lub części. Największym odbiorcą siarczanu żelaza (II) jest KEMIPOL Sp. z o.o., producent koagulantów żelazowych. Siarczan żelaza (II) jest podstawowym surowcem do produkcji koagulantów żelazowych typu PIX, które stanowią szeroką grupę produktów obejmującą siarczany, chlorki i chlorosiarczany żelaza. Do grupy koagulantów typu PIX należą produkty zawierające żelazo na II, jak i III stopniu utlenienia. Są one stosowane do uzdatniania wody technologicznej w przemyśle i do wody pitnej w zakładach komunalnych. Używane są powszechnie zarówno do oczyszczania ścieków komunalnych, jak i przemysłowych. Szczególnie polecane są do usuwania fosforu ze ścieków i wiązania siarkowodoru oraz kondycjonowania osadów ściekowych [48].

Poważny udział w wykorzystaniu zielonej soli mają Zakłady Chemiczne „POLICE”, gdzie pracuje instalacja do suszenia siarczanu żelaza (II), uruchomiona w 2008 roku wytwarzająca 40 000 ton rocznie heptahydratu (siarczan żelaza (II) siedmiowodny) lub 20 000 ton/rok monohydratu (siarczan żelaza (II) jednowodny) [49]. Handlowy siarczan żelaza (II) oferowany jest w trzech gatunkach.

Tabela 4.9. Paleta gatunkowa siarczanu żelaza(II) [50]

Parametr	FESPOL 17 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ odwirowany	FESPOL 20 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ suszony	FESPOL 28 $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ suszony
Postać	krystaliczny proszek		
Barwa	jasnozielona	jasnozielona	jasnokremowa
Zawartość żelaza (II), co najmniej % m/m	17,0	19,5	28,2
Zawartość żelaza (II) w/p na $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, co najmniej, % m/m	84,6	97,0	-
Zawartość żelaza (II) $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, co najmniej, % m/m			85,8
Zawartość części nierozpuszczalnych w wodzie, co najwyżej, % m/m	0,5	0,5	0,6
Zawartość wolnych kwasów w/p na H_2SO_4 , %, co najwyżej	0,5	0,5	-
pH 5% roztworu, co najmniej	-	-	2,0
Pozostałość na sicie 0,125 mm, co najwyżej, % m/m	-	-	50,0

Przedstawione powyżej procesy zagospodarowania siarczanu żelaza (II) wskazują, że w Polsce obecnie nie występuje problem z jego wykorzystaniem. Popyt na produkty wytwarzane z tego odpadu jest znaczny, stąd okresowo aby pokryć zapotrzebowanie rynku eksploatuje się zasoby deponowane na składowiskach.

Oprócz omówionych metod odzysku prowadzono szereg prac badawczych nad utylizacją siarczanu żelaza (II). Znane są prace nad wykorzystaniem zielonej soli

do wytwarzania tlenków żelaza, np. w postaci getytu, hematytu lub magnetytu [51]. W proponowanej metodzie przeróbki siarczanu żelaza (II), oprócz tlenków żelaza, który może być stosowany jako surowiec do produkcji koagulantów żelazowych lub jako pigment do materiałów budowlanych. Oprócz tlenków żelaza otrzymuje się produkt uboczny w postaci siarczanu amonu, który może być wykorzystywany jako nawóz lub siarczanu sodu dla przemysłu papierniczego. Również w Instytucie Chemii Nieorganicznej w Gliwicach opracowano również metody produkcji pigmentów żelazowych (czerwienie i żółcienie) z odpadowego siarczanu żelazowego [52, 53]. Inny sposób zagospodarowania siarczanu żelaza (II) to wytwarzanie Fe_2O_3 dla hutnictwa, poprzez rozkład termiczny (uzyskuje się Fe_2O_3 i SO_3) oraz otrzymywanie nawozów mineralnych, takich jak $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ oraz K_2SO_4 . W pierwszym przypadku roztwór FeSO_4 poddaje się konwersji amoniakalnej, a wytrącane tlenki żelaza przetwarzane są jako koncentrat w hutnictwie żelaza. W drugim przypadku prowadzi się rozkład termiczny $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (temp. 900°C). Powstający koncentrat Fe_2O_3 przeznaczony jest dla hutnictwa, a gazowy SO_3 rozpuszcza się w roztworze KCl i otrzymuje się nawozowy siarczan potasu. Przedstawione metody ze względu na znaczną energochłonność i nie znalazły praktycznego zastosowania [54].

Kwas pohydrolityczny, będący odpadem w produkcji bieli tytanowej, powstaje w procesie hydrolizy siarczanu tytanu (TiOSO_4), której produktami są uwodniony tlenek tytanu i kwas siarkowy. Otrzymany kwas pohydrolityczny zawiera 20-28% H_2SO_4 i różne ilości rozpuszczonych siarczanów, w zależności od użytego surowca tytanowego. Istnieją trzy możliwości utylizacji kwasu pohydrolitycznego [55]:

- Zateżnianie zużytego kwasu do ok. 70-80% H_2SO_4 i ponowne jego wykorzystanie w procesie rozkładu rudy.
- Neutralizacja kwasu pohydrolitycznego wapnem, która generuje gips.
- Wykorzystanie kwasu pohydrolitycznego w produkcji nawozów.

Z przedstawionych powyżej możliwości utylizacji kwasu pohydrolitycznego, jedyny producent bieli tytanowej w Polsce, tj. Zakłady Chemiczne „POLICE” wykorzystują odpadowy kwas pohydrolityczny do produkcji nawozów, co zapobiega powstawaniu znacznych ilości odpadów stałych, które by powstały w przypadku jego neutralizacji.

4.7. Gips z odsiarczania spalin

Jedną z technologii sanitarnych wykorzystujących procesy nieorganiczne do oczyszczania gazów spalinowych, głównie z dużych instalacji spalania węgla kamiennego i brunatnego (o nominalnej mocy cieplnej przekraczającej $100 \text{ MW}_{\text{th}}$) jest mokra wapienna metoda odsiarczania [56]. W metodzie tej otrzymuje się produkt uboczny – gips, co pozwala zachowywać zasoby mineralnego gipsu w środowisku naturalnym. Zaletami tej metody są: wysoka wydajności absorpcji SO_2 (>92%) i stosunkowo niski koszt stosowanego sorbentu - mączki wapiennej.

Najważniejszymi etapami metody mokrego odsiarczania są procesy:

- absorpcji odpylonych w elektrofiltrze gazowych składników spalin (SO_2

oraz HF i HCl) oraz końcowego/mokrego odpylania resztek zanieczyszczeń pyłowych w zawiesinie wapienno-gipsowej,

- krystalizacji gipsu w celu uzyskania produktu o odpowiedniej formie i składzie [57].

Powyższe procesy realizowane są w absorberze, z którego zawiesina gipsu podawana jest na układ odwadniania, przemywania i końcowej filtracji gipsu. Produkt kierowany jest do magazynu i dalej do zakładów przetwórczych wytwarzających głównie materiały budowlane.

Procesy absorpcji i krystalizacji prowadzone są w optymalnych parametrach, z których najistotniejsze są:

- pH i gęstości zawiesiny absorpcyjnej,
- zawartości ciała stałego w zawiesinie,
- gęstość zawiesiny mączki wapiennej podawanej do zawiesiny absorpcyjnej w absorberze w celu zachowania jej zdolności oczyszczania gazów.

Bardzo ważne jest również:

- Zapewnienie odpowiedniego poziomu stężeń substancji rozpuszczalnych i zanieczyszczeń stałych w recyrkulującej zawiesinie absorpcyjnej poprzez ich odprowadzanie do ścieków.
- Utrzymywanie określonego czasu krystalizacji gipsu i stabilnych warunków przebiegu krystalizacji pozwalających uzyskać gips o wymaganej jakości.

W gipsie z instalacji odsiarczania mającym zwykle parametry lepsze od gipsu naturalnego, a przeznaczonym do przeróbki na produkty budowlane limitowane są zawartości:

- głównego składnika $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, wilgotności i wielkości kryształów,
- zanieczyszczeń: chlorków, $\text{CaSO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, węglanów wapnia i magnezu, tlenków żelaza, sodu i glinu.

Bardzo istotny jest również stopień białości i poziom promieniotwórczości naturalnej.

Dla gipsu wykorzystywanego do produkcji cementu limity zanieczyszczeń mogą być wyższe [56]. Produkty odsiarczania (w formie odfiltrowanej lub zawiesiny), w których stężenia zanieczyszczeń przekraczają określone poziomy są traktowane jako odpad i kierowane na składowiska. Uzyskiwanie tego rodzaju produktów może być skutkiem:

- stosowania gorszych gatunków węgla,
- stanu technicznego instalacji spalania, a głównie kotłów i elektrofiltrów,
- problemów z odpylaniem spalin w elektrofiltrach np. przy współspalaniu biomasy,
- braku stabilnego przebiegu procesów absorpcji i krystalizacji (głównie pH zawiesiny absorpcyjnej).

Produkty procesu mokrego odsiarczania spalin w okresach ograniczonego popytu na rynku gipsu i ograniczeń czasowych jego przechowywania są klasyfikowane jako odpady. Odpady te w katalogu odpadów posiadają następujące kody odpadów:

- stałe odpady z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych (kod 10 01 05),
- produkty z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych odprowadzanych w postaci szlamu (kod 10 01 07).

Oprócz metody odsiarczania z zastosowaniem mączki wapiennej do oczyszczania spalin stosowana jest również metoda amoniakalna, w której otrzymywany jest produkt mający zastosowanie jako nawóz mineralny.

4.8. Podsumowanie

4.8.1. Fosfogips

Z przeprowadzonego rozpoznania ilości wytwarzanych odpadów nieorganicznych przez przemysł chemiczny wynika, że największy udział tonażowy ma w nich fosfogips. Należy jednak zauważyć, że:

- Jedynym zakładem w kraju, wytwarzającym obecnie odpad fosfogipsowy są Z.Ch. „POLICE”. Zakład ten przed załamaniem się sprzedaży nawozów mineralnych w 2009 roku wytwarzał rocznie ok. 2 mln ton tego odpadu. Kryzys 2009 roku spowodował wprawdzie znaczny spadek ilości odpadów odprowadzanych na składowisko, ale poprawa światowej koniunktury na nawozy (w tym fosforowe) wpłynie na wzrost produkcji ekstrakcyjnego kwasu ortofosforowego, a tym samym wzrost ilości wytwarzanego fosfogipsu. Odejście od stosowania kwasu fosforowego przez Z.Ch. „POLICE” oznaczałoby rezygnację Polski z produkcji nawozów fosforowych o wysokiej zawartości fosforu typu MAP czy DAP oraz na ich bazie nawozów wieloskładnikowych typu NP, NPK. Wprawdzie jest możliwość zakupu ekstrakcyjnego kwasu ortofosforowego co zakończyłoby wytwarzanie fosfogipsu w Policach, ale wiązałoby się to ze znacznym wzrostem cen nawozów.
- Należy zakładać, że możliwość wznowienia produkcji w aktualnej sytuacji rynkowej w Z.Ch. Wizów jest mało prawdopodobna. Zakłady od 2004 roku nie produkują tripolifosforanu sodu TPFS, a obecny właściciel nie prowadzi żadnej działalności związanej z branżą chemiczną.
- Wznowienie produkcji ekstrakcyjnego kwasu ortofosforowego z fosforytów z wytwarzaniem odpadu fosfogipsowego w Gdańskich Zakładach Nawozów Fosforowych po zamknięciu składowiska fosfogipsu również jest mało prawdopodobne. Obecnie wdrażana jest technologia produkcji nawozów fosforowych na bazie superfosfatu prostego.
- Przy założeniu kontynuowania produkcji ekstrakcyjnego kwasu ortofosforowego w Z.Ch. „POLICE” jedyną realną możliwością wykorzystania odpadów fosfogipsowych w znaczących ilościach jest budownictwo drogowe. Opracowana w Instytucie Nawozów Sztucznych Oddział Chemii Nieorganicznej „IChN” w Gliwicach we współpracy z Instytutem Badawczym Dróg i Mostów w Warszawie technologia produkcji mieszanek fosfogipsowo-popiołowych

do stosowania w budownictwie drogowym umożliwia zagospodarowanie znaczących ilości tego odpadu. Mieszanki zawierają 50% fosfogipsu.

- Pozostaje problem fosfogipsów znajdujących się na składowiskach:
 - Składowisko GZNF (Wiślinki) na którym znajduje się ok. 17 mln ton fosfogipsu zostało zamknięte i jest rekultywowane.
 - Składowisko Z.Ch. Wizów prawdopodobnie również może zostać poddane rekultywacji. Należy jednak zwrócić uwagę, że składowisko to jest jednorodne ze względu na surowiec fosforonośny, tzn. prawie 40-letnia produkcja ekstrakcyjnego kwasu ortofosforowego była oparta o apatyt Kola. Znajdujący się tam fosfogips w ilości ok. 3,5 mln ton zawiera jedynie śladowe ilości zanieczyszczeń pierwiastków promieniotwórczych i mógłby być wykorzystywany w budownictwie drogowym, a nawet do innych zastosowań w budownictwie np. spoiw.
- Charakterystyczną cechą fosfogipsów apatytowych jest obecność w nim pierwiastków ziem rzadkich. Szacuje się, że na składowiskach Z.Ch. Wizów znajduje się około 8300 ton tych pierwiastków (jako RE_2O_3), które mogą być odzyskiwane. W Polsce prowadzono badania w kierunku otrzymywania koncentratu ziem rzadkich [1].
- Składowisko w Z.Ch. „POLICE” to największe nagromadzenie fosfogipsu, zawiera ponad 83 mln ton fosfogipsu. Koszty rekultywacji są bardzo wysokie, a możliwość wykorzystania niewielka.

4.8.2. Stałe produkty uboczne z procesu produkcji sody

Produkcja sody kalcynowanej związana jest z wytwarzaniem produktów ubocznych: wapna posodowego oraz chlorku wapnia. Pierwszy produkt jest stosowany w rolnictwie do wapnowania gleb pod warunkiem, że spełnia wymagania zawarte w odpowiednich rozporządzeniach Ministra Gospodarki. Wapno posodowe wprowadzane do obrotu spełnia te wymagania. Problemem jest, że zapotrzebowanie w rolnictwie występuje sezonowo, co wymaga prowadzenia przez producentów sody odpowiedniej akcji marketingowej. Propozycje stosowania tego produktu w budownictwie drogowym wymagają dalszych badań.

Drugi produkt uboczny chlorek wapniowy nie jest w całości w kraju wykorzystywany. Instalacja o zdolności produkcyjnej 50 tys. t/rok chlorku wapnia dwuwodnego ($CaCl_2 \cdot 2H_2O$) przerabia tylko część roztworu pohydrolitycznego, a i tak nie jest w pełni obciążona ze względu na ograniczony zbyt. Chlorek wapnia jest stosowany do zimowego utrzymania dróg w niewielkich ilościach, mimo, że badania wykazały, iż chlorek wapnia lepiej nadaje się do tych celów (jest mniej szkodliwy od stosowanego powszechnie NaCl). Generalna Dyrekcja Dróg i Autostrad nie przewiduje w okresie zimowym 2011/2012 zakupu chlorku wapnia.

4.8.3. Odpady z produkcji kwasu siarkowego

Wszystkie odpady powstające przy produkcji kwasu siarkowego są klasyfikowane jako niebezpieczne. Przy czym odpady związane ze użytym katalizatorem wanadowym są praktycznie w całości deponowane na odpowiednio przygotowanych składowiskach, w tym również podziemnych. Problem zużytych katalizatorów nie jest rozwiązany również w skali światowej. Pozostałe odpady w tym kwasy płuczkowe wymagają kosztownych operacji unieszkodliwiania metali ciężkich oraz np. związków arsenu. Zagadnienia związane z odpadami produkcji kwasu siarkowego wymagają prowadzenia dalszych intensywnych prac badawczych. Prognozy dotyczące rozwoju przemysłu kwasu siarkowego predestynują nasz kraj do zajęcia czołowego miejsca w świecie w zakresie najnowocześniejszych rozwiązań technologicznych i aparaturowych tej technologii.

Oddzielnym problemem jest kwas siarkowy produkowany w przemyśle metali nieżelaznych w gatunkach handlowych. Przemysł metali nieżelaznych tego kwasu nie używa. Kwas ten praktycznie jest stosowany w całości w przemyśle chemicznym, głównie do produkcji nawozów fosforowych takich jak: np. superfosfat prosty oraz kwas fosforowy, który jest produktem stosowanym do otrzymywania kompleksowych nawozów NPK. Załamanie się rynku nawozów fosforowych (np. w latach 2009-2010) powodowało znaczne trudności w przemyśle metali nieżelaznych.

4.8.4. Odpady z produkcji bieli tytanowej

Odpady z produkcji bieli tytanowej obejmujące siarczan żelaza (II), kwas siarkowy pohydrolityczny i inne produkty stałe oraz odcieki ze składowiska są obecnie praktycznie w całości zagospodarowywane. Siarczan żelaza (II) w całości jest przerabiany na poszukiwane produkty, stąd okresowo aby pokryć zapotrzebowanie rynku eksploatuje się zasoby deponowane na składowiskach. Natomiast kwas pohydrolityczny w całości wykorzystywany jest do produkcji nawozów.

Literatura

1. Folek, S., Waławska, B., Miśkiewicz, J., Wilczek, J. *Zastosowanie odpadów fosfogipsowych do budownictwa drogowego. Projekt badawczy specjalny nr 15/Ukr/2007/02 realizowany przez IChN w Gliwicach i IBDiM w Warszawie (niepublikowany)*, 2009
2. Hilton J. *Phosphogypsum Management and Opportunities for Use*. International Fertiliser Society 2006, nr 587
3. Phosphorous & Potassium 1997, nr 211, s. 38
4. Phosphorous & Potassium 1998, nr 215, s. 35
5. *Disposal Management System for Utilization of Industrial Phosphogypsum and Fly Ash*. Projekt nr.: LIFE98ENV/FIN/000566
6. Osiecka E., *Podstawy technologiczne wytwarzania materiałów budowlanych z odpadów fosforowych*. Warszawa: Politechnika Warszawska, Prace Naukowe

- Budownictwo, 1984, zeszyt 83
7. Skrzypek J., Przegląd Budowlany 1994, nr 11, s. 18
 8. Wolska – Kotańska Cz., Przegląd Budowlany 1994, nr 4, s. 19
 9. Dankowski M., Dachy, Ściany 2001, nr 3, s. 59-61
 10. Hoffmann K., Sprawozdanie z projektu badawczego nr 3T09B 08819, 2003, (niepublikowane)
 11. Quant B., II Kongres Inżynierii Środowiska, Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, 2005, vol. 32
 12. Przygoda M., Kraszewski C., Rafalski L., V Międzynarodowa Konferencja "Trwałe i Bezpieczne Nawierzchnie Drogowe", Kielce 1999
 13. Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 8 września 2010 r. w sprawie sposobu pakowania nawozów mineralnych, umieszczania informacji o składnikach nawozowych na tych opakowaniach, sposobu badania nawozów mineralnych oraz typów wapna nawozowego (Dz.U.2010.183.1229)
 14. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 roku w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu (Dz.U.2008.119.765)
 15. Nawozy wapniowe [dostęp 6.12.2011] http://www.rodaminowap.pl/nawozy_wapniowe.html
 16. Siuta J., Żukowski B., *Rozwój i potencjalne zagrożenia agroekosystemów, Część III. Ocena efektywności wapniowania gleb kwaśnych*. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych 2010, nr 42, s. 109+121, [dostęp 7 grudnia 2011], http://www.ios.edu.pl/pol/pliki/nr42/nr42_11.pdf
 17. *Rekultywacja stawów odpadowych w Janikosodzie*. Gazeta Ciech luty 2010, nr 3, [dostęp 6 grudnia 2011], <http://asppl.securezone.net/v2/index.jsp?id=82/136/328&lng=pl>
 18. Siuta J. *System uprawy i kompostowania roślin na składowisku odpadów posodowych w Janikowie z zastosowaniem osadów ściekowych*. Inżynieria Ekologiczna 2007, nr 19, [dostęp 6 grudnia 2011], <http://www.ineko.net.pl/Nr%2019.htm>
 19. Siuta J. *Rekultywacyjna efektywność osadów ściekowych na składowiskach odpadów przemysłowych*. Acta Agrophysica 2005, nr 5(2), s. 417+425
 20. Innovation Awards 2009: Tata Chemicals wins the ICIS Innovation Awards CSR category Dust-free future, 19 October 2009, [dostęp 7 grudnia 2011] <http://www.icis.com/Articles/2009/10/19/9255300/innovation-awards-2009-tata-chemicals-wins-the-icis-innovation-awards-csr-category.html>
 21. Siuta J. *Odpady w rekultywacji gruntów*. Inżynieria Ekologiczna 2007, nr 19, s. 59-78, [dostęp 06.12.2011], <http://www.ineko.net.pl/Nr%2019.htm>
 22. Siuta J., *Odpady czynnikiem degradacji i naprawy środowiska*. Inżynieria Ekologiczna 2005, nr 10, s. 37-57, [dostęp 06.12.2011], <http://www.ineko.net.pl/pdf/IE-10.pdf>

23. Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals – Solids and Others Industry, August 2007, [online], [dostęp: 9 listopada 2011], http://ftp.jrc.es/eippcb/doc/lvic_bref_0907.pdf
24. Singh M., Garg M., *Cementitious binder from fly ash and other industry and other industrial wastes*, Cement and Concrete Research 1999, vol. 29, nr 3, s. 309-314
25. *Assessment of utilisation of industrial solid wastes in cement manufacturing*, Central Pollution Control Board Ministry of Environment&Forests Govt. of India 2007, [online][dostęp: 8 grudnia 2011]. <http://www.cpcb.nic.in/newitems/24.pdf>
26. PL 191946, Konik Z., Parnicki W., Pobiegly S., Skoczylas S., Stok A., Tworek H. *Sposób otrzymywania kompozytu wiążącego*, Data zgłoszenia: 02.07.1999
27. Sung Do H., Hee Mun P., Sunk Keun R., *A study on engineering characteristics of asphalt concrete using filler with recycled waste lime*, Waste Management 2008, nr28, s. 191-199
28. Nowacki A., *Badania nad zastosowaniem wapna posodowego do wytwarzania asfaltobetonu*. Drogownictwo 1975, nr 5, s. 155-157
29. Zawisza A. *Badania zagęszczalności mieszanek odpadów posodowych z popiołami lotnymi*. Drogownictwo 2008, nr 11, s. 368-371
30. Paszek A., Miśkiewicz J., Nowak M., *Studium rozpoznawcze możliwości zastosowania wapna posodowego z instalacji produkcji sody w Ciech S.A., IChN*, 2009, (praca niepublikowana)
31. Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals – Solids and Others Industry, August 2007, [online], [dostęp: 9 listopada 2011]. http://ftp.jrc.es/eippcb/doc/lvic_bref_0907.pdf
32. CHEMICAL INDUSTRIES NEWSLETTER, June 2006, [dostęp: 9 listopada 2011] www.sriconsulting.com/nl/Public/2006June.pdf
33. *Sprawozdanie z działalności Grupy Ciech za 2007, 2008, 2009 rok*, [online PDF], [dostęp 4 grudnia 2011], <http://www.ciech.com/PL/inwestorzy/Strony/default.aspx>
34. Kamyk J., *Rynek soli w Polsce – stan obecny i tendencje zmian*, Gospodarka Surowcami Mineralnymi 2008, nr 24, zeszyt 4/4, s. 143-153
35. Kasikowski T., Buczkowski R., Lemanowska E., *Cleaner production in the ammonia-soda industry: an ecological and economic study*, Journal of Environmental Management 2004, nr 73, s. 339-356
36. Steinhauser G., *Split-Precipitation – An Ecological Alternative In the Purification of Crude Sodium Chloride Brine*, BHM 2005, vol. 150, nr 8, s. 283-286
37. Kasikowski T., Buczkowski R., Cichosz M., Lemanowska E., *Combined distiller waste utilisation and combustion gases desulphurisation method* The

- case study of soda-ash industry*, Resources, Conservation and Recycling 2007, nr 51, s. 665-690
38. Grzesiak P. *Odpady w przemyśle chemicznym*. Chemik 2008, 61, nr 3, s. 140-145
 39. Grzesiak P. *Technologiczne możliwości ograniczenia emisji związków siarki z fabryk kwasu siarkowego*. W: Stan aktualny, perspektywy rozwoju hutnictwa w ZGH Bolesław. Bukowno: ZGH Bukowno, 2000, s. 107-119
 40. Grzesiak P., Grobela M. *Możliwości ograniczenia emisji związków siarki z fabryk kwasu siarkowego w wyniku optymalizacji procesów*. W: Chemiczne aspekty badań środowiska. Tom 3. Red. Schroeder G., Poznań: UAM, 2005, ISBN 83-89936-04-6. s. 51-66
 41. Grzesiak P. *Produkcja kwasu siarkowego w hutnictwie metali nieżelaznych. Część 1. Metody, technologie i przygotowanie gazu*. Rudy i Metale Nieżelazne 2002, nr 3, s. 112-119
 42. Grzesiak P. *Katalizatory wanadowe do utleniania SO₂*. Kwas siarkowy. Tom 5. Poznań: IOR, 2005, ISBN 83-89867-50-8
 43. Grzesiak J. *Charakterystyka ekologiczna niektórych depozytów powstających w produkcji kwasu siarkowego*. W: Kompleksowe zagospodarowanie szkodliwych odpadów katalizatora wanadowego stosowanego do utleniania SO₂. Red. Trypuć M., Grzesiak P., Mazurek K., Grobela M. Poznań: WN IOR PIB, 2007. ISBN 978-83-89867-18-6. s. 55-77
 44. Hłyń T., Grzesiak P., Woźniak W. *Charakterystyka krajowego potencjału produkcji kwasu i bilans zużytych mas wanadowych*. W: Kompleksowe zagospodarowanie szkodliwych odpadów katalizatora wanadowego stosowanego do utleniania SO₂. Red. Trypuć M., Grzesiak P., Mazurek K., Grobela M. Poznań: WN IOR PIB, 2007. ISBN 978-83-89867-18-6. s. 119-143
 45. *Pierwszy projekt regeneracji kwasu siarkowego*. [online], [dostęp 9 grudnia 2011], <http://www.etp.com.pl/index.php/pl/artykuy/regeneracja-kwasu>
 46. *Technologia produkcji bieli tytanowej w Policach*, [online, plik PDF], [dostęp: 6 grudnia 2011]. http://www.plastech.pl/wiadomosci/artykul_1787_3/Technologia-produkcji-bieli-tytanowej-w-Policach
 47. *Fespol – siarczan żelaza (II)*. [online], [dostęp 12 grudnia 2011], <http://www.zchpolice.pl/produkty/chemikalia/oferta/fespol-siarczan-zelazaii>
 48. *Koagulanty żelazowe PIX*, [online], [dostęp: 8 grudnia 2011], <http://www.kemipol.com.pl/produkt/koagulanty-żelazowe>
 49. *Program Responsible Care-zrealizowane zadania*, [online], [dostęp: 8 grudnia 2011], <http://www.zchpolice.pl/firma/ochrona-srodowiska/program-rc/zrealizowane-zadania>
 50. *Norma zakładowa*, [online, plik PDF], [dostęp: 8 grudnia 2011], <http://www.zchpolice.pl/sites/default/files/ZN338FeSO4.pdf>
 51. Przepiera, K., Przepiera, A. *Utilization of waste iron (II) sulphate from titanium*

- dioxide production for preparation of precipitated iron oxides*. Pol. J. Chem. Tech. 2001, vol. 3, nr 2, s. 20-25
52. Sołtysik, B. *Opracowanie metody otrzymywania żółci żelazowej z odpadowego siarczynu żelaza (II) z wyeliminowaniem żelaza metalicznego*. Praca naukowo – badawcza. Gliwice: IChN, 1997, nr 4085, (niepublikowane)
53. Sołtysik, B. *Opracowanie metody otrzymywania czerwieni żelazowej z odpadowego siarczynu żelaza (II)*. Praca naukowo – badawcza. Gliwice: IChN, 1998, nr 4134, (niepublikowane)
54. Paszek, A. *Badania procesu termicznego rozkładu odpadowego siarczynu żelaza (II) w kierunku otrzymywania nawozowego siarczynu potasu*. Sprawozdania z pracy badawczej. Gliwice: IChN, 1996, nr 4053, (niepublikowane)
55. Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals – Solids and Others Industry, August, 2007, [online], [dostęp: 9 listopada 2011]. http://ftp.jrc.es/eippcb/doc/lvic_bref_0907.pdf
56. Reference Document on Best Available Techniques Large Combustion Plants, July 2006 [online] [dostęp 30 listopada 2011] [<http://eippcb.jrc.es/reference/lcp.html>]
57. Warych, J. *Oczyszczanie przemysłowych gazów odlotowych*. Warszawa: PWN, 1988. ISBN83-204-0876-8

ROZDZIAŁ 5

OCHRONA ŚRODOWISKA W PRAWODAWSTWIE WSPÓLNOTY EUROPEJSKIEJ I POLSKIM

KRZYSZTOF CZARNOMSKI¹

5.1. Prawo Wspólnoty Europejskiej

Ochrona środowiska wymaga podejmowania działań w skali globalnej, których istotnym składnikiem są ograniczenia w korzystaniu ze środowiska polegające na przyjmowaniu, w skali globalnej, standardów określających właściwości wspólnych dla całej ludzkości zasobów środowiska. Ustalone w skali międzynarodowej zasady postępowania w sprawach szczególnie istotnych dla jakości środowiska i poziomów jego wykorzystywania w gospodarce i innych dziedzinach działalności człowieka są podstawą ochrony środowiska i zapewniania jego zrównoważonego wykorzystania, jako warunku istnienia człowieka.

Procesy technologiczne zagospodarowania odpadów stanowią istotny składnik kompleksowego przemysłowego procesu wytwórczego. Koszty gospodarki odpadami, jako składnik kosztów produkcji, odgrywają istotną rolę w ocenie opłacalności produkcji.

W gospodarce odpadami podstawową rolę odgrywają wymagania ochrony środowiska, ochrony życia i zdrowia człowieka i ochrony różnorodności biologicznej. Ochrony przed działalnością ludzką, bowiem odpady powstają w wyniku tej działalności. Poziom tej ochrony wymaga uzgodnień w skali globalnej, stąd potrzeba przyjęcia zasad postępowania w takiej skali. Zasad postępowania zapewniających jednakową ochronę środowiska, a także równomierne rozłożenie kosztów tej ochrony w skali globalnej.

Zawierając, w ramach działalności UNEP (United Nations Environment Programme), międzynarodowe konwencje, zapewniono przyjęcie zasad postępowania z odpadami w skali międzynarodowej. Zasady te wprowadzane są w prawodawstwie państw, członków konwencji.

Produkcja i użytkowanie wyrobów chemicznych są przyczyną licznych zagrożeń dla środowiska i zdrowia ludzkiego i to jest przyczyną szczególnego zainteresowania, które skutkowało powołaniem do życia międzynarodowego forum, z udziałem UNEP, innych agend ONZ, międzynarodowych organizacji, rządów i organizacji społecznych

¹Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy IOŚ - PIB, 00-548 Warszawa, ul. Krucza 5/11d

szeregu państw. SAICM (Strategic Approach to International Chemicals Management) jest międzynarodowym forum, którego zadaniem jest organizacja międzynarodowych konferencji w sprawach gospodarki chemikaliami (International Conference on Chemicals Management). Na takiej konferencji (Dubai, 2006 r.) określono cel działalności SAICM, którym jest produkowanie i użytkowanie wyrobów chemicznych metodami zapewniającymi minimalizację ich szkodliwości dla środowiska i zdrowia ludzkiego. Cel ten ma być osiągnięty do 2020 r. Określenie środków, służących jego osiągnięciu, jest przedmiotem konwencji międzynarodowych.

Gospodarka odpadami nieorganicznymi przemysłu chemicznego jest przedmiotem konwencji o kontroli transgranicznego przemieszczania i usuwania odpadów niebezpiecznych, przyjętej w Bazylei w 1989 r., która weszła w życie w maju 1992, ratyfikowanej w Polsce w 1995 r. (Dz. U. Nr 19 poz. 88).

Istotne są działania OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) dla rozsądnej z punktu widzenia ochrony środowiska naturalnego gospodarki odpadami, polegające na kontroli przesyłania odpadów i opracowaniu uzgodnionych na poziomie międzynarodowym standardów. Ma to na celu, między innymi, wzmocnienie instytucjonalnych i pozainstytucjonalnych możliwości w zakresie gospodarki odpadami w krajach rozwijających się.

Strategię postępowania z odpadami przemysłowymi w UE określono w dokumencie Komisji Europejskiej dotyczącym zintegrowanej polityki produktem [1] (Integrated Product Policy – IPP), który stanowił podstawę do dalszych dyskusji, w wyniku których opublikowano dokument [2], w którym przyjęto, jako zasadę IPP, minimalizację negatywnego oddziaływania przez produkty na środowisko we wszystkich fazach cyklu życia produktu poprzez podejmowanie działań, które będą najbardziej skuteczne i efektywne ekonomicznie. Osiągnięcia w tym zakresie przedstawiono w dokumencie Komisji [3].

Strategia UE [4] skupia się na skoordynowanym podejściu do kwestii związanych z zapobieganiem powstawaniu odpadów, dzięki któremu działania dotyczące zapobiegania skupią się na redukcji ich oddziaływania na środowisko. Działania w kwestii zapobiegania powstawaniu odpadów muszą być podjęte na wszystkich poziomach administracji. Na poziomie europejskim rolę tą spełnią dyrektywa dotycząca zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom i ich kontroli (Integrated Pollution Prevention and Control – IPPC) [5] oraz zintegrowana polityka produktu (IPP). Dokumenty referencyjne dotyczące najlepszych dostępnych technik (*Reference Document on Best Available Techniques* – BREF) dostarczają przydatnych informacji dotyczących zapobiegania powstawaniu odpadów. Te aspekty BREF powinny zostać wzmocnione, a Państwa Członkowskie, przemysł i inne zainteresowane strony powinny bardziej regularnie wymieniać się informacjami na temat najlepszych praktyk. Wreszcie, Komisja ma zamiar przyrzeć się ponownie kwestii opracowania ram dla inicjatyw projektowania ekologicznego w ramach zintegrowanej polityki produktu.

Większość działań zapobiegających powstawaniu odpadów trzeba będzie podjąć

na poziomie krajowym, regionalnym lub lokalnym. Do dyrektywy ramowej w sprawie odpadów zostaną wprowadzone zmiany mające na celu wyjaśnienia obowiązków Państw Członkowskich w zakresie opracowania dostępnych publicznie programów zapobiegania powstawaniu odpadów, w kontekście zrównoważonej produkcji i konsumpcji.

W krajach WE podstawowym narzędziem dla oceny wpływu procesów technicznych i instalacji na środowisko jest dyrektywa IPPC, której celem jest osiągnięcie zintegrowanego sposobu postępowania dla kontroli i zapobiegania zanieczyszczeniu środowiska. Dyrektywa wprowadza pojęcie normy jakości środowiska, co oznacza zestaw warunków, które muszą zostać spełnione w określonym czasie przez środowisko lub jego część. Od spełnienia tych warunków uzależniono wydanie zezwolenia na funkcjonowanie instalacji technicznych. Dyrektywa określa rodzaje instalacji, w stosunku do których obowiązuje wydanie zezwolenia. W odniesieniu do instalacji przemysłu chemicznego wykaz ten obejmuje praktycznie cały przemysł. Istotne wymagania dla procesów i instalacji określają publicznie dostępne dokumenty Komisji Europejskiej opisywane skrótem BREF [6].

Gospodarka odpadami nieorganicznymi przemysłu chemicznego jest przedmiotem następujących dokumentów BREF:

- Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques in the Chlor-Alkali Manufacturing industry. December 2001,
- Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on Economics and Cross-Media Effects. July 2006,
- Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals - Solids and Others Industry, August 2007,
- Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques in the Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector. October 2009,
- Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals - Ammonia, Acids and Fertilizers. August 2007,
- Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques in the Large Volume Organic Chemical Industry. February 2003,
- Reference Document on Best Available Techniques in the Production of Polymers. August 2007,
- Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on Best Available Techniques for the Production of Speciality Inorganic Chemicals. August 2007.

Do oceny procesu technologicznego i instalacji z punktu widzenia jego wpływu

na środowisko, a także aspektów ekonomicznych, można posłużyć się dokumentem IPPC-Reference Document on Economics and Cross-Media Effects, poświęconym problematyce ekonomicznej i metodologii oceny oddziaływania instalacji – poziomu ochrony środowiska jako całości, we wszystkich jego częściach – powietrzu, wodzie i powierzchni ziemi. Dokument ten został opracowany z myślą o ocenie możliwości wdrożenia rozwiązań technicznych zapewniających poprawę zachowania się instalacji w środowisku, również zastosowania BAT (Najlepszej Dostępnej Techniki, ang. *Best Available Techniques*) zalecanych w BREF. Postępowania zalecone w tym dokumencie są pomocne przy ocenie stopnia realizacji wymagań dyrektywy IPPC, ale nie są obowiązujące z prawnego punktu widzenia.

Przez pojęcie BAT należy rozumieć najbardziej efektywne i nowoczesne rozwiązanie w zakresie technologii i techniki, przydatne w praktyce do zapobiegania uwolnieniom zanieczyszczeń do środowiska, lub, jeśli to jest niemożliwe, do redukcji tych uwolnień i zmniejszenia oddziaływania na środowisko. Pod pojęciem „techniki” należy rozumieć zarówno proces technologiczny, jak i rozwiązania techniczne (aparatura, urządzenia, wyposażenie budynków i budowli, ich obsługa i konserwacja) i organizacyjne. „Dostępność” oznacza ekonomiczne warunki stosowania (koszty), a także możliwość stosowania tych rozwiązań w warunkach istniejącej infrastruktury. W dyrektywie IPPC (załącznik IV) określono następujące kryteria oceny techniki w operacjach jednostkowych i procedurach postępowania:

1. Stosowanie technologii niskoodpadowej.
2. Stosowanie substancji stwarzających mniejsze zagrożenie.
3. Zapewnienie odzysku i recyklingu substancji i odpadów powstających w procesie.
4. Wskazanie podobnych procesów, urządzeń, procedur stosowanych w skali przemysłowej.
5. Postępy w technologii i wiedzy.
6. Rodzaje, efekty i wielkości emisji z procesu.
7. Wyniki badań nowych i istniejących instalacji.
8. Czas potrzebny na wdrożenie BAT.
9. Zużycie i rodzaje surowców (w tym wody) oraz efektywność energetyczna instalacji.
10. Potrzeby w zakresie zapobiegania lub redukcji uwolnień emisji do środowiska oraz ryzyko środowiskowe.
11. Potrzeby w zakresie zapobiegania awariom i redukcji ich następstw dla środowiska.
12. Informacje publikowane przez KE – dokumenty BREF.
13. Istotnym elementem strategii gospodarki odpadami jest oczywiście produkcja pełnowartościowych wyrobów z odpadów, czego przykładem może być zagospodarowanie odpadów z przemysłu wydobywczego [7].

Podstawowym aktem prawnym dla gospodarki odpadami jest w UE dyrektywa

Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy [8]. Dyrektywa ta uchyla dyrektywy: 75/439/EEC w sprawie unieszkodliwiania olejów odpadowych, 91/689/EEC w sprawie odpadów niebezpiecznych i 2006/12/EC w sprawie odpadów.

Inne dyrektywy dotyczące gospodarki odpadami nieorganicznymi z przemysłu chemicznego:

- Dyrektywa Rady 78/176/EWG z dnia 20 lutego 1978 r. w sprawie odpadów pochodzących z przemysłu ditlenku tytanu (Dz. Urz. L 54 s. 19),
- Dyrektywa Rady 82/883/EWG z dnia 3 grudnia 1982 r. w sprawie procedur nadzorowania i monitorowania środowiska naturalnego w odniesieniu do odpadów pochodzących z przemysłu ditlenku tytanu (Dz. Urz. L 378 s 1),
- Dyrektywa Rady 83/29/EWG z dnia 24 stycznia 1983 r. zmieniająca dyrektywę 78/176/EWG w sprawie odpadów pochodzących z przemysłu ditlenku tytanu (Dz. Urz. L 32 s. 28),
- Dyrektywa Rady 1999/31/WE z dnia 26 kwietnia 1999 r. w sprawie składowania odpadów (Dz. Urz. L 182 s 1).

Rozporządzenia i inne akty prawne WE obowiązujące w krajach Wspólnoty Europejskiej bez krajowych aktów wprowadzających (w tym polskich):

- Decyzja Komisji 2000/532/WE z dnia 3 maja 2000 r. zastępująca decyzję 94/3/WE ustanawiającą wykaz odpadów zgodnie z art. 1 lit. a) dyrektywy Rady 75/442/EWG w sprawie odpadów oraz decyzję Rady 94/904/WE ustanawiającą wykaz odpadów niebezpiecznych zgodnie z art. 1 ust. 4 dyrektywy Rady 91/689/EWG w sprawie odpadów niebezpiecznych (Dz. Urz. L 226 s.3),
- Decyzja Komisji 2001/118/WE z dnia 16 stycznia 2001 r. zmieniająca decyzję 2000/532/WE w zakresie wykazu odpadów (Dz. Urz. L 47 s. 1),
- Decyzja Komisji z dnia 22 stycznia 2001 r. zmieniająca decyzję 2000/532/WE zastępującą decyzję 94/3/WE ustanawiającą wykaz odpadów zgodnie z art. 1 lit. a) dyrektywy Rady 75/442/EWG w sprawie odpadów oraz decyzję Rady 94/904/WE ustanawiającą wykaz odpadów niebezpiecznych zgodnie z art. 1 ust. 4 dyrektywy Rady 91/689/EWG w sprawie odpadów niebezpiecznych (2001/119/WE),
- Decyzja rady 2001/573/WE z dnia 23 lipca 2001 r. zmieniająca decyzję Komisji 2000/532/WE w zakresie wykazu odpadów (Dz. Urz. L 103 s.18),
- Decyzja Rady 2003/33/WE z dnia 19 grudnia 2002 r. ustanawiająca kryteria i procedury przyjęcia odpadów na składowiska, na podstawie art. 16 i załącznika II do dyrektywy 1999/31/WE (Dz. Urz. L 11 s 27),
- Rozporządzenie (WE) Nr 1013/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z 14 czerwca 2006 r. w sprawie przemieszczania odpadów (Dz. Urz. L 131 s 1).

5.2. Prawodawstwo polskie

Prawodawstwo polskie dotyczące gospodarki odpadami nieorganicznymi

z przemysłu chemicznego:

- Ustawa o odpadach z 27 kwietnia 2001 r. (t. jedn. Dz. U. z 2007 r. Nr 39 poz. 261 z późn. zm.),
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2001 r. Nr 62 poz. 627 z późn. zm.),
- Ustawa z dnia 27 lipca 2001 r. o wprowadzeniu ustawy prawo ochrony środowiska, ustawy o odpadach oraz o zmianie niektórych ustaw (Dz. U. Nr 100 poz. 1086 z późn. zm.),
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz. U. Nr 112 poz. 1206),
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 października 2002 r. w sprawie składowisk odpadów oraz miejsc magazynowania odpadów pochodzących z procesów wytwarzania dwutlenku tytanu oraz z przetwarzania tych odpadów (Dz. U. Nr 176 poz. 1456),
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 października 2002 r. w sprawie odpadów pochodzących z procesów wytwarzania dwutlenku tytanu oraz przetwarzania tych odpadów, które nie mogą być unieszkodliwiane przez składowanie (Dz. U. Nr 178 poz. 1513),
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 r. w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów (Dz. U. Nr 220 poz. 1858),
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 marca 2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów (Dz. U. Nr 61 poz. 549),
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 maja 2004 r. w sprawie warunków, w których uznaje się, że odpady nie są niebezpieczne (Dz. U. Nr 128 poz. 1347),
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 lipca 2004 r. w sprawie ograniczeń, zakazów lub warunków produkcji, obrotu lub stosowania substancji niebezpiecznych i preparatów niebezpiecznych oraz zawierających je produktów (Dz. U. Nr 168 poz. 1762),
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 czerwca 2005 r. w sprawie podziemnych składowisk odpadów (Dz. U. Nr 110 poz. 935),
- Rozporządzenia Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 7 września 2005 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu (Dz. U. Nr 186 poz. 1553),
- Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 24 lutego 2006 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów na składowiska odpadów danego typu (Dz. U. Nr 38 poz. 264),
- Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 26 lipca 2006 r. w sprawie stawek

opłat za działalność polegającą na poszukiwaniu, rozpoznawaniu złóż kopalin, magazynowaniu substancji oraz składowaniu odpadów na rok 2007 (M.P. Nr 53 poz. 575),

- Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 3 lipca 2007 r. w sprawie stawek opłat za działalność polegającą na poszukiwaniu, rozpoznawaniu złóż kopalin, magazynowaniu substancji oraz składowaniu odpadów na rok 2008 (M.P. Nr 42 poz. 486),
- Ustawa z dnia 13 kwietnia 2007 r. o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie (Dz. U. Nr 76 poz. 493),
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 12 czerwca 2007 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu (Dz. U. Nr 121 poz. 832),
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 22 sierpnia 2007 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów na składowiska podziemne (Dz. U. Nr 163 poz. 1156),
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 26 października 2007 r. w sprawie rodzajów odpadów, które mogą być składowane nieselektywnie na składowiskach podziemnych (Dz. U. Nr 209 poz. 1514),
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 lutego 2009 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów (Dz. U. Nr 32 poz. 320),
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 czerwca 2009 r. w sprawie wzorów wykazów zawierających informacje i dane o zakresie korzystania ze środowiska oraz o wysokości należnych opłat (Dz. U. Nr 97 poz. 816),
- Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 18 sierpnia 2009 r. w sprawie wysokości stawek opłat za korzystanie ze środowiska na rok 2010 (M.P. nr 57 poz. 780),
- Ustawa z dnia 20 listopada 2009 r. o zmianie ustawy – Prawo ochrony środowiska oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. Nr 216 poz. 1644).

Podstawowym aktem legislacyjnym określającym strategię działań w zakresie ochrony środowiska jest ustawa Prawo ochrony środowiska. Wynikające z konwencji międzynarodowych i dyrektyw WE obowiązki wprowadza ta ustawa na obszar Polski. Dla przemysłu chemicznego bardzo istotne jest wprowadzenie obowiązku uzyskania pozwolenia na działalność przez zakłady przemysłowe, w tym przemysłu chemicznego, określającego kompleksowo z punktu widzenia ochrony środowiska warunki funkcjonowania instalacji i urządzeń zakładu. Pozwolenie to nosi nazwę „pozwolenia zintegrowanego”, bowiem zawiera wymagania w zakresie wszelkich możliwych oddziaływań na środowisko, w tym wszelkiego rodzaju zanieczyszczeń uwalnianych do otoczenia. W postępowaniu o udzielenie pozwolenia zasadniczą rolę ogrywają dokumenty BREF wydane na podstawie dyrektywy IPPC, traktowane jako dokumenty

referencyjne dla oceny technologii i instalacji technicznych. W ten sposób zapewnia się wzrost znaczenia rekomendacji zawartych w BREF i jednocześnie wykorzystuje je do realizacji strategii przyjętej przez SAICM na konferencji w Dubaju, a realizowanej przez WE w programie Zintegrowanej Polityki Produktu.

Ustawa Prawo ochrony środowiska wprowadza również narzędzia ekonomiczne, które służyć mają na rzecz wyboru przez producentów technologii o mniejszej wielkości uwolnień zanieczyszczeń do środowiska. Ustawa wprowadza obowiązek opłat za korzystanie ze środowiska z tytułu jego zanieczyszczenia. Górne jednostkowe stawki tych opłat są następujące [9]:

- dla gazów lub pyłów wprowadzanych do powietrza 335,36 zł/kg
- dla substancji wprowadzanych ze ściekami do wód lub do ziemi 215,00 zł/kg
- za 1 dm³ wód chłodniczych 24,56 zł/dm³
- za umieszczenie odpadów na składowisku 245,67 zł/t
- za pobór wody podziemnej 3,64 zł/m³
- za pobór wody powierzchniowej 1,89 zł/m³
- za odprowadzanie ścieków z powierzchni ziemi 3,64 zł/m³

Opłaty środowiskowe z tytułu składowania niektórych wybranych odpadów nieorganicznych [9]:

06 01 __ kwasy: siarkowy, chloro- i fluorowodorowy, azotowy	54,40 zł/t
06 01 04* kwas fosforowy	16,95 zł/t
06 02 03* wodorotlenek wapniowy	54,40 zł/t
06 03 14 sole i roztwory inne niż wymienione w 060311 i 060313	54,40 zł/t
06 05 03 osady z zakładowych oczyszczalni ścieków inne niż 060502*	54,40 zł/t
06 09 80 fosfogipsy	10,08 zł/t
06 11 01 poreakcyjne odpady związków wapnia z produkcji TiO ₂	16,95 zł/t

Objęcie obowiązkiem uzyskania pozwolenia zintegrowanego dla całości instalacji przemysłowej dotyczy również tej jej części, która służy do przerobu odpadów z procesu głównego. I w tym zakresie obowiązuje dokumentacja referencyjna (BREF, BAT). Zadaniem w tym zakresie jest uzyskanie pełnowartościowych wyrobów lub surowców dla innych technologii – jako program maksimum – albo zmniejszenie uciążliwości odpadów dla środowiska, z osiągnięciem kryteriów odpadów obojętnych – jako program minimum. Nie osiągnięcie tych zadań powoduje koszty składowania odpadów, rosnące w czasie wraz z wzrostem kosztów transportu, terenów dla składowisk, urządzeń i eksploatacji składowiska, a także opłat za korzystanie ze środowiska.

Należy zwrócić uwagę, że taktyka zmiany odpadów na „produkty uboczne trudnozbyszalne” ma wszelkie cechy postępowania krótkookresowego i ze względów ekonomicznych nieopłacalnego. Zmiany prawodawstwa w zakresie gospodarki odpadami, obecnie wprowadzane dyrektywą 2008/98/WE o odpadach, mają na celu wyraźne określenie różnic pomiędzy odpadem, a surowcem wtórnym lub wyrobem.

Obowiązujące w Polsce prawodawstwo z zakresie gospodarki odpadami jest zgodne z prawem UE, które w niektórych nawet przypadkach wyprzedza ograniczenia

przyjęte w skali międzynarodowej, co niekiedy sprawia wrażenie działania w obronie interesów przemysłu chemicznego WE, bowiem blokuje import niektórych wyrobów chemicznych. Przewidywać należy, że tendencja ta będzie się utrzymywała.

W grupie odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego dominują odpady z przerobu surowców mineralnych, gdy jeden ze składników surowca albo nie posiada wartości użytkowej, albo powstający z niego produkt jest niekonkurencyjny w stosunku do wyrobów z innych procesów. Przykładowo można tu wymienić:

- Odpady przemysłu sodowego, których głównym składnikiem jest CaCl_2 , substancja, na którą zapotrzebowanie jest niewielkie w porównaniu z produkcją. Zastosowanie elektrolitycznego procesu rozkładu NaCl jest bardzo energochłonne, a powstający w procesie chlor też nie znajduje odpowiednio wysokiego zapotrzebowania. Może powrót do szerokiego stosowania PCV – w dłuższym horyzoncie czasowym – byłby właściwym rozwiązaniem? Należałoby także podjąć badania nad powolną konwersją CaCl_2 w warunkach składowiska w CaCO_3 (i co się dzieje z powstającym HCl ?).
- Fosfogipsy, o których możliwości wykorzystania przesądzają względy ekonomiczne.
- Odpady przemysłu TiO_2 , uciążliwe dla środowiska, a proces unieszkodliwiania kosztowny.

Analiza rozwoju przemysłu chemicznego, z punktu widzenia rynku tych wyrobów, wskazuje jednoznacznie, że zapotrzebowanie na wyroby powodujące zanieczyszczenie środowiska substancjami zagrażającymi człowiekowi i innym organizmom będzie malało. Intensywne poszukiwanie substancji o selektywnym działaniu i nie ulegających akumulacji będzie trwało, natomiast spadek produkcji nastąpi w grupach towarowych związanych z surowcami, których zasoby maleją – głównie z węglowodorami.

Oczekiwać należy rozwoju biotechnologii, również w produkcji podstawowych dóbr zaopatrzenia człowieka.

W gospodarce odpadami utrzyma się podstawowa dziś tendencja – redukcja ilości i wykorzystanie – czyli nadanie cech użytkowych – wszystkim produktom procesu przemysłowego.

Literatura

1. COM(2001)68 Integrated Product Policy (IPP)
2. COM(2003)302
3. COM(2009)693 final, Commission Staff Working Document Accompanying the Report from the Commission to the Council, the European Parliament, the European and Social Committee and the Committee of the regions on the State of Implementation of Integrated Product Policy
4. Komunikat Komisji dla Rady, Parlamentu Europejskiego, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów, Promowanie zrównoważonego wykorzystania zasobów: Strategia tematyczna w sprawie

- zapobiegania powstawaniu odpadów i ich recyklingu, COM(2005)666 final. Bruksela, dnia 21.12.2005
5. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/1/WE z dnia 15 stycznia 2008 r. dotycząca zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom i ich kontroli (Dz. Urz. L Nr 24)
 6. <http://eipcb.jrc.europa.eu/reference/sic/htm>
 7. Reference document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste Rock in Mining Activities. July 2004.
 8. Dz. Urz. L 112
 9. Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 18 sierpnia 2009 r. w sprawie wysokości stawek za korzystanie ze środowiska na rok 2010 (M.P. Nr 57 poz. 780)

ROZDZIAŁ 6

PROGNOZY ROZWOJU PRODUKCJI BAZOWYCH CHEMIKALIÓW NIEORGANICZNYCH I NAWOZÓW MINERALNYCH W ŚWIELE EUROPEJSKICH PRIORYTETÓW ŚRODOWISKOWYCH

BARBARA CICHY¹, WOJCIECH LUBIEWA-WIELEŻYŃSKI², JERZY MAJCHRZAK²

6.1. Wstęp

Rozpatrując problem odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego należy pamiętać, że powstawanie odpadów przemysłowych jest ściśle związane z procesami i technologiami, należy odpady traktować jako produkty technologii, w tym wypadku, chemicznych. Produkcja substancji chemicznych często postrzegana jest przez społeczeństwo jako źródło rozmaitych zagrożeń dla środowiska naturalnego i dla zdrowia ludności, bez refleksji nad koniecznością wytwarzania produktów i surowców niezbędnych do zrównoważonego rozwoju gospodarki i utrzymania poziomu konsumpcji. Możliwości zastąpienia przy produkcji wielu substancji według obecnych technologii obciążających środowisko tak zwanymi „czystymi technologiami” są ograniczone. Jednocześnie istnieje konieczność kompromisu pomiędzy korzyściami ekonomiczno-społecznymi płynącymi z rozwoju produkcji chemicznej, zaspokojeniem popytu konsumpcyjnego a pewnym negatywnym wpływem tej produkcji na środowisko. Jest to wyzwanie dla przemysłu w czasie kiedy Unia Europejska stawia sobie za cel równocześnie pokonanie obecnego kryzysu gospodarczego i rozwój inteligentny, zrównoważony oraz sprzyjający włączeniu społecznemu (Program Europa 2020).

6.2. Międzynarodowe programy rozwoju i priorytety środowiskowe

Europejska Agencja Środowiska (EEA) wprowadziła pojęcie **kapitału przyrodniczego**, a właściwe zarządzanie nim uważa za niezbędne dla zrównoważonego rozwoju świata. Najważniejsze dla kapitału przyrodniczego Europy są różnorodność przyrodnicza, zmiany klimatu, środowisko zdrowie i jakość życia, ale też stan zasobów naturalnych i odpady. Polityka i prawo dotyczące środowiska i ekoinnowacyjności przyczyniają się do zwiększenia wydajności zasobowej wyrażonej względem „rozłączeniem”(decoupling) wskaźników wykorzystywania zasobów naturalnych,

¹Instytut Nawozów Sztucznych, Oddział Chemii Nieorganicznej „IChN” w Gliwicach, 44-100 Gliwice, ul. Sowińskiego 11

²Polska Izba Przemysłu Chemicznego, ul. Śniadeckich 17, 00-654 Warszawa

emisji i wytwarzania odpadów stałych od wskaźników wzrostu gospodarczego. Efekty tej polityki widać już w niektórych dziedzinach, ale całkowite „rozłączenie” pozostaje jednak w dalszym ciągu wyzwaniem.

Agencja EEA sformułowała następujące przyszłe priorytety dotyczące środowiska:

- **Lepsze wdrażanie i dalsze wzmacnianie bieżących priorytetów środowiskowych** związanych ze zmianami klimatu; przyrodą i różnorodnością biologiczną; wykorzystaniem zasobów naturalnych i odpadami; środowiskiem, zdrowiem i jakością życia. Poprawa monitorowania i wdrażania polityki ekologicznej i polityk sektorowych zapewni, że rezultaty środowiskowe zostaną osiągnięte, dadzą stabilność przepisów i wesprą efektywniejsze zarządzanie,
- **Właściwe zarządzanie kapitałem przyrodniczym i usługami ekosystemu.** W tym priorytecie najważniejszy jest wzrost stopnia wykorzystania istniejących zasobów,
- **Spójne wprowadzenie aspektów środowiskowych** do wielu dziedzin polityk sektorowych może pomóc w zwiększeniu wydajności, z jaką zasoby naturalne są wykorzystywane,
- **Transformacja w kierunku zielonej gospodarki**, która uwzględnia długookresową żywotność kapitału przyrodniczego w Europie i zmniejszoną od niego zależność poza Europą [1].

W roku 2050 ludzkość może pochłonąć około 140 miliardów ton minerałów: rud i minerałów przemysłowych, paliw kopalnych i biomasy rocznie – trzy razy więcej niż obecnie - chyba, że tempo wzrostu gospodarczego zostanie „odłączone” od tempa zużycia zasobów naturalnych. Kraje rozwinięte zużywają średnio 16 ton surowców naturalnych na mieszkańca rocznie, w niektórych krajach jest to nawet 40 lub więcej ton zużywanych surowców rocznie. Dla porównania, przeciętny człowiek w Indiach dzisiaj zużywa cztery tony surowców rocznie. Wraz z rozwojem populacji i dobrobytu, zwłaszcza w krajach rozwijających się, prawdopodobna jest perspektywa znacznie wyższego poziomu wykorzystania zasobów niż wymaga tego zrównoważony rozwój. Obecnie wyczerpują się tanie i wysokiej jakości źródła niektórych niezbędnych materiałów, takich jak ropa naftowa, miedź i złoto, przetwórstwo których wymaga z kolei stale rosnących ilości paliw kopalnych i wód słodkich. Poprawą wskaźnika produktywności zasobów: („robić więcej za mniej” i szybciej niż tempo wzrostu gospodarczego) to propozycja realizacji programu ONZ „Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth”. Osiągnięcie sukcesu tego programu wymaga zmiany powiązań między wykorzystaniem zasobów oraz wzrostem dobrobytu poprzez wsparcie dla ogromnych inwestycji w innowacje technologiczne, finansowe i społeczne, co najmniej zamrożenia konsumpcji per capita w krajach bogatych i pomocy krajom rozwijającym się [2].

Problem rozłączenia wzrostu od zużycia surowców i generowania odpadów podjęto w Unii Europejskiej w ramach projektu ENV.G.4/FRA/2008/0112 „Analysis of the evolution of waste reduction and scope of waste prevention” [3]. Opracowano mapę dla

strategii zapobiegania odpadom uzupełnioną o niezbędne dane. Do takiego narzędzia włącza się:

- świadomość i edukację,
- ekoprojekty,
- rozszerzenie odpowiedzialności producentów,
- etykietowanie/certyfikaty,
- marketing,
- pozytywne i negatywne finansowe zachęty,
- zapobiegawcze cele,
- standardy produktów,
- ponowne użycie,
- standardy technologiczne,
- dobrowolne porozumienia.

Zidentyfikowanymi etapami cyklu życia są: projektowanie - planowanie, wydobywanie, produkcja, dystrybucja, użytkowanie, odpady i utrata statusu odpadu. Każdego roku około 40% materiałów będących w obiegu staje się odpadem. Również 40% w wyniku procesów odzysku jest zwracana do gospodarki jako surowce lub paliwo. **Obecnie więcej jest materiałów gromadzonych na składowiskach niż produktów z nich w użyciu; zjawisko te nie dotyczy metali.**

Analizy wpływu produkcji i konsumpcji na środowisko stwierdzają:

- Minerały/surowce bardzo mocno się przyczyniają do masowej konsumpcji.
- Ropa naftowa, węgiel, gaz ziemny, tworzywa sztuczne, ale również odpady zwierzęce i roślinne są istotnym czynnikiem wpływającym na globalne ocieplenie.
- Produkty pochodzenia zwierzęcego i roślinnego dominują na terenach wiejskich.
- Tworzywa sztuczne, metale, ropa naftowa i węgiel charakteryzują się największą toksycznością.

Można uznać, że wymienione produkty, tj. ropa naftowa, węgiel, gaz ziemny, tworzywa sztuczne oraz produkty pochodzenia zwierzęcego mają największy wpływ na środowisko.

Aktualnie wzrasta produkcja odpadów w Europie, ale szacuje się, że już w roku 2020 ta tendencja będzie malejąca i całkowita ilość produkowanych odpadów będzie maleć [3].

Problem odpadów nieorganicznych wpisuje się w ten sposób w szeroki program gospodarki zasobami mineralnymi, czemu poświęcono wiele opracowań, między innymi analizujących zasoby mineralne Polski i świata [10]. Oznacza to, że odpady poprzemysłowe staną się źródłem surowców do dalszego przetwarzania w gospodarce.

Wymaga to, jak już wspomniano, wdrożenia rozwiązań innowacyjnych w gospodarce. Polska, według złożonego wskaźnika opisującego innowacyjność gospodarki (EIS – European Innovation Scoreboard) opracowanego przez Komisję Europejską, jest krajem o umiarkowanym wskaźniku innowacyjności, uzyskując

ocenę poniżej średniej europejskiej [4]. Relatywnie mocne są zasoby ludzkie mierzone poziomem wykształcenia. Względnie słabe są organizacja systemów badawczych i przedsiębiorczość. Obserwuje się wzrost zgłoszeń patentowych i dochodów z patentów zagranicznych. Natomiast w porównaniu z latami poprzednimi spadła innowacyjność własna MŚP i innowacyjność MŚP we współpracy z jednostkami badawczymi. Wzrost gospodarczy oraz zasoby kadrowe są powyżej średniej europejskiej, pozostałe wskaźniki kształtują się poniżej średniej. Jednak w ciągu ostatnich dwóch lat Polska poprawiła swój wynik o 2 pozycje i znajduje się w klasyfikacji EIS na 26 miejscu, wśród krajów europejskich przed Słowacją, Rumunią, Łotwą, Litwą.

Dokument Europa 2020 stawia krajom europejskim 5 głównych celów do osiągnięcia:

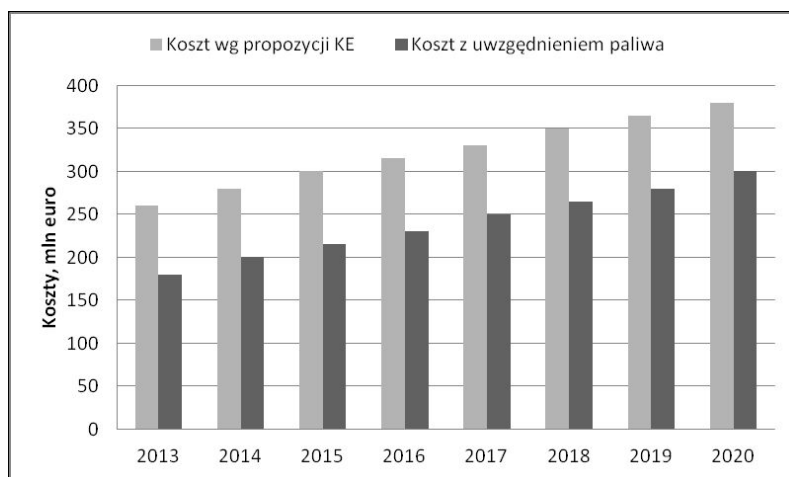
- Zatrudnienie: 75 proc. osób w wieku 20-64 lat powinno mieć pracę.
- Badania i rozwój oraz innowacje: na inwestycje w badania i rozwój oraz w innowacje powinniśmy przeznaczać 3 proc. PKB Unii – łącznie ze środków publicznych i prywatnych.
- Zmiany klimatu i energia: należy ograniczyć emisje gazów cieplarnianych o 20 proc. w stosunku do poziomu z 1990 r. (lub nawet o 30 proc., jeśli warunki będą sprzyjające), 20 proc. energii powinno pochodzić ze źródeł odnawialnych, efektywność energetyczna powinna wzrosnąć o 20 proc.
- Edukacja: odsetek młodych ludzi przedwcześnie porzucających naukę nie powinien przekraczać 10 proc., co najmniej 40 proc. osób w wieku 30-34 powinno mieć wykształcenie wyższe.
- Ubóstwo i wykluczenie społeczne: zmniejszenie liczby osób zagrożonych ubóstwem i wykluczeniem społecznym w UE 27 o co najmniej 20 mln.

Wskaźniki do osiągnięcia dla Polski 2020 są następujące: [5]

Stopa zatrudnienia osób w wieku 20-64 lat, (%)	71
Badania i rozwój w (%) PKB	1,7
Cele dot. ograniczenia emisji CO ₂ w porównaniu z 1990, (%)	20
Energia odnawialna (%)	15,48
Efektywność energetyczna ograniczenie zużycia energii	14%
Przedwczesne zakończenie nauki, nie więcej niż (%)	4,5
Wykształcenie wyższe osób w wieku 30-34 lat (w %)	45
Zmniejszenie liczby ludności zagrożonej ubóstwem lub wykluczeniem społecznym (w liczbie osób)	1 500 000

Nie negując konieczności dążenia do zrównoważonego rozwoju europejski i polski przemysł chemiczny reprezentowany przez organizacje producenckie (CEFIC i w Polsce

PIPC) wyrażają duże zaniepokojenie nadmiernym wzrostem kosztów dostosowawczych do poniesienia w krótkim czasie. Wysokie koszty dostosowania przemysłu do wymagań europejskiej polityki środowiskowej, a w szczególności konieczność obniżania emisji CO₂ (ETS II i III) spowodują ucieczkę przemysłu z Europy do krajów, które nie przyjęły pakietu klimatycznego a także innych europejskich uregulowań środowiskowych. CEFIC szacuje koszty europejskiego przemysłu chemicznego na 2600 mln euro tylko w 2013 roku lub 1900 mln euro, w tym samym roku jeżeli zostanie uzgodniona specyfika paliwa węglowego według propozycji przemysłu. Na Polskę, w której energetyka oparta jest na węglu a branża chemiczna to w większości energochłonne zakłady wielkiej syntezy chemicznej, przypadają relatywnie wysokie koszty, co ilustruje rys. 6.1.



Rys. 6.1. Koszty wprowadzania pakietu ETS dla polskiego przemysłu chemicznego [mln €], na podstawie opracowania PIPC (Polska Izba Przemysłu Chemicznego)

6.3. Prognozy dla przemysłu nieorganicznego

Podstawowe technologie nieorganiczne produkujące surowce/półprodukty do dalszego przetwórstwa w wyroby użyteczne dla społecznego rozwoju generują więcej odpadów niż następne ogniwa produktowe, gdyż z surowców mineralnych należy odzyskać składniki najbardziej przydatne dla gospodarki. Pozostałość staje się odpadem lub mniej poszukiwanym półproduktem/surowcem. Przemysł nieorganiczny w Polsce to przede wszystkim produkcja nawozów dla zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego Polski, ale też na eksport; produkcja sody kalcyonowanej i kaustycznej oraz produktów związanych, produkcja krzemianów nieorganicznych, przemysł siarki i kwasu siarkowego oraz siarczanów. Rozpatrując problem odpadów nieorganicznych w Polsce wyodrębniono kluczowe technologie prowadzące do wytwarzania odpadów grupy 06. Są to: produkcja kwasu fosforowego ekstrakcyjnego, a następnie nawozów fosforowych, produkcja sody metodą Solvay'a, wytwarzanie kwasu siarkowego, szczególnie z siarczków metali przy okazji produkcji metali nieżelaznych, wytwarzanie

bieli tytanowej, odpadowy gips z procesów odsiarczania spalin. Ten ostatni produkt pochodzi z technologii nieorganicznej zastosowanej w innym przemyśle (energetyka) w charakterze technologii sanitarnej uwalniającej środowisko od nadmiernej emisji tlenków siarki. Powstający produkt – gips jest przede wszystkim cennym półproduktem dla budownictwa. Wykorzystanie gipsu z odsiarczania spalin pozwala również na oszczędność naturalnych zasobów gipsu. Już połowę produkcji gipsu budowlanego w Polsce stanowi gips syntetyczny z odsiarczania. Jednak pewna ilość tego produktu nie spełniająca wysokich wymagań budownictwa zasila corocznie składowiska odpadów przy elektrowniach, należy dodać, że nie jest to odpad grupy 06.

Wspomnianym wyżej odpadom i technologiom oraz ich produktom poświęcone będą dalsze rozważania.

6.3.1. Soda

Polska jest drugim producentem sody w Europie. Spółka Soda Polska Ciech SA jest właścicielem dwóch zakładów produkcyjnych w Polsce o łącznej zdolności produkcyjnej 1200 tys. ton rocznie oraz dwóch zakładów zagranicznych: Sodawerk Stassfurt GmbHKG Niemcy i SC Uzinele Sodice Govora SA Rumunia. Konsumpcja **sody kalcynowanej** w Europie szacowana jest na 12,8 mln ton. Głównym odbiorcą sody kalcynowanej (65% produkcji) jest przemysł szklarski. Adresatem wytwarzanego przez niego szkła płaskiego oraz opakowań i włókien szklanych jest sektor budowlany i samochodowy. Wzrost popytu na szkło płaskie szacowany jest na **2-3% rocznie** w perspektywie długoterminowej, a na szkło opakowaniowe na poziomie **1-2%**. Zapotrzebowanie na sodę kalcynowaną jest skorelowane z kondycją budownictwa i przemysłu samochodowego. Zużycie szkła opakowaniowego w Polsce per capita (30 kg/osobę) jest niższe niż w krajach Europy Zachodniej (od 45 do 60 kg/osobę), co świadczy o dużym potencjale rynku krajowego. Eksperci prognozują wzrost zużycia opakowań szklanych, który napędzany będzie wzrostem rynków konsumenckich. Przemysł chemiczny jest drugim powszechnym zastosowaniem sody i jej pochodnych. Zmiany w strukturze produktów tego sektora będą miały wpływ na zużycie sody przez tę branżę. Najbardziej odpornym na skutki światowego kryzysu jest sektor detergentów, dla którego w Europie notuje się nieznaczne spadki. Wzrost zapotrzebowania na detergenty w płynie i tabletkach ograniczy wzrost produkcji tradycyjnych proszków do prania, do których wytwarzania potrzebne są surowce sypkie, takie jak soda. Z drugiej strony prognozuje się znaczny wzrost zużycia detergentów w krajach rozwijających się, co jest związane zarówno ze znacznie niższym poziomem zużycia detergentów na 1 mieszkańca w stosunku do krajów europejskich, jak też wzrostem liczby ludności w tych krajach.

Rok 2010 przyniósł oczekiwaną nieznaczną poprawę sytuacji na rynku sody w skali globalnej, jednak wyraźna odbudowa popytu rozpoczęła się dopiero od 2011 roku. Eksperci prognozują, że w najbliższych latach światowe zapotrzebowanie na sodę kalcynowaną będzie rosło średnio **4% rocznie**. Najwyższe wzrosty przypadną na

Azję (5%), w tym Chiny (6-7%). Nieco niższą dynamikę odnotują kraje Europy (2%-3%) i Ameryki Południowej (3%-4%). Czynnikiem destabilizującym rynek europejski może okazać się nowouruchomiona produkcja sody naturalnej w Turcji. Szacunkowa zdolność wytwórcza tej instalacji wynosi obecnie 1 mln ton, przy czym większość produkcji trafia na rynek europejski. W perspektywie najbliższych lat (tj. do 2013 roku) spodziewane jest znaczne zwiększenie produkcji sody naturalnej w Turcji (nawet do 4 mln ton/rok) [9].

Tabela 6.1. Prognozowane średnioroczne tempo wzrostu popytu na sodę kalcynowaną w latach 2007-2012, na podstawie analiz CIECH Polska

	Świat	Europa Zach.	Europa Wsch.	Ameryka Pn.	Ameryka Pd.	Afryka, Wschód	Chiny	Azja
Średnioroczne tempo wzrostu	3%-4%	0%-1%	2%-3%	0%-1%	5%-6%	3%	6%-7%	3%-4%
Szacowana wielkość rynku mln t w 2008	49	6,5	5,5	7,5	2,0	3,5	17	7

6.3.2. Przemysł nawozowy – nawozy fosforowe i azotowe

W sezonie 2008-2009 w krajach UE 27 konsumpcja nawozów wyniosła odpowiednio: 10,5 mln ton N, 2,7 mln ton P_2O_5 i 3,1 mln ton K_2O . Wg przewidywań European Fertilizers (EFMA) w perspektywie 10 lat wielkości te wyniosą 11 mln ton w przypadku nawozów azotowych, 2,8 mln ton dla nawozów fosforowych oraz 3,4 mln ton dla nawozów potasowych. Mniejszego zużycia nawozów azotowych można spodziewać się w Wielkiej Brytanii, Portugalii i na Litwie. Znaczny wzrost konsumpcji przewidywany jest w Rumunii.

W roku 2010 po raz pierwszy od dłuższego czasu przyjęto prognozę wzrostu zużycia **nawozów fosforowych o 3,9%**, oraz **nawozów potasowych o 7,7%** w perspektywie 10 lat. Wg szacunków European Fertilizers w perspektywie dekady największego wzrostu zużycia nawozów fosforowych należy spodziewać się w Szwecji, Hiszpanii i Wielkiej Brytanii. Zmiana trendu w przewidywaniach European Fertilizers była wynikiem analizy wpływu światowego kryzysu na sytuację rynku nawozów – spadku cen zarówno żywności jak i nawozów. Jak szacuje European Fertilizers wzrastające ceny nawozów azotowych nie powinny negatywnie wpłynąć na zużycie nawozów azotowych ze względu na brak zamienników, a zmiany cen skorelowane będą ze zmianami cen surowców i energii. Ceny nawozów fosforowych, jak i potasowych po ostatnich spadkach powinny się stabilizować zarówno w perspektywie krótko jak i średnio terminowej. Ponadto przewiduje się istotny wzrost zapotrzebowania na

żywność oraz wzrost areалу upraw przeznaczonych do przetwórstwa na biopaliwa i biomasę, co spowoduje wzrost zużycia nawozów mineralnych [9]. Średnioterminowe prognozy (5 sezonów) dla Europy wskazują na wzrost popytu na nawozy w Europie na średnim rocznym poziomie 2,5%. Prognozy długoterminowe do 2019 roku dla Polski wskazują na wzrost zużycia nawozów w przeliczeniu na czysty składnik o 15% dla azotu, 20% dla fosforu i 25% dla potasu, co oznacza średnioroczną dynamikę na poziomie odpowiednio: 1,4%; 1,8% i 2,3%. Z tego wynika, że najslabiej będzie rosnać zapotrzebowanie na azot, którego spadek w latach poprzednich nie był tak znaczny jak w przypadku fosforu i potasu. Eksperti z EFMA (Europejskiego Stowarzyszenia Producentów Nawozów) przewidują, że na skutek ograniczenia zużycia nawozów z udziałem fosforu i potasu w ostatnich dwóch latach konieczne będzie uzupełnienie w latach następnych niedoboru tych dwóch składników. Stąd wynika większa dynamika wzrostu dla fosforu i potasu niż dla azotu [8].

Ogromnym zagrożeniem, szczególnie dla polskiego przemysłu nawozowego, są wysokie w stosunku do otoczenia, ceny gazu.

Tabela 6.2. Prognoza konsumpcji nawozów w UE 27 (w tys. t)

N			P ₂ O ₅			K ₂ O		
2010/11	2014/15	2019/20	2010/11	2014/15	2019/20	2010/11	2014/15	2019/20
10330	10635	10787	2311	2561	2746	2510	3028	3206

Źródło: EFMA, Annual Statistic & Forecast 2010

Tabela 6.3. Prognoza konsumpcji nawozów w Polsce (w tys. t)

N			P ₂ O ₅			K ₂ O		
2010/11	2014/15	2019/20	2010/11	2014/15	2019/20	2010/11	2014/15	2019/20
1109	1171	1235	378	459	509	435	569	616

Źródło: PIPC

Znaczący wpływ na dalszy rozwój sektora nawozowego UE będzie miała implementacja rewizji Wspólnej Polityki Rolnej w ramach „Health Check” oraz potrzeby przemysłu bioenergetycznego.

Ważnym problemem związanym z przyszłością produkcji mineralnych nawozów fosforowych jest sprawa kadmu.

Od 2004 roku w Komisji Europejskiej trwają prace nad wprowadzeniem regulacji odnośnie ograniczenia zawartości kadmu w nawozach fosforowych. Proponowane przez KE, zawarte w „New Approach” limity wynoszą: 60 mg Cd/ kg P₂O₅, 40 mg Cd/ kg P₂O₅, 20 mg Cd/ kg P₂O₅.

Surowce do produkcji nawozów fosforowych ze względu na pochodzenie dzielą się na: apatyty i fosforyty. Apatyty mają niską zawartość kadmu, zazwyczaj nie przekraczającą 2 mg Cd/ kg P₂O₅. Ich występowanie jest ograniczone, a obecnie

eksploatowane złoża znajdują się na półwyspie Kola oraz w RPA. Jedynym producentem w UE, który ma dostęp do tych złóż jest firma Yara – największy producent nawozów. Spoza UE dostęp mają producenci rosyjscy. Fosforyty charakteryzują się zdecydowanie wyższą zawartością kadmu na kg P_2O_5 niż apatyty. W zależności od pochodzenia wynosi od 10 do 170 mg Cd/ kg P_2O_5 . Głównymi dostawcami fosforytów są kraje Północnej Afryki i Bliskiego Wschodu: Algieria, Maroko, Tunezja, Togo, Egipt, Izrael i Jordania. Brak odpowiednio dużych zasobów surowców fosforowych o niskiej zawartości kadmu spowoduje znaczny spadek podaży nawozów (po wyeliminowaniu nawozów o większej zawartości kadmu), stwarzając uprzywilejowaną pozycję producentów dysponujących surowcem pochodzenia magmowego (apatytami), co stoi w sprzeczności z zasadami równej konkurencji i wolnego handlu, przyczyni się to do powstania monopolu koncernu Yara i dostawców rosyjskich, a tym samym uzależnienia od nich rynku UE. Mała podaż surowców o niskiej zawartości kadmu spowoduje znaczny wzrost ich cen, który przełoży się na znaczny wzrost cen nawozów a tym samym zdecydowane pogorszenie opłacalności ich produkcji. Wzrost cen nawozów przyczyni się do ograniczenia i podwyżek cen płodów rolnych. Zmniejszenie produkcji rolnej może doprowadzić do konieczności importu żywności spoza UE, co przy braku dokładnej kontroli jakościowej może doprowadzić do sprowadzania żywności o znacznej zawartości kadmu.

Ostre ograniczenia zawartości kadmu w nawozach spowodują upadek przemysłu nawozów fosforowych i wieloskładnikowych oraz znaczną redukcję zatrudnienia w Polsce, Hiszpanii, Grecji i Bułgarii. Z rynku zostaną wyeliminowane obecnie sprzedawane w dużych ilościach nawozy zawierające superfosfaty.

Polscy producenci nawozów fosforowych są zgodni co to tego, że wprowadzenie limitu zawartości kadmu na poziomie nie niższym niż 90 mg Cd/kg P_2O_5 umożliwi utrzymanie produkcji dotychczasowego asortymentu i w nieznaczny sposób wpłynie na ceny nawozów fosforowych. Zostanie zachowana równość konkurencji i wolność handlu. Bardziej rygorystyczne ograniczenia zdecydowanie pogorszy sytuację ekonomiczną polskiego przemysłu nawozowego (w tym wyeliminuje niektórych producentów z rynku), zwiększy koszty produkcji rolnej oraz stworzą uprzywilejowaną pozycję producentom, którzy dysponują złożami surowców o bardzo niskiej zawartości kadmu. W szczególności może doprowadzić to do kolejnego (obok gazu ziemnego) nadmiernego wzmocnienia pozycji producentów rosyjskich, a w rezultacie do dalszego uzależnienia nawozowego rynku unijnego (a przez to i rolnictwa) od polityki Rosji.

6.3.3. Siarka i kwas siarkowy

Według szacunków International Fertilizer Industry Association (IFA) w latach 2008-2013 światowa produkcja siarki będzie rosła średniorocznie o 6,6% osiągając 63,7 mln ton S w 2013 roku. Światowe zapotrzebowanie na pierwiastek w tym samym okresie zwiększać się będzie o 6,7% rocznie do 60,7 mln ton S w 2013 roku. Rozwój rynku związany jest zżywieniem produkcji kwasu siarkowego wykorzystywanego do wytwarzania nawozów fosforowych oraz rosnącego zużycia kwasu siarkowego do ługowania rud.

Tabela 6.4. Światowy bilans siarki – prognoza [8]

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Zapotrzebowanie na siarkę [mln t]						
Siarka lub kwas siarkowy	40,8	44,3	47,2	50,6	53,7	54,9
Inne zastosowania	6,3	6,5	6,6	6,8	6,9	7,2
Całkowite zapotrzebowanie	47,1	50,8	53,8	57,3	60,7	62,1
Zasoby siarki						
Odzysk z ropy naftowej	22,6	24	25,1	26,8	28,1	28,6
Odzysk z gazu	24,4	27	27,9	29	30,7	33,2
Inne źródła z ekstrakcji złóż podziemnych	3,4	4,2	4,6	4,8	4,9	5,2
Całkowite zasoby	50,4	55,1	57,5	60,6	63,7	67,1
Potencjalna nadwyżka	3,3	4,3	3,7	3,3	3,1	5,0
% nadwyżki podaży nad popytem	6,50%	7,80%	6,40%	5,40%	4,80%	7%

6.3.4. Biel tytanowa

Pigmenty dwutlenku tytanu nazywane popularnie bielą tytanową znajdują zastosowanie w szybko rozwijających się działach produkcji, takich jak farby i lakiery (58% produkcji w Europie, 61% na świecie), tworzywa sztuczne (26% w Europie i 25% na świecie), przemysł papierniczy, tusze drukarskie i przemysł włókienniczy. Zapotrzebowanie na ten produkt rośnie w tempie 2-3% w skali roku [11]. Jedyna instalacja w Polsce w Zakładach Chemicznych „POLICE” wytwarza rocznie 50-55 tys. ton tego produktu. Stanowi to tylko 40% udziału na rynku polskim [10]. W państwach Europy zachodniej zużycie bieli na mieszkańca wynosi 4 kg/rok, zaś w Polsce jest to tylko 1,6 kg, a w Chinach 0,2-0,3 kg. Polska nie ma własnych złóż minerałów tytanu. Głównym dostawcą ilmenitu wykorzystywanego do produkcji w Policach jest firma Titania AS (Norwegia), mniejszymi dostawcami są Kanada, Czechy i Ukraina. Konieczność importu surowca oraz problemy ekologiczne – produkcją bieli tytanowej technologią siarczanową i powstającymi odpadami zajęto się w dwóch dyrektywach unijnych i w polskim rozporządzeniu na ich podstawie – to główne przyczyny nierozwijania tej produkcji w Polsce mimo opanowania technologii i bardzo chłonnego i perspektywicznego rynku. Zakłady Chemiczne w Policach zamierzają zainwestować w produkcję nanofotokatalizatorów do oczyszczania wody, ścieków i likwidacji niebezpiecznych osadów na bazie polskiej technologii opracowanej przez ZUT w Szczecinie. Zaawansowane technologicznie powłoki, których składnikiem jest dwutlenek tytanu (TiO_2) posiadają silne właściwości samooczyszczania oraz są wybitnie hydrofilowe, bakteriobójcze, antystatyczne, dezodoryzujące, filtrujące promienie UV, oczyszczające powietrze. Kolejną przeszkodą we wdrażaniu nowoczesnej nanotechnologii w Zakładzie w Policach są trwające przekształcenia własnościowe

i słaba kondycja firmy w latach 2009-2010, z której jednak zakład powoli wychodzi. Obecnie decyzje należą do grupy kapitałowej Azoty Tarnów w skład której weszły w roku 2011 zakłady w Policach. Nowy właściciel jest bardziej zainteresowany produkcją nawozów i produktów organicznych, dlatego decyzje o rozwoju produkcji białych pigmentów w Polsce zostały obecnie zawieszone.

6.4. Podsumowanie

Reasumując, należy stwierdzić, że rozważając prognozę rozwoju technologii nieorganicznych, którym towarzyszy powstawanie odpadów grupy 06 zidentyfikowano zagrożenia i szanse dla dalszego rozwoju tej branży w Polsce. Prawdopodobny kierunek rozwoju powinien uwzględniać:

- prowadzenie wyprzedzających prac rozwojowych w celu zastąpienia kłopotliwych ekologicznie technologii technologiami nowymi, nawet jeżeli jeszcze w dzisiejszych warunkach są nieopłacane,
- zwiększenie udziału produktów zaawansowanych technologicznie, nawet małych tonażowo w rynku chemikaliów,
- rozwój technik odzysku wytwarzanych odpadów, udoskonalanie jakościowe produktów ubocznych, poszerzanie recyklingu surowcowego,
- aktywny udział w tworzeniu prawa UE w zakresie ochrony środowiska i chemikaliów,
- przy planowaniu inwestycji i rozwoju współpraca z lokalnym środowiskiem, informacja o społecznych zyskach (miejsca pracy) i stratach (problemy ekologiczne).

Literatura

1. EEA (European Environment Agency), ŚRODOWISKO EUROPY 2010 STAN I PROGNOZY SYNTEZA, ISBN: 978-92-9213-123-4, [dostęp listopad 2011], <http://www.eea.europa.eu>
2. Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth, United Nations Environment Programme, 2011, [dostęp listopad 2011] www.unep.org/resourcepanel/Publications/Decoupling/
3. Arcadis, Analysis of the evolution of waste reduction and scope of waste prevention, [dostęp listopad 2011] <http://ec.europa.eu/environment/waste/prevention/reports.htm>
4. INNOVATION UNION SCOREBOARD 2010, The Innovation Union's performance scoreboard for Research and Innovation, 1 February 2011, [dostęp listopad 2011] <http://www.proinno-europe.eu/inno-metrics/page/innovation-union-scoreboard-2010>
5. Rzeczpospolita Polska. Krajowy Program Reform Europa 2020, [dostęp kwiecień 2011] http://ec.europa.eu/europe2020/pdf/nrp/nrp_poland_pl.pdf
6. W. Lubiewa-Wieleżyński, J. Majchrzak, *Prognoza rozwoju przemysłu*

- nieorganicznego w Europie ze szczególnym uwzględnieniem przemysłu nieorganicznego i nawozowego*, grudzień 2010, [dostęp październik 2011], www.inorganicwaste.eu
7. Deloitte. *Chemical Logistic Vision 2020 The next decade's key trends, impacts and solution areas*, September 2011, [dostęp październik 2011]
 8. P. Heffer and M. Prud'homme, *Fertilizer Outlook 2011 – 2015*, 79th IFA Annual Conference, Montreal, Maj 2011; [dostęp październik 2011], <http://www.fertilizer.org>
 9. Skonsolidowany Raport Roczny Grupy Ciech za 2010 rok. [pobrano listopad 2011], <http://inwestycje.pl>
 10. Ministerstwo Ochrony Środowiska, Bilans gospodarki surowcami mineralnymi Polski i świata, praca zbiorowa pod redakcją: T. Smakowski, R. Ney, K. Galos; Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN Kraków 2011. <http://www.meeri.eu/zaklady/ppolitsur/Bilans-Gospodarki-Surowcami-Mineralnymi-Polski-i-Swiata-2009.pdf>
 11. I. Helik, *Problemy na rynku bieli tytanowej*, Chemia i Biznes 2011, nr 1

ROZDZIAŁ 7

ŚRODOWISKOWE I SPOŁECZNE ASPEKTY PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO

KRZYSZTOF CZARNOMSKI¹, MAGDALENA GŁOGOWSKA¹, RENATA OSIECKA¹,
ALEKSANDRA BARTNIK¹, PAWEŁ WÓWKONOWICZ¹, JAN ŁABĘTOWICZ²

Zmiany w zakresie ochrony środowiska, przyjęte w Dyrektywie Parlamentu Europejskiego I Rady 2008/1/WE z dnia 15 stycznia 2008 dotyczącej zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom i ich kontroli (1/2008/WE) są podyktowane potrzebami zachowania zasady zrównoważonego rozwoju. W preambule stanowiska Rady (stanowisko przyjęte przez radę WE nr 1/2010 w dniu 15 lutego 2010 r.) zwrócono uwagę na zachowanie równowagi w ocenie wpływu procesów technicznych i produktów na środowisko:

„Stosowanie odmiennego podejścia do kontrolowania emisji do powietrza, wody lub gleby traktowanych oddzielnie może stanowić zachętę do przesuwania zanieczyszczeń z jednych elementów środowiska na inne, zamiast zachęcać do ochrony środowiska jako całości. Dlatego należy zapewnić zintegrowane podejście do zapobiegania emisjom do powietrza, wody i gleby oraz ich kontroli, jak również do kwestii gospodarowania odpadami, efektywności energetycznej i zapobiegania wypadkom”.

Tak więc jedynie stosowanie technologii bezodpadowych, a w przypadkach koniecznych redukcja i bezpieczne dla środowiska zagospodarowanie odpadów jest właściwym rozwiązaniem.

Znane są i stosowane w przemyśle sodowym inne technologie, w których chlor – z elektrolizy chlorku sodowego – jest wykorzystywany do produkcji PCV i jak należy się spodziewać, w miarę wzrostu kosztów zagospodarowania odpadów, a także kosztów transportu materiałów i produktów, będzie rozważane ich zastosowanie.

W grupie nawozów sztucznych największa ilość odpadów przemysłowych powstaje w procesach produkcji nawozów fosforowych. Ilość fosfogipsu przypadająca na 1 t P_2O_5 wynosi 4-4,7 t [1]. Fosfogips jest zanieczyszczony w stopniu ograniczającym możliwości jego wykorzystania. Zanieczyszczenia podano w tabeli 7.1.

Składowiska fosfogipsu wymagają ochrony przed uwalnianiem zanieczyszczeń do środowiska wodnego. W wielu krajach europejskich zrezygnowano z importu apatytów na rzecz importu kwasu fosforowego.

¹Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy IOŚ - PIB, 00-548 Warszawa, ul. Krucza 5/11d

²Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, 02-776 Warszawa, ul. Nowoursynowska 159

Tabela 7.1. Zanieczyszczenia fosfogipsu z produkcji kwasu fosforowego w przeliczeniu na 1 t P_2O_5 [1]

P	F	Cd	Hg	As	met*	mz**	Ra***	Po	Pb
[kg]	[kg]	[kg]	[g]	[g]	[g]	[g]	[mBq]	[mBq]	[mBq]
5.8-8.1	33-45	0,5-1,4	0,2-0,5	0-0,7	27-53	360-2200	1,4-2,3	1,4-2,3	1,4-2,1

* *metale ciężkie Pb, Cu, Zn, Ni, Cr*

** *metale ziem rzadkich La, Ce, Pr, Nd*

*** ^{226}Ra , ^{210}Po , ^{210}Pb

W przywołanej pod tabelami publikacji znajduje się również uwaga o wysokiej szkodliwości dla środowiska odpadów siarczanu żelazawego z produkcji TiO_2 , który ulegając stopniowemu utlenianiu do siarczanu żelazowego, uwalnia kwas siarkowy do środowiska. Ze względu na niewielkie zapotrzebowanie, związek ten wymaga w większości zagospodarowania jako odpad. Wielkość produkcji w Polsce 90 000 t/rok.

Do środowiska zostają uwolnione nawozy sztuczne, nie pobrane przez organizmy glebowe i rośliny. Znane są przypadki zanieczyszczenia wód podziemnych i powierzchniowych składnikami nawozów sztucznych. Stosowane najczęściej w pierwszej fazie rozwoju rośliny, znajdujące się w glebie składniki aktywne nawozów są w części wymywane – nie wykorzystane przez organizmy glebowe i rośliny. W celu zapewnienia ich obecności w okresie późniejszego rozwoju roślin, ich dawka pierwotna musi być wysoka, co powoduje także większe straty do środowiska. Zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska, a także zwiększenie stopnia wykorzystania nawozów sztucznych osiąga się, już obecnie, poprzez stosowanie nawozów stopniowo uwalniających składniki aktywne do gleby. Zwiększa to stopień wykorzystania nawozów sztucznych. Dalsze badania i wprowadzenie do użytkowania w rolnictwie nowych odmian nawozów, uwalniających do gleby składniki aktywne zgodnie z aktualnym stanem rozwoju roślin należy uznać za jedno z ważniejszych zadań w zakresie zrównoważonego rozwoju w gospodarce rolnej.

7.1. Oddziaływanie biologiczne odpadów przemysłu chemii nieorganicznej

Przemysł chemii nieorganicznej charakteryzuje się znacznym oddziaływaniem na środowisko. Istotną cechą wyrobów tego przemysłu – nawozów sztucznych – jest zanieczyszczanie środowiska w wyniku użytkowania tych wyrobów, bowiem w procesach nawożenia jest wykorzystywana część nawozów, a pozostała część jest przenoszona do środowiska jako zanieczyszczenia.

Odpady stałe z przemysłu chemii nieorganicznej stanowią bardzo duży problem dla środowiska, a ich zagospodarowanie wymaga znacznych nakładów. Należy pamiętać, że prawie wszystkie odpady pochodzące z tego przemysłu gromadzone są na składowiskach i tylko bardzo mały procent jest ponownie wykorzystywany. Według „Krajowego Planu Gospodarki Odpadami 2014” [2] głównym rodzajem odpadów grupy 06 są fosfogipsy oraz fosfogipsy wymieszane z żużlami, popiołami paleniskowymi i lotnymi (stanowiące

łącznie ponad 70-80 % masy odpadów z tej grupy), następnie osady z zakładowych oczyszczalni ścieków, odpady z produkcji pigmentów oraz zmętniaczy nieorganicznych i odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania kwasów nieorganicznych. Pod tymi hasłami kryją się głównie zakłady produkujące nawozy mineralne, pigmenty oraz inne zakłady chemiczne, huty miedzi i stali.

7.1.1. Wpływ składowiska odpadów z grupy 06 na środowisko

Emisja zanieczyszczeń ze składowisk odbywa się za pośrednictwem środowiska wodnego i powietrza. Wody podziemne mogą ulegać zanieczyszczeniu w wyniku odcieków wód opadowych ze składowiska. Zanieczyszczenie to może utrzymywać się przez wiele lat, a substancje toksyczne mogą być pobierane przez rośliny lub migrować, powodując zanieczyszczenie wód wykorzystywanych do celów konsumpcyjnych [3]. Składowiska odpadów nie posiadające przesłony filtracyjnej mogą powodować również negatywny wpływ na wody powierzchniowe, jeśli są one zlokalizowane w niewielkiej odległości od źródła zanieczyszczeń.

Zanieczyszczenie powietrza odbywa się głównie na drodze pylenia. Jest to jednak zjawisko lokalne, ponieważ podwyższone poziomy stężenia zanieczyszczeń mają miejsce tylko w pobliżu składowiska. Zagrożenie dla środowiska i zdrowia ludzi wynikające z zanieczyszczenia powietrza zależy m.in. od warunków atmosferycznych, wilgotności oraz intensywności promieniowania słonecznego.

Zanieczyszczenie gleb pyłami przenoszonymi z powierzchni składowanych odpadów (pola składowania) może powodować migrację zanieczyszczeń do wód oraz, w mniejszym stopniu, zanieczyszczeń transportowanych drogą powietrzną.

7.1.2. Główne źródła zanieczyszczeń

Produkcja nawozów fosforowych

Kwas ortofosforowy otrzymywany jest dwoma metodami: metodą termiczną przez spalanie fosforu elementarnego oraz metodą moką poprzez działanie kwasu siarkowego (VI) na ortofosforan (V) wapnia, którego źródłem są minerały apatyt i fosforyt. Proces spalania jest w praktyce procesem bezodpadowym. Na 1 tonę kwasu fosforowego uzyskanego przez trawienie minerałów zawierających fosforany wapniowe powstaje około 4÷5 ton odpadowego fosfogipsu. W Polsce powstaje rocznie ok. 2,5 mln t fosfogipsu, głównie w Z.Ch. „Police”. Głównymi zanieczyszczeniami fosfogipsu, utrudniającymi jego ponowne wykorzystanie, są zawarte w nim metale ciężkie i naturalne pierwiastki radioaktywne, tj. ^{226}Ra , ^{238}U , ^{210}Po , ^{210}Pb i ^{230}Th oraz rozpuszczalne związki fosforu i fluoru.

Fosfogips jako surowiec może być wykorzystywany do produkcji materiałów budowlanych, w budownictwie drogowym, do otrzymywania siarki elementarnej, kwasu siarkowego itp. Jednak na obecnie przetwarzanie fosfogipsu jest nieopłacalne i dlatego praktycznie w całości jest on składowany jako odpad. Nie należy zapominać, że hałdy fosfogipsu negatywnie oddziałują na środowisko poprzez pylenie, emisję

fluoru oraz zanieczyszczenie wód [4].

Składowane na składowiskach fosfogipsów odpady zawierają szkodliwe substancje, których uwolnienie do środowiska stwarza poważne zagrożenia.

Poziom zanieczyszczeń zdeterminowany jest rodzajem surowca fosforowego. W tabeli 7.2. przedstawiono główne składniki i zanieczyszczenia fosforytów i apatytów wykorzystywanych do produkcji kwasu fosforowego w Polsce.

Tabela 7.2. Składniki i zanieczyszczania fosforytów i apatytów [5]

Rodzaj składnika	Fosforyty	Apatyty
P ₂ O ₅ [% w/w]	30 – 37	35 – 40
CaO [% w/w]	46 – 52	48 – 54
F [% w/w]	3 – 4	1 – 4
As [ppm]	10 – 20	1 – 10
Cd [ppm]	5 – 50	0 – 2
Hg [ppm]	< 0,2	< 0,1
Metale ciężkie (Pb, Zn, Cu, Ni, Cr) [ppm]	200 – 800	50 – 150
Lantanowce (REE) [ppm]	100 – 900	1 400 – 6 300
Radionuklidy [Bq/kg, Ra-226]	700 – 1 400	10 – 110

W tabeli 7.3. przedstawiono skład fosfogipsów powstających w trakcie produkcji kwasu fosforowego w zależności od rodzaju surowca fosforowego. Fosforyty stosowane są w Z.Ch. „Police” i były stosowane w GZNF Gdańsk, natomiast apatyty wykorzystywane były w Z.Ch. Wizów.

Tabela 7.3. Skład chemiczny fosfogipsów powstających z różnych surowców fosforowych [5]

Składnik	Fosforyt Maroko	Fosforyt Tunis	Apatyt Koła
Wilgotność [% w/w]	20 – 25	20 – 25	25 – 30
CaSO ₄ ·2H ₂ O [% w/w]	94 – 96	94 – 96	94 – 96
Ca ₃ (PO ₄) ₂ [% w/w]	1,5 – 2,2	1,5 – 2,2	1,1 – 1,5
CaF ₂ nierozpuszczalne w wodzie [% w/w]	1,5	2,5	1,0
SiO ₂ [% w/w]	0,6	1,5	0,7
P ₂ O ₅ rozpuszczalne w wodzie [% w/w]	0,1 – 0,2	0,1 – 0,2	0,1 – 0,3
P ₂ O ₅ nierozpuszczalne w wodzie [% w/w]	0,7 – 1,0	0,7 – 1,0	0,5 – 0,7
Fe ₂ O ₃ [% w/w]	0,02	0,03	0,03
As [ppm]	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Cd [ppm]	4,5	12,0	5,5
Cr [ppm]	8,0	16,0	< 1,0

Składnik	Fosforyt Maroko	Fosforyt Tunis	Apatyt Kola
Ni [ppm]	8,0	< 1,0	< 1,0
Cu [ppm]	4,5	2,0	9,5
Zn [ppm]	17,0	15,5	6,5
Pb [ppm]	11,0	< 5	5,0
Mn [ppm]	1,0	2,5	8,0
Hg [ppm]	< 1	< 1	< 1

Produkcja sody

Soda kalcynowana jest jednym z podstawowych produktów sektora chemii nieorganicznej. Głównymi odbiorcami sody są przemysły: szklarski i chemii nieorganicznej. Znajduje ona również zastosowanie w przemyśle stalowym, w procesach produkcji związków nieorganicznych, czy w procesach oczyszczania wody.

W Polsce soda produkowana jest metodą Solvay’a, znaną już w drugiej połowie XIX wieku. Głównymi surowcami w procesie Solvay’a są chlorek sodowy i węglan wapniowy. Surowcami pomocniczymi są woda amoniakalna i koks wielkopiecowy.

Średnie ilości odpadów, powstających w europejskim przemyśle sodowym (kraje WE) przedstawiono w tabeli 7.4. Jest to przemysł uznawany za szczególnie wyróżniający się ilością odpadów produkcyjnych. Głównym odpadem tego przemysłu jest chlorek wapniowy, produkt nie znajdujący zainteresowania odbiorców w wystarczającej skali. Zastosowanie go w mieszaninach obniżających temperaturę zlodowacenia roztworów wodnych i do innych celów nie umożliwia jego pełnego wykorzystania i powoduje konieczność zagospodarowania jako odpadów produkcyjnych.

Tabela 7.4. Ilości odpadów produkcyjnych w przemyśle sodowym krajów WE [6]

Odpady płynne, kg/t produktu	Cl ⁻	Ca ²⁺	Na ⁺	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	zawiesina
	850 – 1100	340 – 400	160 – 220	1 – 11	0,3 – 2	90 – 700
Odpady stałe kg/t produktu	odsiewy z wapna			Grys z gaszenia wapna		
	30 – 300			10 – 120		

Jak podano w tabeli 7.4. właściwym odpadem z procesu jest chlor, a związanie go w postaci chlorku wapniowego jest sposobem jego zagospodarowania, redukującego zagrożenie dla środowiska. Odpowiedź, czy ten sposób zagospodarowania jest z punktu widzenia ochrony środowiska wystarczający, będzie zawsze wynikiem kompromisu pomiędzy wzrostem kosztów procesu produkcyjnego, a stopniem szkodliwości dla środowiska. Sposoby określania tego kompromisu są przedmiotem licznych publikacji [7].

Jakość wybranych surowców oraz położenie geograficzne zakładów produkcyjnych

mają bezpośredni wpływ na skład, ilość i obróbkę ścieków. Główne oddziaływania procesu Solvaya na środowisko, to emisje CO₂ do atmosfery oraz emisje wodne związane ze ściekami.

W niektórych miejscach – z powodu długotrwałych operacji związanych z sodą amoniakalną oraz objętości i składu szlamu podestylacyjnego (nieorganiczne chlorki, węglany, siarczany, zasady, amoniak i zawiesiny cząstek stałych, w tym metale ciężkie pochodzące z surowców) – usuwanie ścieków podestylacyjnych jest znaczącym problemem ekologicznym, jeżeli nie jest właściwie zarządzane. Szlam podestylacyjny jest kierowany do środowiska wodnego w celu całkowitego rozproszenia (w większości dotyczy to instalacji sody amoniakalnej sytuowanych nad morzem) lub – po rozdzieleniu cieczy/substancji stałej (głównie w przypadku śródlądowych instalacji sody amoniakalnej) – wychodząca klarowna ciecz jest kierowana do odbiornika wodnego [8].

Produkcja sody pozostawiała duże ilości odpadów gromadzonych na pobliskich naziemnych stawach osadowych. Deponowane są w nich szlamy podestylacyjne i posolankowe, których głównym składnikiem jest węglan wapnia CaCO₃ (70 % – 80 % suchej masy), a pozostałą część stanowią: SiO₂, P₂O₅, CaSO₄, MgSO₄, BaSO₄, NaCl i CaCl₂.

Zawartości soli rozpuszczalnych (głównie chlorków) i odczyn (pH) zależą od wieku depozytu i głębokości. Wysoka alkaliczność (pH do 9) i zasolenie (do ponad 9 % s.m.) przypowierzchniowej warstwy depozytu ograniczają (nawet uniemożliwiają) samosiewne wkraczanie roślin.

Główną uciążliwością dla środowiska związaną z produkcją sody są chlorki wapnia i sodu, które ze względu na rozpuszczalność są wymywane do wód podziemnych i powierzchniowych. Wskutek wymywania rozpuszczalnych soli następuje duże zasolenie wód gruntowych i gleby na przyległych terenach.

Akumulacja soli (zwłaszcza sodu) jest jednym z głównych fizjologicznych zagrożeń dla ekosystemów. Sól zakłóca rozwój roślin ograniczając pobieranie składników pokarmowych i obniżając jakość wody, z której roślina korzysta. Ma też wpływ na metabolizm organizmów glebowych, prowadząc do poważnego obniżenia żyzności gleby. Wysoki stopień zasolenia gleb powoduje obumieranie roślin z powodu wzrostu ciśnienia osmotycznego i toksycznego działania soli. Nadmiar soli niszczy strukturę gleby, która traci zdolność do podtrzymywania zarówno wzrostu roślin, jak i życia zwierząt ze względu na brak tlenu.

Zasolenie zwiększa nieprzepuszczalność głęboko położonych warstw gleby, sprawiając, że ziemia nie nadaje się pod uprawę. Zasolenie znacznie obniża jakość gleby i pokrywy roślinnej. Z tego powodu gleby słone i sodowe znacznie łatwiej ulegają erozji wodnej i wietrznej. Zasolenie prowadzi do efektów pustynnienia, jakimi są utrata żyzności gleby, zniszczenie struktury gleby, zagęszczenie i zaskorupienie gleby [9].

Produkcja dwutlenku tytanu

Około 95% wydobytych rud tytanowych jest przeznaczonych do produkcji dwutlenku tytanu TiO_2 , powszechnie stosowanego jako biały pigment do farb i lakierów. Większość soli tytanu jest nieszkodliwych, ale jego związki z chlorem, takie jak: TiCl_2 , TiCl_3 i TiCl_4 posiadają niebezpieczne właściwości. Dichlorek pod postacią czarnych kryształów ulega samozapaleniu, natomiast czterochlorek jest lotnym dymiącym się płynem. Wszystkie chlorki tytanu mają właściwości żrące.

Pigmenty dwutlenku tytanu są produkowane na skalę przemysłową dwoma metodami: siarczanową, stosowaną od lat 20-tych XX wieku, i nowszą – chlorkową, stosowaną od lat 50-tych ubiegłego wieku. Nazwy metod pochodzą od nazw soli, z których uzyskiwany jest TiO_2 . W metodzie siarczanowej dwutlenek tytanu otrzymywany jest z wodnego roztworu siarczanu tytanu w procesie strącania, natomiast w metodzie chlorkowej – z gazowego czterochloru tytanu w procesie utleniania czystym tlenem w wysokich temperaturach.

Starsza metoda siarczanowa umożliwia wytwarzanie obu odmian: anatazu i rutyłu oraz półproduktów do produkcji ultradrobego dwutlenku tytanu. Niestety obciążona jest ona większą ilością odpadów, przez co bardziej oddziałuje na środowisko, a sam pigment ma nieco niższą jasność. Z kolei nowsza, bardziej zaawansowana technicznie, metoda chlorkowa umożliwia produkcję wyłącznie gatunków rutytowych. Mniej obciąża środowisko, ale towarzyszy jej zagrożenie niekontrolowanej emisji gazowego chloru do otoczenia.

W procesie otrzymywania bieli tytanowej powstają odpady stałe, jak też produkty uboczne, które mogą być wykorzystywane przemysłowo. W procesie rozkładu rudy kwasem siarkowym pozostają części nierozpuszczalne, które nie ulegają sulfatyzacji, np. krzemionka występująca w rudzie. Po neutralizacji wapnem odpad jest deponowany na składowiskach. Odpady stałe powstają również przy neutralizacji kwaśnych ścieków zawierających jony siarczanowe.

7.2. Efekty i szkody środowiskowe

Podstawową zasadą zrównoważonego rozwoju jest zachowanie środowiska w stanie nie ulegającym negatywnym zmianom w wyniku działalności człowieka. Takie negatywne zmiany, powodowane gospodarką odpadami, polegają na uwalnianiu do środowiska zanieczyszczeń w postaci substancji chemicznych, szkodliwych dla człowieka, organizmów zwierzęcych i roślin. Uciążliwe jest również zajmowanie powierzchni ziemi na składowiska odpadów, które również po zamknięciu mogą być wykorzystywane w sposób ograniczony.

Wspólną cechą odpadów jest nich nieużyteczność. Powstające jako produkty działalności gospodarczej i bytowania człowieka, są usuwane jako nieużyteczne. Nakład pracy, związany z czynnością usuwania i zagospodarowania odpadów oraz niezbędne dla tych celów urządzenia i instalacje stanowią o kosztach, które w przypadku działalności przemysłowej i usługowej są składnikiem kosztów produkcji lub usługi.

Miarą skuteczności zagospodarowania odpadów jest zachowanie stanu środowiska naturalnego zapewniającego warunki zrównoważonego rozwoju roślin i organizmów w nim bytujących.

Uciążliwość odpadów wymaga kontroli ich zachowywania się w środowisku i podejmowania działań, celem których jest zapobieganie i redukcja efektów przez nie powodowanych.

Dyrektywa 2008/1/WE [10] zmieniająca dyrektywę 96/61/WE znaną pod nazwą dyrektywy IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), ma za zadanie określenie ogólnych wymagań w zakresie zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom i ich ograniczania. Istotne jest w tym przypadku zachowanie wspólnych standardów w zakresie przestrzegania granicznych wielkości uwolnień zanieczyszczeń do środowiska i stosowania zaleconych technik, przyjętych w skali międzynarodowej [11]. Dyrektywa ta określa wymagania w odniesieniu do granicznych wielkości uwolnień zanieczyszczeń do środowiska wodnego i powietrza, których przestrzeganie warunkuje otrzymanie pozwolenia na eksploatację instalacji. Lista rodzajowa instalacji wymagających pozwolenia na eksploatację zawiera instalacje przeznaczone dla potrzeb gospodarki odpadami: do unieszkodliwiania lub odzysku odpadów niebezpiecznych, spalania odpadów, unieszkodliwiania odpadów w operacjach D9 i D10, jak również składowiska odpadów o pojemności powyżej 25 000 ton, za wyjątkiem składowisk odpadów obojętnych. Unikanie powstawania odpadów pozostaje celem nadrzędnym, zgodnie z dyrektywą o odpadach.

Poprzez określenie granicznych wielkości uwolnień substancji powodujących szkody w środowisku, dyrektywa IPPC ustala minimum wymagań w stosunku do instalacji przemysłowych, w tym dla gospodarki odpadami. Nie zajmuje się natomiast porównaniem stopnia uciążliwości i zagrożenia powodowanego działalnością instalacji, spełniających te wymagania. Określając dopuszczalne wielkości uwolnień do powietrza (emisja) i do wody, traktuje zanieczyszczenie gleby jako zjawisko wtórne, odbywające się za pośrednictwem środowiska wodnego i powietrza, co w wyniku kumulacji zanieczyszczeń w glebie skutkuje powstawaniem obszarów tak zanieczyszczonych, że ich użytkowanie musi być zaniechane lub ograniczone (brown fields). W zasadach ogólnych (art. 3 dyrektywy) nie określono wymagań w zakresie bilansowania poszczególnych uciążliwości i zagrożeń, występujących w określonej części środowiska, w których instalacja jest, lub ma być czynna. Wymagania takie zawiera art. 9 dyrektywy (Warunki pozwolenia) zobowiązujący do uwzględnienia istniejących uwarunkowań lokalnych niezbędnych dla utrzymania standardów jakości środowiska. Ustawa – Prawo Ochrony Środowiska [12] w art. 144 stanowi: „eksploatacja instalacji nie powinna powodować przekroczeń standardów jakości środowiska”. Takie standardy, określające dopuszczalny stopień zanieczyszczeń w elementach środowiska w zależności od sposobu użytkowania i warunków lokalnych, określono w obowiązującym prawie krajowym, a także Wspólnoty Europejskiej i Konwencjach międzynarodowych. Warunki lokalne, w tym rodzaje działalności prowadzonej na określonym terytorium, potrzeby zwierząt

i roślin oraz istniejąca działalność gospodarcza, a także zasoby naturalne (klimat, woda, powietrze) określają istniejące na tym terytorium potencjalne możliwości rozwoju bez naruszenia standardów jakości środowiska. Badania nad kierunkami rozwoju a także doboru właściwych technologii dla projektowanych instalacji przemysłowych muszą uwzględniać takie uwarunkowania. Powoduje to jednak trudności w ocenie poszczególnych alternatyw technologicznych, ponieważ znaczenie poszczególnych kryteriów oceny procesu zmienia się z lokalizacją instalacji. I to poczynając od wyboru procesu produkcji produktu podstawowego, w którym surowce decydują o rodzaju powstającego odpadu, jego właściwościach i sposobie wykorzystania lub unieszkodliwienia.

Można sobie wyobrazić także, w wielu przypadkach, eliminację odpadów, jak np. w procesie pozyskiwania sodu metodą elektrolityczną i wykorzystania chloru do produkcji chlorku winylu, a następnie PCV. Mogą tu powstać problemy z nadmiarem PCV na rynku, ale należy wziąć pod uwagę, że PCV jako odpad posiada właściwości bezpiecznego składowania na składowiskach o bardzo niskich wymaganiach technicznych. Takie postępowanie w celu bezpiecznego zagospodarowania chloru miało miejsce w okresie II wojny światowej (Niemcy). Rezygnacja z importu surowców fosforowych dla potrzeb przemysłu nawozów fosforowych jest w wielu krajach związana z importem kwasu fosforowego, a odpad – fosfogips – pozostaje w kraju producenta apatytów, gdzie warunki lokalne zapewniają niższe koszty procesu, a koszty transportu są mniejsze. Stąd konieczność kompleksowej analizy procesów produkcyjnych łącznie z procesami zagospodarowania odpadów w aspekcie efektów ekonomicznych i ekologicznych. Rosnące koszty gospodarki odpadami, szczególnie w przypadkach odpadów wymagających unieszkodliwiania, będą miały istotny wpływ na zmiany technologii wytwarzania wyrobów z surowców mineralnych, z których tylko część składników jest wykorzystywana w procesie, a pozostałość wymaga unieszkodliwienia.

Propozycja oceny procesu technologicznego z punktu widzenia zasad zrównoważonego rozwoju, w początkowym stadium projektowania [13], polega na określeniu wartości kluczowych wskaźników efektywności procesu technologicznego. Wskaźniki te są określane z uwzględnieniem warunków lokalnego obciążenia środowiska i w ten sposób zapewnia się właściwe wykorzystanie możliwości i rezerw lokalnych dla potrzeb zrównoważonego rozwoju. Oczywiście, w przedstawionej propozycji nie mieści się wybór lokalizacji instalacji, co powinno nastąpić przed przystąpieniem do oceny. Proponowana procedura postępowania składa się z 4 kolejnych faz:

1. określenie kryteriów oceny, wspólnych dla poddawanych jej procesów technologicznych,
2. określenie zawartości zbioru danych liczbowych dla potrzeb oceny,
3. ewentualne przeliczenia danych wg jednolitych standardów,
4. sporządzenie zestawień danych dla potrzeb analizy porównawczej procesów alternatywnych.

W fazie 1 zostają określone uwarunkowania lokalne istotne dla funkcjonowania instalacji i podstawowe wymagania dla każdego z poddawanych ocenie procesu technologicznego, w tym dane liczbowe, charakteryzujące środowisko i proces. Dane te mają się odnosić do określonej wielkości produkcji (zdolności produkcyjnej) projektowanej instalacji. Zestawienie potrzebnych danych przedstawiono w tabeli 7.5.

Tabela 7.5. Zestawienie danych o procesie technologicznym w projektowanej instalacji

Rodzaj danych	Wymagany zakres
technologiczne	(a) uproszczony schemat technologiczny (procesy jednostkowe, przepływ masy i energii); (b) zapotrzebowanie energii; (c) zapotrzebowanie surowców (bilans masowy, skład chemiczny, temperatura i ciśnienie); (d) produkty, produkty oboczne (bilans masowy, skład chemiczny, temperatura i ciśnienie); (e) odpady i ścieki (bilans masowy, skład chemiczny, temperatura i ciśnienie); (f) emisja do powietrza (ilości i skład); (g) charakterystyka właściwości niebezpiecznych produktów, produktów ubocznych (palność, niestabilność, reaktywność, toksyczność); (h) wymagania eksploatacyjne dla urządzeń (ciśnienie, temperatura); (i) wstępna charakterystyka aparatury;
ekonomiczne	(a) założone koszty realizacji (nakłady kapitałowe); (b) koszty surowcowe; (c) wartość produktów; (d) koszty zagospodarowania produktów ubocznych i odpadów; (e) liczba zatrudnionych; (f) koszty robocizny.

Zbiór danych zgromadzonych w pierwszej fazie postępowania ma zapewnić uzyskanie informacji o rodzajach i wielkościach potencjalnych zagrożeń przez projektowany proces produkcyjny lub usługowy. Zbiór ten ma zawierać wszelkie niezbędne dane potrzebne dla identyfikacji zagrożeń powodowanych działalnością instalacji i uszeregować według zagrożeń dla zrównoważonego rozwoju w podziale na: środowisko naturalne, aspekty socjalne i ekonomiczne. Zawartość zbioru danych jest zależna od właściwości procesu technologicznego, lokalnych uwarunkowań środowiskowych, sytuacji społecznej. Należy zwrócić uwagę, że w początkowych stadiach procesu projektowania zakres możliwości pozyskiwania danych jest ograniczony do dostępnych informacji, zawartych

w literaturze i publikacjach. Te źródła są powszechnie wykorzystywane. W tabeli 7.6. przedstawiono zbiór danych, najczęściej wykorzystywanych dla oceny oddziaływania na środowisko instalacji przemysłowych lub usługowych.

Tabela 7.6. Rodzaje danych wykorzystywanych dla oceny zagrożeń zrównoważonego rozwoju oraz typowe wielkości obszarów dla znormalizowanej oceny wpływu na środowisko

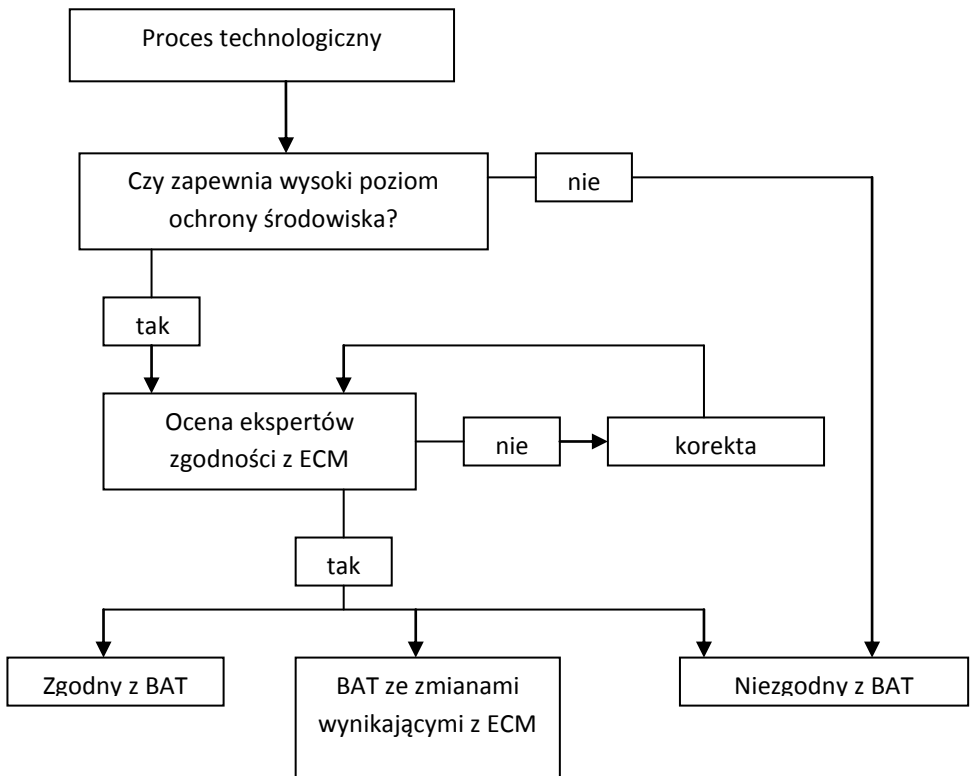
Aspekty	Element środowiska	Rodzaj zagrożenia		Obszar znormalizowany
ś r o d o - wiskowe	emisja do powietrza	globalne ocieplenie	I_{GW}	obszar państwa
		warstwa ozonowa	I_{OD}	obszar państwa
		kwaśne deszcze	I_{RA}	1500 km
		smog	I_{SF}	100 km
		toksyczność powietrza	I_{TA}	100 km
		rakotwórczość powietrza	I_{CA}	100 km
	uwolnienia do wody	eutrofizacja	I_{EU}	basen hydrograficzny
		zanieczyszczenia organiczne	I_{OL}	basen hydrograficzny
		toksyczność wody	I_{TW}	basen hydrograficzny
		rakotwórczość wody	I_{CW}	basen hydrograficzny
		ekotoksyczność	I_{ET}	basen hydrograficzny
	uwolnienia do gleby	składowanie odpadów	I_{WD}	region
	zużycie surowców, energii, potrzeby terenu	surowce nieodnawialne	I_{NR}	region
		surowce odnawialne	I_{RM}	region
		energia elektryczna	I_{EL}	region
		teren	I_{LU}	region
		NPEI*	I_{NPEI}	krajowy
e k o n o - miczne				
socjalne		wskaźnik poczucia bezpieczeństwa**[14]	I_{IS}	region
		wskaźnik zatrudnienia	I_{OC}	krajowy

* *net potential economic impact*

** *Inherent Safety Index*

Nie wydaje się celowe dążenie do wspólnego wskaźnika dla potrzeb wyboru rozwiązań optymalnych z punktu widzenia zrównoważonego rozwoju. Celowe wydaje się posługiwanie w ocenie wpływu na środowisko określeniem kosztów redukcji poprawy jakości środowiska - jako zmniejszenie wielkości uwolnień substancji do środowiska, różnic w poziomie jego zanieczyszczenia i spodziewanych efektów (zdrowie, bioróżnorodność).

Przystępując do oceny procesu technologicznego i instalacji z punktu widzenia jego wpływu na środowisko, ale także aspektów ekonomicznych, można posłużyć się dokumentem [15] ECM poświęconym problematyce ekonomicznej i metodologii oceny oddziaływania instalacji – poziomu ochrony środowiska jako całości, we wszystkich jego częściach – powietrzu, wodzie i powierzchni ziemi. Dokument ten został opracowany z myślą o ocenie możliwości wdrożenia rozwiązań technicznych zapewniających poprawę zachowania się instalacji w środowisku, również zastosowania BAT (Best Available Techniques) zalecanych w BREF. Postępowania zalecone w tym dokumencie są pomocne przy ocenie stopnia realizacji wymagań dyrektywy IPPC, ale nie są obowiązujące z prawnego punktu widzenia. Schemat postępowania dla oceny możliwości zastosowania BAT przedstawiono na rys. 7.1.



Rys. 7.1. Przebieg oceny możliwości zastosowania BAT

Postępowanie przy ocenie wg ECM (cross-media methodology) jest podzielone na cztery etapy:

1. Określenie zakresu i identyfikacja możliwych rozwiązań alternatywnych procesu lub instalacji, które są dostępne i mogą być zastosowane w istniejących

warunkach. Rozwiązanie te dotyczą tych elementów, które są przedmiotem zainteresowania dyrektywy IPPC.

2. Inwentaryzacja uwolnień zanieczyszczeń (ścieki, gazy), odpady, zużycie surowców, energii, ścieki.
3. Zagrożenia dla człowieka i środowiska (cross-media effects): toksyczność dla ludzi, efekt globalnego ocieplenia, toksyczność dla środowiska wodnego, zakwaszenie gleb, eutrofizacja, zubożenie ozonowe, fotochemiczne wytwarzanie ozonu.
4. Interpretacja przeciwieństw w poszczególnych alternatywach.

Każde z możliwych rozwiązań alternatywnych wymaga podobnego postępowania z określeniem kosztów zmian instalacji – inwestycyjnych i eksploatacyjnych.

7.3. Ocena ryzyka środowiskowego i zdrowotnego powodowanego zanieczyszczeniem środowiska

Obecnie w wyniku znacznego uprzemysłowienia i urbanizacji możliwość wystąpienia nadmiaru zanieczyszczeń w środowisku naturalnym zwiększyła się wielokrotnie. Polska należy do tych państw europejskich, które są znacznie zanieczyszczone substancjami pochodzącymi ze źródeł antropogennych. Obecność metali stwierdza się nie tylko w rejonach silnie uprzemysłowionych, ale także w ekosystemach rolniczych i naturalnych. W Polsce wydzielono 27 obszarów ekologicznego zagrożenia (czyli takich, które nie mają możliwości samooczyszczenia środowiska przyrodniczego, co prowadzi do degradacji układów biologicznych). Ich powierzchnia stanowi ponad 11% terytorium naszego kraju, a obszar ten zamieszkuje ponad 30% ludności.

Najwięcej metali ciężkich wprowadzanych jest do powietrza z obszaru naszego kraju w wyniku procesów spalania paliw – zarówno w przemyśle i energetyce, jak i w lokalnych i osiedlowych ciepłowniach oraz w paleniskach domowych. Innym ich źródłem jest hutnictwo metali nieżelaznych oraz żelaza, a także transport oraz spalarnie odpadów i śmieci.

Ocena ryzyka środowiskowego polega na określeniu prawdopodobieństwa wystąpienia negatywnych skutków ekologicznych mogących się wydarzyć lub wydarzających się w rezultacie narażenia na jeden lub więcej czynników stresu. Proces ten polega na systematycznym gromadzeniu i ocenie danych w celu lepszego zrozumienia związków między czynnikami stresu a powodowanymi przez nie skutkami w środowisku i możliwości ich przewidywania. Sposób oceny ryzyka powinien zagwarantować jej przydatność przy podejmowaniu decyzji mogących mieć wpływ na środowisko.

Ocena ryzyka może dotyczyć chemicznych, fizycznych lub biologicznych czynników stresu. Czynniki stresu może powodować negatywne skutki w jednym ekosystemie, a jednocześnie być czynnikiem obojętnym, a nawet oddziałującym korzystnie w innych ekosystemach. Za zmiany niepożądane – skutki negatywne – uważa się takie, które mogą spowodować zakłócenia ważnych strukturalnych lub funkcjonalnych czynników

oraz części składowych ekosystemów. Ocena szkodliwości może zawierać rozważania dotyczące typu, intensywności i skali skutków oraz zdolności do samonaprawy. Akceptowalność negatywnych skutków jest przedmiotem rozważań sterujących ryzykiem.

Prawdopodobieństwo wystąpienia negatywnych skutków można opisać w różny sposób: od najprostszych stwierdzeń jakościowych do najdokładniejszych ocen ilościowych, w zależności od sytuacji, nie w każdym bowiem wypadku możliwa jest ilościowa ocena prawdopodobieństwa.

Ocena ryzyka środowiskowego może także mieć charakter retrospektywny, w sensie oceny prawdopodobieństwa skutków spowodowanych przez wprowadzone już wcześniej do środowiska czynniki stresu. W wielu wypadkach oba podejścia: perspektywiczne i retrospektywne, stosowane są jednocześnie w jednej ocenie. Dotyczy to sytuacji, w których ekosystem był już w przeszłości narażony na czynniki stresu.

Ocena ryzyka dla zdrowia ludzi polega na ilościowym oszacowaniu prawdopodobieństwa zagrożenia zdrowia spowodowanego rzeczywistymi lub potencjalnymi uwolnieniami zanieczyszczeń (czynników stresu) do środowiska związanymi z działalnością gospodarczą człowieka. Jest to uporządkowana i systematyczna procedura, składająca się z czterech następujących po sobie etapów:

1. analizy uwalniania zanieczyszczeń do środowiska,
2. analizy przemieszczania się zanieczyszczeń w środowisku,
3. analizy narażania zdrowia ludzi przez zanieczyszczone środowisko,
4. oceny skutków narażania i ustalenia wielkości związanego z tym ryzyka.

Obecność większości zanieczyszczeń występujących w środowisku jest odzwierciedleniem aktualnego stopnia świadomości i wyobraźni społeczeństwa, pozostających w ścisłym związku z postępowaniem nauki, stosowanymi technologiami produkcji i metodami utylizacji substancji odpadowych. Niewłaściwa ocena ryzyka ich występowania w działalności gospodarczej może być powodem katastrof ekologicznych stanowiących niebezpieczeństwo dla ludzi.

Narażenie organizmu jest wynikiem jego kontaktu z substancją zanieczyszczającą. O rodzaju i wielkości narażenia decyduje obecność substancji zanieczyszczającej oraz sposób kontaktu organizmu z tą substancją. O wyborze kryteriów oceny ryzyka dla zdrowia ludzi na terenach zanieczyszczonych, w odniesieniu do których ustalono wielkości tych zanieczyszczeń, decyduje sposób użytkowania tych terenów oraz akceptowany stopień ryzyka. Ryzyka bowiem w tym wypadku nie można uniknąć, można je tylko obniżyć do rozsądnych granic. Na akceptację stopnia ryzyka istotny wpływ mają czynniki natury ekonomicznej i społecznej.

7.3.1. Podstawowe pojęcia w zakresie analizy ryzyka powodowanego przez zanieczyszczenie środowiska

Definicja ryzyka

Ryzyko. Pojęcie to należy rozumieć jako prawdopodobieństwo wystąpienia

niekorzystnego zdarzenia lub sytuacji w określonym czasie, z wszelkimi niepomyślnymi skutkami, w tym konsekwencjami finansowymi, czyli stratami.

Ryzyko dla środowiska i zdrowia ludzi. Prawdopodobieństwo wystąpienia takich zmian w środowisku, w następstwie których pogorszą się warunki życia człowieka. Pogorszenie to może mieć wymiar bezpośredni lub pośredni, co oznacza, że pogorszeniu ulegną warunki bytowania organizmów roślinnych, zwierzęcych i w konsekwencji także człowieka. Zmiany pogarszające warunki życia człowieka, a także bytowania roślin i zwierząt mogą być wywołane np. przez zanieczyszczenie gleb lub wód podziemnych. Zagrożenie środowiska może mieć różne przyczyny, takie jak: działalność przemysłowa, rolnictwo, urbanizacja oraz działania militarne, które wnoszą do ekosystemów różnego rodzaju zanieczyszczenia. Ze społecznego punktu widzenia, poszczególne rodzaje ryzyka dla środowiska i zdrowia ludzi można podzielić na pięć podstawowych kategorii:

1. ryzyko zagrażające zdrowiu publicznemu,
2. ryzyko zagrażające zasobom naturalnym,
3. ryzyko zagrażające rozwojowi społecznemu,
4. ryzyko powstające w wyniku katastrof,
5. ryzyko powstające w wyniku stosowania nowych technologii i wprowadzania nowych wyrobów.

Różne rodzaje ryzyka w środowisku są wzajemnie powiązane, co w warunkach zagrożeń w środowisku uruchamia skutki współzależnych zjawisk, wynikających z łańcucha przyczyn i skutków. Zależności te łączą źródła skażeń (zanieczyszczenia powietrza, gleb, wód) z ich receptorami (roślina – zwierzę – człowiek). Do interpretacji niekorzystnych zmian w środowisku niezbędne jest zatem tworzenie modeli zespołowych, obrazujących współzależność różnych zjawisk.

Typy zanieczyszczeń i ich toksyczność

Analiza zasadniczych szlaków oraz warunków migracji zanieczyszczeń pochodzących z odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego w środowisku stanowi podstawę scenariusza oceny ryzyka utraty zdrowia jako konsekwencji zanieczyszczeń gleb i wód tymi zanieczyszczeniami. Drogi przemieszczania się i sposób zachowania nadmiarów zanieczyszczeń, zwłaszcza w glebie, która stanowi wyjściowe ogniwo w łańcuchu troficznym, rzutują na efektywność włączania się substancji toksycznych do łańcucha troficznego w układzie gleba – woda – rośliny – zwierzęta – człowiek. Toksyczność np. metali ciężkich – jako przykładu zanieczyszczeń w środowisku zależy w dużej mierze od charakteru związków chemicznych, w jakich występują one w glebach i wodach. Istotne jest także to, z jakimi składnikami środowiska związki te są związane, niezależnie od rodzaju wiązania, a także od właściwości fizyko-chemicznych środowiska.

Mówiąc o toksyczności metali ciężkich należy pamiętać, że zależy ona od ilości tych metali akumulowanych w organizmie, liczne bowiem metale, np. Zn, Co, Mn, Ni, Fe, i Cu, są nieodzownymi składnikami organizmów żywych i pełnią ważne funkcje w metabolizmie ustroju. Zarówno ich brak, jak i nadmiar jest szkodliwy. Metale

mogą wywoływać ostre zatrucia od razu widoczne, oraz zatrucia przewlekłe. Zatrucia ostre powodują takie metale, jak: Bi, As, Zn, Cd, Cu i Hg. Zatrucia przewlekłe mogą wywoływać m.in.: As, Zn, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Sn, Co, Ni, Mn, Fe, i Ag.

Zatrucia przewlekłe, występujące przez dłuższy czas w formie utajonej, są bardzo niebezpieczne, zwłaszcza, jeżeli wywołują zmiany mutagenne i kancerogenne lub uszkadzają mózg. Do takich zatruc należą np. zatrucia rtęcią i ołowiem.

7.3.2. Ocena narażenia i analiza ryzyka powodowanego zanieczyszczeniem środowiska metalami ciężkimi [16]

Ocenę narażenia i analizę ryzyka dla środowiska oraz dla zdrowia ludzi powinno się rozpatrywać oddzielnie. W pierwszym przypadku, przeprowadzając analizę ryzyka, odnosimy pomierzone stężenia w poszczególnych komponentach środowiska (woda, gleba i powietrze) do wielkości uznawanych za bezpieczne (dopuszczalne zawartości, normy, zalecenia). W przypadku, gdy uzyskanie danych metodą pomiarów jest zbyt kosztowne lub niemożliwe do wykonania, możemy posłużyć się matematycznymi modelami opisującymi migrację poszczególnych zanieczyszczeń pochodzących z odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego w poszczególnych komponentach środowiska.

Dane wyjściowe (stężeniowe) uzyskane w wyniku oceny narażenia i analizy ryzyka dla środowiska stają się danymi wejściowymi do oceny zagrożenia dla ludzi. W tym przypadku analizę ryzyka przeprowadza się rozważając stosunek dawek możliwych do pobrania w stosunku do dawek przy których nie stwierdza się istotnego statystycznie lub biologicznie zwiększenia częstości szkodliwych efektów wśród grupy narażonej, w stosunku do grupy nie narażonej.

Ocena zagrożenia dla środowiska

Ocena zagrożenia dla środowiska wynikająca ze składowania odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego obejmuje:

- identyfikację źródeł zagrożenia.
- scenariusze uwalniania zanieczyszczeń ze skażonych obszarów.
- określenie dróg i szybkości rozprzestrzeniania się związków metali ciężkich w poszczególnych segmentach środowiska (woda, gleba, powietrze).
- określenie stopnia bioakumulacji metali ciężkich w organizmach żywych i tym samym ustalenie krytycznej dla każdego z nich ścieżki w łańcuchu pokarmowym.

Analiza ryzyka dla środowiska

Aby dokonać analizy ryzyka dla środowiska należy rozpatrzyć następujące zagadnienia:

Ocena relacji stężenie – skutek.

Celem oceny tej relacji jest przewidywanie stężenia substancji w poszczególnych

komponentach środowiska, poniżej którego nie będzie negatywnego skutku dla środowiska lub będzie nieprawdopodobnym, aby się taki wydarzył. Stężenie takie określa się jako PNEC (Predicted No Effect Concentration).

Stężenia PNEC stosowane są do ustalania norm, wartości dopuszczalnych oraz proponowanych. W przypadku braku istniejących danych dopuszcza się obliczenie PNEC poprzez zastosowanie współczynników korygujących do wartości wskaźników LC50, EC50, IC50 i LD50 uzyskanych w wyniku przeprowadzonych testów na organizmach. Współczynnik wyraża stopień niepewności co do ekstrapolacji danych.

Ocena narażenia.

Celem oceny narażenia jest przewidywanie najbardziej prawdopodobnego stężenia substancji w środowisku. Taki wskaźnik zwany PEC (Predicted Environmental Concentration) uzyskuje się drogą pozyskania danych pochodzących z wykonanych badań w poszczególnych segmentach środowiska. Jeśli pozyskanie tych danych jest zbyt kosztowne lub niemożliwe stosuje się matematyczne modele przenoszenia substancji w środowisku.

Analiza ryzyka dla środowiska.

Analizę ryzyka dla środowiska wykonuje się poprzez porównanie określonego metodą badań lub wyliczonego PEC do ustalonego PNEC. Ryzyko określa się obliczając współczynnik PEC/PNEC.

Współczynnik ten może przyjąć wartości <1 , równe jedności i >1 . Jeżeli współczynnik jest <1 lub równy jedności należy uznać, iż w tym przypadku nie ma ryzyka dla środowiska. Jeżeli współczynnik jest >1 oznacza to, że istnieje ryzyko dla środowiska i należy wziąć pod uwagę inne czynniki, takie jak:

- wskaźniki potencjalnej bioakumulacji na ścieżkach przenoszenia w łańcuchu pokarmowym,
- kształt krzywej toksyczności wyznaczonej na podstawie wyników testów toksyczności,
- wskaźniki niekorzystnych skutków dla innych biosystemów uzyskane w wyniku badań toksykologicznych,
- innych danych dla substancji zachowujących się analogicznie w środowisku lub posiadających podobne właściwości fizyko-chemiczne i toksykologiczne.

Procedura oceny ryzyka

Ekonomiczne i społeczne aspekty wyboru kryteriów oceny ryzyka

Narażenie organizmu jest wynikiem jego kontaktu z substancją zanieczyszczającą. O rodzaju i wielkości narażenia decyduje obecność substancji zanieczyszczającej oraz sposób kontaktu organizmu z taką substancją. O wyborze kryteriów oceny ryzyka dla środowiska na terenach zanieczyszczonych decyduje sposób użytkowania tych terenów oraz akceptowany stopień ryzyka środowiskowego.

Na akceptację stopnia ryzyka istotny wpływ mają czynniki natury ekonomicznej i społecznej.

Ocena kosztów i korzyści z tytułu podjętego ryzyka stanowi ekonomiczną część propozycji zagospodarowania obszaru, na którym występuje ryzyko w stopniu wyższym od normalnego. Wartość terenu zwiększa się wraz ze zmniejszeniem ryzyka związanego z jego użytkowaniem, a koszty zmniejszenia ryzyka stanowią koszty redukcji zanieczyszczenia tego terenu.

Dla przeprowadzenia analizy ekonomicznej w części dotyczącej określenia najmniejszych kosztów oczyszczenia terenu skażonego Goodman i Blacker [17] proponują przyjęcie następujących zasad postępowania:

1. Przy podejmowaniu każdej kolejnej decyzji niezbędna jest znajomość wielkości każdego wydatku, którego można się spodziewać z przyczyn racjonalnie uzasadnionych, oraz jego prawdopodobieństwo. Prawdopodobieństwo każdego wydatku odpowiada częstotliwości jego ponoszenia w identycznych okolicznościach. Wielkość tego prawdopodobieństwa określa się na podstawie zebranych informacji praktycznych.
2. Przy każdej kolejnej decyzji wybiera się opcję o najniższym koszcie. Warunkiem prawidłowego określenia kosztu operacji oczyszczania jest posiadanie właściwej informacji o wydatkach na jej przeprowadzenie oraz o prawdopodobieństwie ich poniesienia.
3. W żadnym przypadku nie należy wybierać opcji o nie pomijalnym prawdopodobieństwie dotyczącej wydatku w wysokości grożącej przekroczeniem kosztorysu przedsięwzięcia.
4. Każdy etap operacji oczyszczania musi być zaprojektowany w sposób zapewniający realizację całości przedsięwzięcia w sposób optymalny – a zatem przyjęte rozwiązania muszą zawierać kompromis wynikający z rozwiązań przyjętych dla wszystkich etapów.

Do ekonomicznej oceny celowości podjęcia oczyszczania gruntów, a również dla określenia kosztu tego przedsięwzięcia, stosować można metodę analizy kosztów i korzyści, polegającą na opracowaniu kosztorysu wydatków związanych z realizacją przedsięwzięcia, określonych zgodnie z podanymi wyżej zasadami oraz zestawienia korzyści które zostaną osiągnięte w wyniku oczyszczenia gruntów.

Po stronie kosztów należy uwzględnić:

- koszt wykonania badań gruntów i opracowania oceny ryzyka,
- koszt wykonania oczyszczenia określony zgodnie z zasadami podanymi wyżej,
- koszt pokrycia szkód z tytułu niepowodzenia, spowodowanego podjęciem ryzyka, zarówno dla przypadku przeprowadzenia, jak i nie przeprowadzenia oczyszczenia gruntu.

Po stronie korzyści należy uwzględnić:

- przyrost wartości gruntu w wyniku oczyszczenia,
- zmianę kosztów pokrycia szkód z tytułu niepowodzenia w przypadku

oczyszczenia gruntu (spadek kosztów).

Przewaga korzyści nad kosztami świadczy o ekonomicznej opłacalności przedsięwzięcia. Jest to przypadek wciąż jeszcze rzadki, ale jeśli do szkód, spowodowanych nie podjęciem oczyszczania wprowadzimy koszt ryzyka związanego np. z pogorszeniem jakości wody pitnej dla określonego regionu (np. wzrost stężenia metali ciężkich o 10%) to przy odpowiednio dużej liczbie mieszkańców korzystających z tej wody, wynik może być zaskakująco pozytywny dla opcji przewidującej oczyszczenie gruntu.

Dla określenia poszczególnych elementów kosztów niezbędne będzie utworzenie zbiorów danych o poszczególnych wydatkach, jak też o prawdopodobieństwie poniesienia tych wydatków, które są zależne od podjętego ryzyka:

- a) Decyzję o koszcie wykonania badań gruntów i opracowania oceny ryzyka powinien podejmować ten, kto jest zainteresowany w wykorzystaniu terenu lub zgodnie z zasadą „zanieczyszczający płaci” ten, kto spowodował zanieczyszczenie. Niezbędne będzie tu uzgodnienie z urzędem, wydającym zgodę na sposób zagospodarowania terenu, stopnia dokładności tych badań, które mają istotny wpływ na stopień ryzyka w podejmowaniu decyzji.
- b) Koszt wykonania oczyszczenia gruntu określa jego przyszły użytkownik. Przedsięwzięcie oczyszczania składa się z projektu, określającego jego cel – sposób i stężenia usuwanych metali pozostałych w gruncie, oraz zestawienia kosztów. Projekt powinien być sporządzany zgodnie z zasadami minimalnych kosztów zapewniających osiągnięcie planowanych efektów, a w fazie początkowej powinien zawierać analizę porównawczą kilku metod technologicznych.
- c) Koszty pokrycia szkód z tytułu podjętego ryzyka można określać poprzez obliczenie „premii asekuracyjnej” zgodnie z zasadami przyjętymi dla obliczania ryzyka w ubezpieczeniach, kiedy stawka asekuracyjna jest obliczana na podstawie kosztu pokrycia szkody i jej prawdopodobieństwa. Dla określenia stopnia ryzyka posłużyć się będzie można opracowaniami EPA [18], ale dla obliczeń niezbędne będzie określenie kosztów pokrycia szkód w warunkach polskich.

Korzyści, jakie mogą być osiągnięte w wyniku przeprowadzonej oceny ryzyka dla zdrowia i życia ludzkiego oraz dla środowiska, nazwać można korzyściami „opcji zerowej”. Jeśli bowiem na podstawie przeprowadzonych badań i oceny ryzyka zostanie ustalone, że badany teren odpowiada warunkom ryzyka dopuszczalnego, tj. wartości stężeń metali ciężkich w glebie są wyższe niż przyjęte dla warunków normalnych w regionie lub kraju i niższe od przyjętych dla obowiązkowego oczyszczania gruntu, to analiza ryzyka wskazuje, w jakim stosunku pozostają koszty zmniejszenia ryzyka (koszty oczyszczenia gleby) do kosztów pokrycia szkód wynikłych w wyniku podjęcia ryzyka. Jest to informacja niezbędna przy podejmowaniu decyzji o dalszym postępowaniu z badanym terenem. Oczywiście, nie jest to jedyna potrzebna w tym celu informacja.

Przyjęcie „opcji zerowej” dla terenów gdzie występuje stan dopuszczalnego ryzyka dla życia i zdrowia ludzkiego powoduje obowiązek właściciela lub zarządcy tych terenów do podjęcia działań zapewniających pokrycie szkód spowodowanych przez podwyższony stopień ryzyka. Jedną z form takich działań mogło by być dodatkowe ubezpieczenie zdrowotne dla ludzi zatrudnionych przez właściciela lub zarządcę terenu.

Korzyści wynikające z oczyszczenia terenu są następujące:

1. Przyrost wartości gruntu w wyniku jego oczyszczenia. Analiza przyrostu wartości gruntu po jego oczyszczeniu może obejmować kilka scenariuszy postępowania dla zbadania przyrostu wartości gruntu, w zależności od wielkości jego zanieczyszczenia po przeprowadzeniu operacji. Jeśli cena gruntu będzie znacznie wzrastała ze stopniem jego czystości, wówczas optymalny może się okazać wariant technologicznie drogi, zapewniający osiągnięcie wysokiej czystości. Jeśli natomiast właściciel lub nabywca terenu ma określony cel jego wykorzystania, wówczas stan zanieczyszczenia gleby powinien mieścić się w przedziale wymaganym odpowiednimi przepisami.
2. Zmianę kosztów pokrycia szkód z tytułu przyjęcia określonego stopnia ryzyka, którego wielkość zależy od stopnia oczyszczenia gruntu, oblicza się w sposób opisany dla „opcji zerowej”. Tu również następuje porównanie kosztów oczyszczania z jego efektami wynikającymi z obniżenia podejmowanego ryzyka i niższych kosztów pokrycia szkód.

Analiza ekonomiczna jest składową oceny ryzyka i jej wynik nie może przesądzać o decyzji w sprawie zagospodarowania terenu. Jest jednak składową na tyle istotną dla lokalnych społeczności, że wnioski z niej wynikające muszą być tej społeczności znane.

Niezbędnym elementem oceny ryzyka i procesu opracowania „strategii zarządzania ryzykiem” czyli procesu decyzyjnego dotyczącego postępowania z zagrożeniem, jest akceptacja ryzyka przez społeczeństwo lub określone grupy społeczne, które mogą być (lub są) narażone na czynniki szkodliwe. Zakłada to informowanie danej społeczności o ryzyku narażenia na niebezpieczeństwo. Ta informacja stanowi podstawę do opracowania różnych wariantów strategii zmniejszania ryzyka. Informowanie o ryzyku to proces komunikacji społecznej polegający na wymianie informacji i opinii o istocie zagrożenia. O skuteczności tego procesu decyduje współdziałanie specjalistów oceniających ryzyko (epidemiolodzy, przedstawiciele różnych resortów, w tym – ochrony zdrowia, ochrony środowiska, przemysłu, reprezentanci innych grup interesu) ze społeczeństwem lokalnym. Efektywne włączenie się w proces decyzyjny wymaga dobrego zrozumienia wielkości zagrożenia i jego społeczno-ekonomicznych aspektów. Właściwe rozeznanie podstawowych zagadnień przez wszystkich zainteresowanych stwarza platformę współdziałania w procesie oceny, informowania i poszukiwania rozwiązań. Konieczne więc jest przedstawienie informacji o różnych aspektach samego ryzyka oraz zagrożeń, a ponadto prezentacja opinii na temat proponowanych rozwiązań instytucjonalnych i prawnych.

Zasady akceptacji ryzyka

Akceptacja ryzyka następuje w oparciu o zasady przewodnie jakimi kierują się władze i społeczności przy szacowaniu ryzyka.

Podstawą akceptacji ryzyka są różne zasady ogólne, związane z normalnymi sytuacjami życia codziennego, oraz tzw. zasady praktyczne, które można ująć następująco:

1. Ryzyko, na jakie człowiek jest narażony w życiu codziennym może ulec zmianie poprzez uczestnictwo w działalności przemysłowej (pobyt na terenach zanieczyszczonych).
2. Ryzyko, na które osoba narażona jest wskutek zjawisk naturalnych może być znacznie podwyższone przez produkcję przemysłową, transport oraz inne aktywności prowadzonej bez naszej akceptacji.
3. W przepisach prawa uwzględnia się zasadę rekompensaty za straty wynikające z obniżenia wartości obiektów lub za spowodowane urazy lub choroby.
4. W podejściu operacyjnym do analizy ryzyka stosowana jest zasada probabilistycznej oceny ryzyka.
5. Zasada analizy kosztów i zysków – jako etap w szacowaniu ryzyka w ochronie środowiska. Jej stosowanie jest bardzo wielu pracochłonne i kosztowne. Wymaga też zajęcia stanowiska w kwestii wartości życia ludzkiego.
6. Zasada minimalizacji poziomu zagrożenia do stanu „bezpieczeństwa na zasadnym poziomie” – tj. do takiego stopnia bezpieczeństwa jaki można praktycznie uzasadnić, jest zasadą najczęściej stosowaną w problematyce ochrony środowiska.

Procedura oceny ryzyka

Według Brownera (1995) [19]: „Ryzyko należy określić w sposób powszechnie zrozumiały, rozsądny i zgodny z ocenami ryzyka w podobnych przedsięwzięciach”.

Postępowanie przy ocenie ryzyka w wybranym scenariuszu postępowania składa się z trzech faz:

1. Określenie celu i zakresu oceny ryzyka; w tej fazie należy ustalić cele oceny, opracować koncepcję i plan analizy.
2. Analiza ryzyka; celem analizy jest określenie wielkości narażenia oraz zależności skutków ekologicznych od tych wielkości.
3. Określenie rodzaju i stopnia ryzyka; w tej fazie należy scharakteryzować występujące ryzyko z punktu widzenia rodzajów i wielkości zagrożeń.

Problemem nurtującym specjalistów zajmujących się rekultywacją zanieczyszczonych terenów jest brak satysfakcjonującej procedury, która mogłaby być opisana w sposób ilościowy. Istotnym elementem tego problemu jest niejasna relacja między różnymi stronami (rządową, samorządową i/lub prywatną) podejmującymi wspólne w tym zakresie decyzje. Wynika to z ogromnej złożoności zagadnienia, która powoduje, że każdy przypadek jest w zasadzie unikatowy.

Metoda oceny ryzyka dotycząca decyzji o rekultywacji zanieczyszczonych terenów powinna uwzględniać interesy wszystkich stron uczestniczących w osiągnięciu zadowalającego je poziomu rekultywacji [20].

Pierwsza faza oceny ryzyka

Proces można podzielić na pięć następujących etapów:

1. Opis zanieczyszczonego terenu. Zwykle wykonuje się go poprzez pobranie dostatecznej ilości próbek z terenu i jego okolicy w celu otrzymania wystarczającego opisu przestrzennego rozkładu zanieczyszczeń.
2. Zasada wydawania decyzji. Zasada polega na podjęciu decyzji czy teren jest zanieczyszczony czy nie. Decyzję należy podjąć przed wykonaniem rekultywacji i w celu określenia czy rekultywacja została wykonana prawidłowo. Decyzja jest przeważnie oparta na informacjach uzyskanych z opróbkowania terenu.
3. Ryzyko niepomyślnej realizacji przedsięwzięcia. Po podjęciu decyzji o przyjęciu planu pobrania i analizy próbek, jakie ryzyko podejmują zainteresowane strony będące w opozycji przed podjęciem decyzji która na ogół jest kompromisem,
4. Zakres błędu. Odpowiedzialni za podjęcie decyzji związanej z rekultywacją terenu chcieliby mieć dobre oszacowanie prawdopodobieństwa ewentualnych błędów popełnionych w decyzjach.
5. Określenie planu pobierania próbek oraz ich ilości. Plan zawiera minimalną ilość próbek jaka powinna zostać pobrana w celu upewnienia się, że zakres błędu i związane z nim ryzyko niepomyślnego zakończenia przedsięwzięcia są „rozsądnie niskie”.

Ocena ryzyka ma zasadniczy wpływ na decyzję o rekultywacji terenu, ponieważ poziom ryzyka przy użytkowaniu terenu zależy od poziomu zanieczyszczenia po rekultywacji.

Po określeniu celu i zakresu oceny ryzyka jej wykonawca przystępuje do zgromadzenia dostępnych informacji o zanieczyszczeniach gruntów na objętym oceną terytorium, o występowaniu innych czynników szkodliwych dla środowiska, o zlikwidowanych, istniejących i projektowanych źródłach zanieczyszczeń w związku z przedsięwzięciami gospodarczymi. W tym celu niezbędne jest zebranie danych przez inwentaryzację stanu środowiska, przy czym w razie braku takich informacji konieczne będzie wykonanie odpowiednich badań. Niezbędne do przeprowadzenia oceny jest również ustalenie planowanego zagospodarowania badanego terytorium – zarówno w zakresie likwidacji istniejących źródeł lub zmian wielkości ich emisji, jak też w planowanych przedsięwzięciach, których skutkiem będzie powstanie nowych źródeł emisji zanieczyszczeń. Stan środowiska na badanym terytorium i istniejących na nim ekosystemów oraz zadania w zakresie ich ochrony stanowią drugą część potrzebnych informacji. Trzeci blok informacji koniecznych do wykonania oceny stanowi zbiór danych o wielkościach narażenia powodowanych przez występujące czynniki i relacjach między tymi wielkościami a ich następstwami w odniesieniu do przedmiotów oceny

i ekosystemu.

Zgromadzenie takiego zbioru informacji nie jest łatwe, w szczególności w zakresie relacji między narażeniem i jego następstwami. Przyczyną tego jest trudność sprowadzenia poddawanych ocenie systemów do pełnej porównywalności.

Zebranie danych pozwala na przystąpienie do podjęcia pracy nad określeniem szczegółowego zakresu tematycznego oceny i sposobu jej przeprowadzania. W wyniku realizacji tej fazy powstaje dokumentacja zawierająca:

1. określenie obiektów oceny ryzyka reprezentowanych w stosunku do celów gospodarki na badanym terenie oraz dla cech ekosystemu,
2. modele poglądowe zawierające szereg hipotez roboczych dotyczących oddziaływania zanieczyszczeń (substancji chemicznych) lub czynników fizycznych (energia – cieplna, elektromagnetyczna, mechaniczna) na organizmy; modele te powinny opisywać potencjalne ryzyko w ekosystemie przez relację wielkości efektów występujących u przedmiotu oceny do wielkości ekspozycji,
3. plan analizy.

Obiektem oceny ryzyka powinny być te elementy środowiska, które są reprezentowane dla ochrony zasobów ekologicznych określonych zadaniami oceny. Zalecenia EPA zwracają uwagę na możliwość pomiarów badanych właściwości obiektów oceny ryzyka, bez konieczności uciekania się do ekstrapolacji. Nie są przydatne do oceny ryzyka organizmy o właściwościach, które nie podlegają wymiernym zmianom pod wpływem badanych czynników zagrażających. Przedmiotem oceny ryzyka są istotne w ekosystemie organizmy lub szerzej – byty ekologiczne. Przedmiotem wyboru mogą być poszczególne gatunki, grupy o podobnych właściwościach lub bytujące na wspólnym (unikatowym) stanowisku różne rodzaje organizmów. Przy wyborze przedmiotu oceny nie można jednak wyłącznie kierować się kryteriami obiektywnymi, wynikającymi z naukowych przesłanek. Ocena ryzyka jest wykorzystywana przy podejmowaniu decyzji o zarządzaniu terenami i musi uwzględniać potrzeby i oczekiwania społeczeństwa, zainteresowanego gospodarką na tych terenach. Społeczna percepcja wartości ekologicznych jest również bardzo ważnym kryterium określenia celów w zarządzaniu terenem i ochronie środowiska oraz wyboru przedmiotów oceny ryzyka.

Model poglądowy składa się z opisu i schematu geograficznego, które przedstawiają zmiany organizmów pod wpływem działających na nie czynników. Model przedstawia również przebieg procesów w ekosystemie powodujących te zmiany oraz szereg wzajemnych zależności pomiędzy elementami ekosystemu i powodującymi zmiany czynnikami zewnętrznymi. Model poglądowy składa się z następujących elementów:

1. zbiór hipotez ryzyka, opisujący relacje pomiędzy czynnikiem zagrażającym, ekspozycją i reakcją przedmiotu oceny,
2. schemat blokowy przedstawiający graficznie hipotezy ryzyka.

Hipotezy ryzyka opierają się na logicznych lub stwierdzonych doświadczalnie następstwach zagrożeń. Są one formułowane na podstawie zgromadzonych informacji

o ekosystemie, o czynnikach zagrażających, danych o źródłach zagrożeń oraz ekologicznych skutkach występujących w obiektach oceny ryzyka. Hipotezy te mają za zadanie przewidywanie efektów powodowanych przez czynniki zagrażające przed ich wystąpieniem. W hipotezach należy przedstawić dostępne dane o zależnościach liczbowych pomiędzy wielkością ekspozycji a jej następstwami. Zbiór hipotez powinien obejmować wszelkie prawdopodobne sposoby działania występujących czynników zagrażających badanemu ekosystemowi, który jest reprezentowany przez wybrane obiekty oceny ryzyka.

Schemat blokowy powinien zawierać informację o danych doświadczalnych, wnioskach logicznych oraz modelach matematycznych i probabilistycznych, przedstawiających zależności między działającymi czynnikami a obiektami oceny ryzyka.

Wykonanie planu analizy zamyka pierwszą fazę prac nad oceną ryzyka. W planie tym należy określić istotne, znaczące dla tej oceny zależności, których zbadanie jest możliwe na podstawie zgromadzonych informacji. Jeśli informacje te zostaną uznane za niewystarczające, konieczne będzie ich uzupełnienie poprzez istniejące zbiory danych lub specjalne badania.

Dla selekcji istotnych zależności z modelu pogładowego i zaplanowania ich analizy stosowane są następujące kryteria:

1. dostępności informacji,
2. zakresu informacji o efektach działania czynnika zagrożenia,
3. znaczeniu obiektów oceny ryzyka dla funkcji ekosystemu,
4. znaczeniu wpływu i sposobu działania czynnika,
5. zakresu wiedzy o sposobach ekspozycji.

Druga faza prac nad oceną ryzyka

Faza ta składa się z dwóch części:

1. oceny ekspozycji polegającej na oszacowaniu zachowania się czynnika zagrożenia wobec jednego lub kilku organizmów,
2. oceny efektów, które mogą być następstwem ekspozycji organizmu na działanie czynnika zagrożenia w określonych warunkach.

Dokumentację oceny ekspozycji stanowi opis, uzupełniony w bardziej złożonych wypadkach modelem graficznym, zawierającym informację niezbędną dla ocen rodzajów i wielkości ryzyka skutków ekologicznych. Opis ten powinien zawierać szacunki ilościowe i określać drogi oddziaływania czynników zagrożenia na wybrane obiekty oceny (organizmy). Przy ocenie ekspozycji należy brać pod uwagę zmienne warunki oraz przemieszczenia czynników zagrażających w systemie, wprowadzając odpowiednie współczynniki korygujące (zmienności i nieoznaczoności).

Analiza ekspozycji powinna obejmować wszystkie prawdopodobne sposoby pobrania dawki:

- drogą oddechową,

- drogą pokarmową,
- przez kontakt ze skórą.

Ewentualnie można odstąpić od określania ryzyka dotyczącego tych sposobów pobrania dawki, przy których zagrożenie jest znikome.

Ocena efektów ekologicznych zawiera opis zmian właściwości organizmów wybranych do oceny ryzyka (obiektów oceny) powodowanych przez czynnik zagrożenia. Opis ten powinien zawierać charakterystykę jakościową i ilościową zmian w relacji do wielkości ekspozycji. W prostszych ocenach ryzyka można przyjąć za miarę ekspozycji wielkość dawki czynnika zagrożenia wyrażona jej intensywnością (stężenie, czas) i posługiwać się zależnością dawka-odpowiedź, ustaloną doświadczalnie. W wypadkach dotyczących populacji ludzkiej szeroki zasób informacji o występujących zależnościach pomiędzy dawką a efektem umożliwiającym obliczenie ryzyka zawiera baza danych IRIS dostępna w Internecie (Integrated Risk Information System EPA).

Trzecia faza oceny

W końcowej fazie oceny ryzyka zestawia się prawdopodobieństwa wystąpienia zmian pod wpływem wszystkich poddanych analizie czynników zagrożenia na wszelkie wybrane obiekty oceny (organizmy i/lub grupy organizmów). Wyniki analizy służą do określenia skutków społecznych, ekologicznych i ekonomicznych oceniających przedsięwzięć.

Wnioski

Zanieczyszczenia pochodzące z odpadów nieorganicznych przemysłu wymagają szczególnie dokładnej analizy z uwagi na zagrożenia dla zdrowia i życia ludzkiego oraz dla środowiska. Jednocześnie np. zagospodarowanie gruntów w tych regionach jest przedmiotem szczególnego zainteresowania ze względu na występujący deficyt. Z wykorzystaniem tych terenów wiązą się jednak zagrożenia dla ludzi i środowiska, w stopniu przekraczającym poziom normalny dla reszty kraju. Zagrożenia te wpływają na wzrost niektórych rodzajów chorób i konieczność rozbudowy usług leczniczych, ograniczają produkcję żywności i powodują zwiększenie jej dostaw z poza regionu, odczuwane są przez mieszkańców jako uciążliwe. Przebywanie zatem w takich regionach musi być kompensowane poprzez określone korzyści a jednocześnie ich mieszkańcy chcą znać stopień ryzyka, jakie dla pozyskania tych korzyści ponoszą.

Zwiększone koszty budowy i utrzymania infrastruktury, bytowania mieszkańców i pracy są akceptowalne dla podmiotów gospodarczych również pod warunkiem uzyskania określonych korzyści. Mogą to być: łatwa dostępność do rynku pracy, dostępne surowce i energia, zbyt produktów, dostępna dobra infrastruktura przemysłowa i inne. Tu również o zainteresowaniu terenem decyduje rachunek strat i korzyści wynikających z podwyższonego ryzyka.

Jednocześnie, w miarę rozwoju gospodarczego, obserwuje się wzrost obciążenia środowiska w wyniku emisji do powietrza i wód oraz składowania odpadów. Pojemność

środowiska na zanieczyszczenia, przy wszelkich działaniach dla jego ochrony, jest wyczerpywana w coraz większym stopniu.

Badanie ryzyka dla planowanych przedsięwzięć staje się w tej sytuacji potrzebne zarówno dla społeczeństwa jak i dla inwestorów. Narzędzie analizy ryzyka powinno służyć administracji państwowej i samorządowej dla oceny możliwości i efektów różnych sposobów wykorzystania terenów, a dla inwestorów dla porównania korzyści i strat spowodowanych przez podjęte ryzyko.

7.4. Przemysł chemii nieorganicznej i jego produkty w środowisku

7.4.1. Współczesne i przyszłe uwarunkowania w rozwoju przemysłu nawozowego.

Wyżywienie ludności a zużycie nawozów mineralnych

Rozwój cywilizacji ludzkiej od zawsze był uzależniony od produktów roślinnych, które stanowiły pożywienie, ale także były źródłem surowców i energii. Znaczący wzrost populacji ludności świata jaki nastąpił na przestrzeni ostatniego stulecia jest ściśle związany z postęпом w technologiach rolniczych i upowszechnieniem stosowania nawozów mineralnych na szeroką skalę, co umożliwiło i nadal umożliwia wyżywienie coraz większej populacji ludności naszego globu. Postęp chemiczny obok postępu biologicznego zwłaszcza w ostatnim okresie jest główną siłą napędową rolnictwa decydującą o produkcji żywności.

Analiza danych dotyczących wzrostu populacji ludności na świecie wskazuje, że w roku 2010 ludność świata liczyła ponad 6,7 mld osób, co w stosunku do roku 1800 stanowi przyrost blisko 7-krotny (tabela 7.7.). Największy przyrost ludności w minionym stuleciu miał miejsce w ostatnim pięćdziesięcioleciu ubiegłego wieku. Szacuje się, że w połowie roku 2012 ludność świata osiągnie liczebność 7 mld, a w roku 2050 aż 9 mld.

Tabela 7.7. Zmiany liczby ludności Świata, Europy i Polski w latach 1800-2010

Obszar	Zmiany liczby ludności w mln				
	1800 r.	1900 r.	1950 r.	2000 r.	2010 r.
Świat	1000	1650	2521	5978	6707
Europa	200	408	547	729	732
Polska	9	22,1	25,0	38,5	38,1

Źródło: dane FAOSTAT

Przewiduje się, że główny wzrost populacji będzie miał miejsce na obszarze Azji, Ameryki Południowej i Afryki. Europę obecnie zamieszkuje nieco ponad 730 mln osób i liczba ta na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat utrzymuje się na prawie niezmiennym poziomie. Od roku 1800 a więc na przestrzeni około 200 lat ludność Europy zwiększyła się blisko 3,5-krotnie, co wskazuje na znacząco mniejsze tempo przyrostu ludności w stosunku do reszty świata. Na obszarze dzisiejszej Polski

w roku 1800 jak podają szacunki zamieszkiwało około 9 mln osób. Obecnie ludność naszego kraju zamieszkuje około 38 mln osób, przy czym na przestrzeni ostatniego dziesięciolecia obserwuje się nieznaczny trend spadkowy (tabela 7.7.).

Powyższe dane wskazują jak znacząca jest dynamika wzrostu zaludnienia globu ziemskiego i jak silna jest związana z tym narastająca presja na produkcję coraz większej ilości żywności. W okresie wczesnego rozwoju społeczeństw do początku XIX dla zaspokojenia potrzeb żywnościowych powoli narastającej liczby ludności świata wystarczające było stopniowe zwiększanie areału ziemi uprawnej. W XX wieku możliwości wzrostu produkcji żywności poprzez wzrost areału ziemi uprawnej uległy praktycznie wyczerpaniu.

W XX wieku, a szczególnie od jego połowy, głównym czynnikiem zapewniającym wzrost produkcji żywności dla lawinowo narastającej ludności świata stały się nawozy mineralne. Było to związane z opracowaniem w Niemczech przemysłowej syntezy amoniaku przez Habera i Boscha (uhonorowanej dwoma nagrodami Nobla w latach 1918 i 1935), dając początek przemysłowi nawozów mineralnych na całym świecie. W efekcie azot wśród składników nawozowych stał się wkrótce głównym czynnikiem plonotwórczym. W okresie 30 lat od roku 1960 do 1990 w okresie niemalże liniowego przyrostu ludności liniowo wzrastało także zużycie nawozów azotowych i związana z tym produkcja żywności wyrażona jako zbiory zbóż (tabela 7.8.). W tym okresie zużycie nawozów azotowych w świecie zwiększyło się prawie 7-krotnie, a w przeliczeniu na jednego mieszkańca zużycie nawozów wzrosło z około 4,5 kg w roku 1960 do około 26 kg w roku 1990. Podobny trend wzrostowy zużycia nawozów i odpowiadający temu trend wzrostu produkcji zbóż miał miejsce w Europie i Polsce.

Dane te wskazują, że dzięki nawozom, mimo olbrzymiego przyrostu populacji ludzkiej udało się uzyskać w ocenianym okresie odpowiedni przyrost produkcji żywności i poziom wyżywienia ludności nie uległ pogorszeniu. Analiza danych tabeli 7.8. wskazuje, że wielkość zbiorów zbóż wykazywała ścisły związek z zużyciem nawozów azotowych. Dane te pozwalają wyliczyć, że efektywność nawożenia azotem a więc przyrost plonu na 1 kg N wynosił w skali świata 14 kg ziarna, w skali Europy 9,2 a w Polsce około 7,6. Należy podkreślić, że niższa efektywność nawożenia w Polsce związana jest z gorszymi warunkami glebowymi w porównaniu do Europy i Świata. Od roku 1990 trendy zużycia nawozów azotowych w Europie i Świecie przebiegają odmiennie.

W skali świata od roku 1990 dalej następuje dynamiczny przyrost zużycia nawozów azotowych, co wyraża się rocznym wzrostem zużycia o około 2,1 mln t N a więc bardzo zbliżonym jak w okresie 1960-1990 gdzie wskaźnik ten kształtował się na poziomie 2.5 mln t N rocznie. W efekcie szacuje się, że na początku XX w. jednostkowe zużycie nawozów azotowych na jednego mieszkańca osiągnęło poziom ok. 16,4 kg N, a więc stan jaki Europa wykazywała już w 1960 r.

Tabela 7.8. Produkcja zbóż i zużycie nawozów w latach 1960 – 2008

Produkcja zbóż									
Obszar	Świat			Europa			Polska		
Cecha oceniana	1960	1990	2008	1960	1990	2008	1960	1990	2008
Zbiory zbóż [mln t]	877	1900	2400	260	480	420	15	26	26
Produkcja zbóż na 1 mieszkańca w kg	340	360	-	400	620	-	500	700	-
Zużycie nawozów azotowych									
Obszar	Świat			Europa			Polska		
Cecha oceniana	1960	1990	2008	1960	1990	2008	1960	1990	2008
Zużycie nawozów w mln t N	11,6	77,1	-	5,5	26,0	10,0	0,3	1,5	1,1
Zużycie nawozów na 1 mieszkańca w kg N	4,54	14,6	-	8,6	33,0	-	6,0	39,0	-

Źródło; dane FAOSTAT

W latach 1990-2008 nastąpił proporcjonalny do wzrostu zużycia nawozów wzrost zbiorów zbóż na świecie z około 1890 mln t do prawie 2400 mln t, co stanowi przyrost o 27%. Dzięki temu w skali świata udało się nadal utrzymać produkcję żywności na stałym poziomie. W roku 2008 na 1 mieszkańca nadal jak przed 20 laty przypadało 360 kg ziarna zbóż. Należy jednak pamiętać, że liczba ta jako średnia światowa nie oddaje różnic w poszczególnych regionach świata. Wiadomo bowiem, że kraje azjatyckie a zwłaszcza Afryka to obszary niedoborowe pod względem produkcji żywności i tam wzrost zużycia nawozów jest szczególnie duży. Natomiast Ameryka Północna i Australia a także Europa to kraje dysponujące nadwyżką żywności, w których zużycie nawozów zmienia się w mniejszym stopniu a nawet wykazuje tendencję spadkową, co w znacznym stopniu wynika z narastającej presji środowiskowej.

W Europie odmiennie niż w świecie od roku 1990 obserwuje się silny trend zmniejszenia zużycia nawozów azotowych, co związane jest w znacznej mierze z ustabilizowaniem tempa przyrostu ludności. Spadek ten był bardzo znaczący i na przestrzeni blisko 20 lat (1990-2008) zużycie nawozów azotowych zmniejszyło się w tym okresie z poziomu 26 mln t do 10 mln t N, co stanowi spadek o ponad 50%. Poziom zużycia nawozów azotowych w Europie osiągnął więc poziom z lat 60-tych poprzedniego wieku. W Polsce podobnie jak w całej Europie wystąpił spadek zużycia nawozów azotowych z 1,5 mln t w 1990 do poziomu 1,1 mln N w roku 2008 a więc stanu z lat 70-tych. Efektem tak znaczącego spadku zużycia nawozów azotowych w Europie było zmniejszenie się zbiorów zbóż. Porównanie dwóch okresów 5-letnich, okresu 1985-1990 i okresu 2000-2005 wskazuje, że zbiory zbóż uległy obniżeniu z 470 mln t ziarna do 420 mln t. W Polsce nieco odmiennie niż w Europie zbiory zbóż w porównywanym okresie utrzymały się na prawie niezmiennym poziomie wynoszącym 26 mln t ziarna.

Aktualnie od roku 2009 obserwuje się w Europie i w Polsce niewielki (2-3%) trend wzrostowy zużycia nawozów azotowych.

Obniżenie zużycia nawozów w Europie jest z jednej strony spowodowane postępowem biologicznym pozwalającym lepiej wykorzystać czynniki środowiskowe a z drugiej strony wynika z narastającej presji środowiskowej. Jest to także związane z faktem, że Europa jest obszarem samowystarczalnym pod względem produkcji żywności a nawet dysponuje jej nadwyżkami. Zagrożenia środowiskowe związane z intensywną produkcją rolniczą, coraz pełniej, dzięki postępowi nauki identyfikowane, stają się współcześnie coraz bardziej istotnym czynnikiem wyznaczającym kierunki rozwoju przemysłu nawozów mineralnych, a także stawiają przed rolnictwem nowe zadania związane z ochroną przestrzeni przyrodniczej w tym szczególnie czystości wód powierzchniowych i gleb uprawnych.

Środowiskowe uwarunkowania a produkcja nawozów azotowych i nawożenie

Wzrost produkcji nawozów azotowych na drodze syntezy chemicznej, jaki miał miejsce na przestrzeni prawie 100 lat od opracowania technologii ich wytwarzania na skalę przemysłową powoduje, że współcześnie do biosfery w formie nawozów azotowych dostają się olbrzymie ilości azotu. W skali globalnej szacuje się, że obecnie rocznie do biosfery, głównie poprzez ekosystemy rolnicze, w wyniku przemysłowej syntezy chemicznej dostaje się około 110 mln t azotu, co przewyższa ilości azotu, jakie są w przyrodzie związane na drodze biologicznej.

Należy podkreślić, że w technologii produkcji nawozów azotowych na przestrzeni tego okresu nastąpił olbrzymi postęp, istotnie ograniczający niepożądane skutki środowiskowe. Dobrym miernikiem obrazującym ten postęp są jednostkowe nakłady energetyczne na produkcję amoniaku, głównego surowca, z którego wytwarza się różne nawozy azotowe. W początkowym okresie do syntezy amoniaku w klasycznej metodzie Birkelanda i Eydego potrzebne było aż 400 GJ energii na wytworzenie jednej tony amoniaku. W pierwotnej metodzie Habera i Boscha jednostkowe zużycie energii było aż 4-krotnie mniejsze, a we współczesnych technologiach, między innymi dzięki zastosowaniu reformingu parowego, uzyskuje się zużycie energii na tonę amoniaku na poziomie nieco ponad 30 GJ. Tak więc na przestrzeni 100 lat dzięki postępowi technologicznemu w produkcji nawozów azotowych, nastąpiło ponad 10-krotne zmniejszenie jednostkowego zużycia energii. Mimo tego jednak, ze względu na olbrzymi wzrost skali wytwarzania nawozów azotowych w świecie, jako głównego czynnika plonotwórczego, produkcja nawozów azotowych i ich stosowanie w rolnictwie stało się dominujące w oddziaływaniu na środowisko przyrodnicze w skali globalnej.

Analizując skutki środowiskowe związane z nawozami azotowymi można wyodrębnić oddziaływania na poziomie przemysłowych technologii wytwarzania nawozów i na poziomie ich stosowania w technologiach rolniczych. Technologie produkujące nawozy azotowe przyczyniają się do emisji w znacznych ilościach dwóch gazów cieplarnianych a mianowicie; dwutlenku węgla (około 1,6 t CO₂ na t NH₃)

w procesie syntezy amoniaku oraz podtlenku azotu (około 2-2,5 kg N_2O na 1 t HNO_3) w procesie przetwarzania amoniaku na kwas azotowy. Emisja podtlenku azotu wydaje się mało znacząca ale należy podkreślić, że równoważnik efektu cieplarnianego tego gazu w stosunku do dwutlenku węgla wynosi aż 300. Nawozy azotowe stosowane w rolnictwie nawet najlepiej stosowane nie są wykorzystywane przez rośliny w 100%. Najczęściej szacuje się, że średnie wykorzystanie azotu z nawozów azotowych wynosi około 60-70%. Oznacza to, że średnio aż 30-40% azotu wytworzonego przez przemysł i zastosowanego na pola uprawne w formie nawozów ulega nieproduktywnemu rozproszeniu w środowisku przyrodniczym. Ten niewykorzystany przez rośliny uprawne azot może ulatniać się do atmosfery w formie gazowej jako NH_3 , jako tlenki azotu (N_2O , NO , NO_2) czy azot cząsteczkowy (N_2) lub może ulec wymywaniu w formie jonów NO_3^- lub NH_4^+ do wód podziemnych i powierzchniowych. Efektem tego rozpraszania azotu z nawozów są niekorzystne następstwa środowiskowe takie jak; efekt cieplarniany (N_2O), kwaśne deszcze, NO_2 i NH_3 , niszczenie warstwy ozonowej (NO), eutrofizacja wód powierzchniowych (NO_3^-). Na tym jednak nie kończy się analiza skutków środowiskowych związanych z azotem nawozowym. Współcześnie w ocenach skutków środowiskowych różnych technologii coraz częściej ma zastosowanie technika LCA (Life Cycle Assessment), która ocenia tzw. „pełny cykl życia produktu”. Oceniając w tej konwencji skutki środowiskowe związane z nawożeniem azotowym należy poddać analizie dalsze losy związków azotu w roślinach uprawnych, które są wykorzystywane w żywieniu zwierząt w gospodarstwie rolniczym i odżywianiu ludzi. W wyniku procesów metabolicznych u tych konsumentów powstają różne odpadowe produkty przemiany materii zawierające azot takie jak; odchody stałe zawierające różne organiczne związki azotu, odchody płynne zawierające mocznik, kwas moczowy, kwas hipurowy, czy produkty gazowe takie jak amoniak itp. Dostają się one do atmosfery oraz wód podziemnych i powierzchniowych przyczyniając się do potęgowania wyżej omówionych skutków środowiskowych.

Powyższa analiza wskazuje, że nawozy azotowe generują znaczące skutki środowiskowe i należą do głównego ogniwa w tzw. cyklu azotowym. Warto podkreślić, że cykl azotowy został ostatnio uznany za proces mający szczególne znaczenie dla bezpieczeństwa globalnego środowiska przyrodniczego na równi z zagrożeniem związanym z ociepleniem klimatu.

Nowe trendy w produkcji nawozów azotowych i nawożeniu

Globalne zagrożenia środowiskowe związane z produkcją i stosowaniem nawozów azotowych skłaniają do poszukiwania nowych kierunków zarówno w technologii wytwarzania nawozów azotowych jak i w obszarze ich aplikacji w rolnictwie.

Jednym z nowych kierunków w produkcji nawozów to **produkcja nawozów płynnych doglebowych**. Idea nawozów płynnych jest znana od dawna. Są one tańsze w produkcji i co jest najważniejsze pozwalają uzyskać bardzo dobrą równomierność rozmieszczenia azotu w glebie, co znacząco zwiększa jego wykorzystanie przez rośliny

w stosunku do nawozów stałych. Już w latach 50-tych ubiegłego wieku podjęto na skalę produkcyjną wytwarzanie wody amoniakalnej, również w Polsce, jednak ze względu na ułatnianie amoniaku i problemy techniczne przerwano jej stosowanie. Obecnie w wielu krajach, a w największym stopniu w USA wytwarza się amoniak skroplony, którym napelnia się butle pod ciśnieniem 20-30 atm. Butle te umieszczone na odpowiednio skonstruowanym kultywatorze zaopatrzone są w reduktor pozwalający wprowadzić amoniak do gleby na głębokość około 10-15 cm. Powstający w tych warunkach w glebie jon amonowy jest sorbowany przez koloidy glebowe, co zapobiega jego stratom gazowym. Stosowanie tego nawozu wymaga odpowiedniej infrastruktury technicznej po stronie rolnictwa i w warunkach rozdrobnionego rolnictwa europejskiego amoniak skroplony nie znalazł szerszego zastosowania. W warunkach europejskich a także w naszym kraju rozwija się technologia wytwarzania nawozów płynnych oparta o wodne roztwory saletry amonowej i mocznika (tzw. RSM). Produkowane są różne rodzaje tego nawozu o zawartości N w % wag. od 35,8 do 42,2. Nawóz ten w stosunku do tradycyjnych nawozów stałych jest tańszy w produkcji i dzięki równomierności rozprowadzenia na polu zapewnia lepsze wykorzystanie azotu przez rośliny zwłaszcza w warunkach intensywnego rolnictwa. Należy oczekiwać, że nawozy azotowe na bazie wodnych roztworów saletry amonowej i mocznika będą się rozwijać. Mogą one zostać udoskonalone przez uzupełnienie ich składu o inne składniki pokarmowe roślin takie jak magnez, mikroelementy a w szczególności o siarkę, której niedobory w ostatnim okresie nasilają się w rolnictwie coraz wyraźniej. W ostatnim okresie w wielu regionach świata, zwłaszcza w warunkach intensywnych upraw rolniczych rozwijają się **technologie fertygacji** łączące w jednym zabiegu nawożenie i nawadnianie. Mają one zastosowanie w uprawach wieloletnich, w warzywnictwie gruntowym oraz w szklarniach. Połączenie w jednym zabiegu nawożenia i nawadniania pozwala istotnie zwiększyć wykorzystanie składników pokarmowych a szczególnie azotu przez rośliny uprawne. Barierą w szerszym upowszechnieniu tych technologii są wysokie koszty produkcji czystych soli nawozowych i odpowiednio precyzyjnych instalacji nawadniających. Ważnym kierunkiem rozwoju technologii produkcji nawozów i nawożenia są **płynne nawozy dolistne**. Mają one status nawozów pomocniczych, uzupełniających nawożenie podstawowe stosowane doglebowo. Wśród nawozów azotowych stosuje się do tego celu prawie wyłącznie mocznik, który jako związek organiczny nie wykazuje właściwości fitotoksycznych w stosunku do części nadziemnych roślin. Stosowanie dolistnie mocznika w technologiach rolniczych zbóż zwłaszcza w warunkach wysokiej intensywności pozwoliło znacząco zwiększyć wykorzystanie azotu i tym samym ograniczyć jego straty w ekosystemach rolniczych. Współcześnie obok klasycznego nawożenia przedsiewnego w intensywnych uprawach zbóż zaleca się nawet trzykrotne pogłównie dolistne nawożenie mocznikiem, co znakomicie poprawia wykorzystanie tego składnika przez rośliny. O skali oddziaływania tego kierunku aplikacji azotu świadczy fakt, że w wielu krajach zboża stanowią dominującą grupę roślin uprawnych, również w Polsce stanowią one około 70% w strukturze zasiewów roślin rolniczych. Współcześnie

następuje silny rozwój technologii nawożenia dolistnego polegający na stosowaniu obok mocznika różnych dodatkowych składników wspomagających działanie plonotwórcze azotu. Jako dodatki do mocznika stosuje się różne związki chemiczne zawierające najczęściej magnez i różne mikroelementy a także ostatnio coraz częściej jako dodatek stosuje się siarkę. W celu podniesienia ich skuteczności dodaje się do nich substancje helatujące sprzyjające wchłanianiu składników pokarmowych przez liść. Stosowanie różnych dodatków i różnych substancji helatujących powoduje, że asortyment tych nawozów jest silnie zróżnicowany. O skali rozwoju tego kierunku świadczy liczba kilkuset różnych nawozów dolistnych występująca na rynku naszego kraju. Jednym z trendów dalszego rozwoju płynnych nawozów dolistnych jest ukierunkowanie ich nie tylko na efekt nawozowy, ale także poprzez stosowanie dodatków o charakterze **stymulatorów wzrostu roślin** uzyskanie korzystnego efektu poprzez oddziaływanie na poprawę szlaków metabolicznych odpowiedzialnych za przemiany azotu w roślinach. Pojawiły się pierwsze nawozy tego typu (Aminosol, Aminoplant), ale ocena ich skuteczności w różnych uwarunkowaniach glebowych i środowiskowych wymaga jednak dalszych badań.

Jednym z perspektywicznych kierunków rozwoju technologii nawozowych są **nawozy azotowe o spowolnionym działaniu**. Klasyczne stałe nawozy azotowe po wprowadzeniu do gleby wykazują bardzo dużą dynamikę przemian głównie mikrobiologicznych, które często w warunkach nadmiernych opadów czy niewłaściwego stosowania przez rolnika prowadzą do strat azotu zarówno w formie gazowej jak i na drodze wymywania do wód podziemnych i powierzchniowych. Oczekuje się, że wprowadzenie do rolnictwa nawozów o spowolnionym działaniu przyczyni się do ograniczenia strat azotu. Wśród wielu sposobów wytwarzania tego typu nawozów można wyodrębnić dwa kierunki, oba oparte na bazie mocznika.

Pierwszy kierunek polega na wytwarzaniu nawozów w oparciu o kondensację mocznika z różnymi związkami organicznymi. Do najważniejszych kondensatów wykazujących efekt spowolnionego działania należą produkty kondensacji mocznika z formaldehydem (Ureaform – 35%N) oraz produkty kondensacji mocznika z różnymi aldehydami takimi jak; aldehyd octowy (Urea Z – 34,1% N), aldehyd izomasłowy (IBDU – 32,2% N), aldehyd krotonowy (CDU – 32,5% N) oraz kondensat mocznika z dwuamidem kwasu szczawiowego (OKSAMID 32,8%).

Drugi kierunek polega na otoczkowaniu granul mocznika różnymi materiałami o niskiej aktywności w środowisku glebowym takimi jak żywice, woski, parafiny, smoły itp. Wśród tego typu nawozów szersze zastosowanie znalazł mocznik otoczony siarką. Wyniki badań jakie, z tego typu nawozami, przeprowadzono wykazały, że mogą one istotnie ograniczyć straty azotu. Podstawowy jednak problem, przy stosowaniu tych nawozów polega na braku zgodności tempa uwalniania z nich azotu i udostępniania roślinom, z tempem jego pobierania przez rośliny uprawne, które jest, nawet dla tego samego gatunku, zależne od przebiegu pogody w okresie wegetacji. Dopóki kwestia ta nie zostanie skutecznie rozwiązana nie należy oczekiwać szerszego upowszechnienia

tych, bardzo skutecznych środowiskowo technologii.

Istotnym kierunkiem działań nakierowanych na ograniczenie strat azotu z nawozów są próby **ograniczenia procesu nitryfikacji**, w wyniku którego jon amonowy wprowadzony w nawozach zostaje w procesach mikrobiologicznych utleniony w środowisku glebowym do azotanów. Jak wiadomo ta forma azotu nie podlega sorpcji wymiennej i w związku z tym wykazuje w środowisku glebowym bardzo dużą dynamikę, co jest w znacznym stopniu powodem negatywnych skutków środowiskowych związanych ze stosowaniem nawozów azotowych. Przejawia się to także ujemnym wpływem na jakość płodów rolnych, poprzez nadmierną koncentrację azotanów w biomasie roślin. W wyniku prac badawczych wytworzono specjalną grupę środków chemicznych tzw. **inhibitorów procesu nitryfikacji**, które stosuje się oddzielnie do gleby (np. preparat N-serve) lub dodaje do nawozów stałych, saletry amonowej lub mocznika. Jak dotąd ich jednak skuteczność nie jest w pełni zadawalająca. Oryginalnym rozwiązaniem ograniczającym istotnie proces nitryfikacji jest **technologia „Cultan”**. Polega ona na wprowadzeniu do gleby w strefę systemu korzeniowego roślin, azotu w formie amonowej pod postacią dużych granul. Wokół takich granul powstaje strefa dyfuzji o dużym stężeniu jonu amonowego. Stężenie to jest tym większe im większa jest średnica granul. Do strefy tej łatwo wnikają korzenie roślin wykazujące silny chemotropizm. Strefy tej nie zasiedlają bakterie nitryfikacyjne, bowiem występujące w niej wysokie stężenie jonu amonowego jest dla nich toksyczne. W efekcie rośliny odżywiają się głównie formą amonową azotu, a azotany powstają w glebie jedynie w niewielkiej ilości. Technologia „Cultan” pozwala istotnie ograniczyć skutki środowiskowe związane z wymywaniem azotanów a także uzyskać lepszą jakość płodów rolnych zwłaszcza w uprawach polowych warzyw. Barię w jej upowszechnieniu jest konieczność posiadania specjalistycznych siewników nawozowych pozwalających umieścić granulowany nawóz na pewnej głębokości, różnej u różnych roślin.

W podsumowaniu problematyki związanej z poszukiwaniem nowych rozwiązań należy podkreślić, że trudno dziś wskazać jakiś jeden najbardziej obiecujący kierunek rozwoju technologii produkcji nawozów azotowych, i technologii rolniczych, który byłby tani i jednocześnie pozwalał skutecznie ograniczyć rozpraszanie azotu do środowiska. Źródłem postępu w tym zakresie, zarówno obecnie jak i w przyszłości, jest ścisła współpraca twórców nowych technologii nawozowych, a więc przemysłu nawozowego, z chemikami rolnymi, zajmującymi się aplikacją nawozów i oceną ich skutków w oddziaływaniu na środowisko i jakość plonów roślin. Postęp w dziedzinie tworzenia nowych nawozów jest więc ściśle związany z postęпом w technologiach rolniczych.

Przedstawione trendy obrazują poszukiwania nowych rozwiązań w zakresie produkcji nawozów azotowych i ich aplikacji zmierzające do lepszego wykorzystania azotu i tym samym zmniejszenia rozpraszania tego składnika do środowiska przyrodniczego. Są one istotnym elementem szerszych działań zmierzających do „uszczelnienia” globalnego cyklu azotowego. W tym nurcie można wymienić także

działania w obszarze postępu biologicznego, nad wytworzeniem nowych lepiej wykorzystujących azot odmian roślin uprawnych, a także działania na rzecz recyklingu w przestrzeni przyrodniczej odpadów organicznych zawierających azot, co umożliwia w pewnym stopniu ograniczenie pierwotnej produkcji nawozów mineralnych. Ważne są także działania w samym rolnictwie a zwłaszcza te, które dotyczą gospodarowania nawozami naturalnymi wytwarzanymi w gospodarstwie na bazie odchodów zwierząt, bowiem są one poważnym źródłem wtórnego rozpraszania azotu.

Uwarunkowania surowcowe i rynkowe produkcji nawozów fosforowych

Nawożenie fosforem podobnie jak nawożenie azotem i potasem jest niezbędne w rolnictwie. Podstawowym surowcem do produkcji nawozów fosforowych są fosforyty, skały zawierające fosforan wapnia. W zależności od złoża mają one różną zawartość fosforu. Najczęściej od około 15 do 40 % fosforu w przeliczeniu na P_2O_5 . Złóża fosforytów podobnie jak ropa naftowa czy węgiel są zasobami nieodnawialnymi i nie mają, jak ma to miejsce w przypadku surowców energetycznych swoich substytutów. Wyczerpanie światowych zasobów fosforytów doprowadziłoby więc do ograniczenia produkcji nawozów fosforowych oraz załamania produkcji rolnej i tym samym spowodowałoby globalne zagrożenia dla bezpieczeństwa żywnościowego świata.

Współczesne technologie produkcji nawozów fosforowych wymagają surowca o wysokiej koncentracji fosforu, dlatego zainteresowanie zasobami surowców fosforytowych, szczególnie tych o wysokiej jakości jest współcześnie bardzo duże. Wykonywane wcześniej szacunki oceniały światowe zasoby fosforytów na 91 mld ton a ich rezerwy nadające się obecnie do eksploatacji na 15 mld ton. Na tej podstawie przeprowadzane prognozy wskazywały, że za okres około 30-40 lat światowe wydobycie fosforytów osiągnie swoje maksimum, po którym należy oczekiwać stopniowego wyczerpywania zasobów. Jednak najnowsze opublikowane w roku 2010 szacunki przez IFDC (International Fertilizer Development Center) przedstawione w raporcie pt. „Światowe rezerwy i zasoby fosforytów” szacują światowe zasoby fosforytów znacznie optymistyczniej bo aż na poziomie około 290 mld ton i podobnie opłacalne rezerwy nadające się do eksploatacji na poziomie 60 mld ton. Ta prognoza odsuwa więc zasadniczo narastające do tej pory widmo wyczerpania rezerw surowców fosforowych.

Drugim ważnym aspektem związanym z produkcją nawozów fosforowych jest nierównomierne rozmieszczenie zasobów surowcowych co powoduje, że ich wydobycie jest kontrolowane podobnie jak w przypadku złóż ropy naftowej przez kilka państw na świecie. Największe zasoby fosforytów znajdują się w Afryce Północnej na terenie Maroka, Sahary Zachodniej i Algierii (tabela 7.9.). Stanowią one ponad 80% zasobów nadających się do eksploatacji. Ponadto duże zasoby fosforytów znajdują się na Bliskim Wschodzie w Jordanii i Syrii oraz na terenie Azji w Chinach, Stanach Zjednoczonych i Rosji. W ostatnich 10 latach obserwuje się znaczący wzrost wydobycia fosforytów. Szacuje się, że wzrosło ono w tym okresie o blisko 20% kształtując roczny poziom wydobycia na poziomie ponad 160 mln t.

Tabela 7.9. Światowe rezerwy fosforytów nadające się do eksploatacji

Rezerwy fosforytów w poszczególnych krajach			
kraj	mld ton	kraj	mld ton
Maroko z Saharą Zachodnią	50 000	Republika Połudn. Afryki	1 500
Chiny	3 700	USA	1 400
Algieria	2 200	Rosja	1 300
Syria	1 800	Inne kraje	1 600
Jordania	1 500		

Źródło: Jasiński 2011, na podstawie danych USDS

Poszczególne złoża fosforytów są eksploatowane z różną intensywnością, co powoduje, że rozmieszczenie zasobów fosforytów nie pokrywa się w pełni z intensywnością ich eksploatacji (tabela 7.10.). Najbardziej intensywnie eksploatowane są złoża chińskie, gdzie obecnie jest realizowane blisko 40% światowego wydobycia. Na przestrzeni ostatnich kilku lat obserwuje się bardzo dużą dynamikę wzrostu wydobycia fosforytów w tym kraju, co wyraża się podwojeniem ich wydobycia w ostatnich 5 latach. Jest to spowodowane ożywieniem gospodarczym jakie obserwuje się od kilku lat w Azji. Obecnie trzy kraje; Chiny, Stany Zjednoczone i Maroko kontrolują około 65% światowego wydobycia surowców fosforowych. Tak intensywna eksploatacja zasobów fosforytów w tych krajach może doprowadzić do ich lokalnego wyczerpania znacznie wcześniej niż wskazują na to globalne szacunki. Tak znaczący wzrost wydobycia surowców fosforowych na świecie a szczególnie w Chinach nie pozostał bez wpływu na światowe ceny tego surowca. Po okresie trwającym kilkadziesiąt lat stabilizacji od roku 2006 nastąpił gwałtowny wzrost cen fosforytów na rynkach światowych. W roku 2008 ceny tego surowca osiągnęły zawrotną cenę wynoszącą 400 dolarów za tonę, co stanowi dziesięciokrotny wzrost w stosunku do roku 2006. W dalszych latach cena ta uległa obniżeniu i w latach 2009-2010 kształtowała się na poziomie około 100 dolarów za tonę, wykazując tendencję wzrostową. Obecna cena fosforytów na rynkach światowych jest trzykrotnie większa niż w roku 2006.

Należy oczekiwać, że rosnący popyt na nawozy fosforowe w świecie i ustanowienie ceł eksportowych na wywóz fosforytów, co ma już miejsce w Chinach spowoduje, że światowe ceny surowców fosforowych będą nadal rosły. Analiza powyższa pokazuje, że skończył się okres względnie tanich fosforytów i tym samym tanich nawozów fosforowych. W tym kontekście należy oczekiwać istotnej bariery dla dalszego rozwoju dotychczasowych technologii produkcji nawozów fosforowych opartych na superfosfatach i nawozach wieloskładnikowych. Istnieje więc podstawa do rozważenia w najbliższej przyszłości, możliwości pozyskania tańszych źródeł fosforu dla rolnictwa.

Tabela 7.10. Państwa o największym wydobyciu fosforytów wg danych w roku 2009

Wydobycie fosforytów w poszczególnych krajach			
kraj	mln ton	kraj	mln ton
Chiny	60,2	Brazylia	6,3
USA	26,4	Jordania	5,3
Maroko z Saharą Zachodnią	23,0	Egipt	5,0
Rosja	10,0	Inne kraje	22,8
Tunezja	7,4		

Źródło: Jasiński 2011, na podstawie danych USDS

Uwarunkowania środowiskowe produkcji nawozów fosforowych i ich stosowania na użytkach rolnych.

W dotychczasowym okresie przemysł nawozowy ukierunkowany był na produkcję nawozów fosforowych o możliwie wysokiej jakości, nawozów granulowanych możliwie wysoko skoncentrowanych, zawierających rozpuszczalne w wodzie formy fosforanów nawozowych. Takie nawozy uzyskuje się z wysokoprocentowych dobrej jakości fosforytów, z których wytwarza się kwas fosforowy a następnie różne fosforany będące podstawą superfosfatu potrójnego lub nawozów wieloskładnikowych. Problemem środowiskowym związanym z produkcją nawozów fosforowych jest powstający przy produkcji kwasu fosforowego uciążliwy odpad w postaci uwodnionego siarczanu wapnia zwany fosfogipsem. Skala produkcji tego odpadu jest znacząca, bowiem na 1 tonę wyprodukowanego kwasu fosforowego powstaje około 4÷5 ton fosfogipsu. Jak dotąd mimo wielu prac badawczych nie opracowano skutecznych metod utylizacji tego odpadu, który zalega na składowiskach fabrycznych.

Jednak główne zagrożenia środowiskowe związane są ze stosowaniem nawozów fosforowych w rolnictwie i rozpraszaniem z nich fosforanów do wód powierzchniowych, co przyczynia się do ich eutrofizacji. Wynika to w znacznym stopniu z niskiego wykorzystania fosforu z nawozów mineralnych, które wynosi w granicach 20-30%. Obecnie szacuje się, że w Polsce do łańcucha pokarmowego trafia około 90% fosforu z surowców kopalnych w postaci nawozów fosforowych, co stanowi w przeliczeniu na jednego mieszkańca około 3,5 kg P. Z tej ilości, z gospodarstwa rolniczego do konsumenta trafia zaledwie 0,7 kg P rocznie w przeliczeniu na jednego mieszkańca. Ilość ta podlega dalszemu wtórnemu obiegowi, co w efekcie powoduje, że tylko 10% fosforu z nawozów mineralnych znajduje się w spożywanej żywności. Pozostała część nagromadza się w glebie lub ulega rozproszeniu do środowiska. Szacuje się, że straty rozpuszczalnego fosforu z gleb uprawnych nie są duże i na ogół nie przekraczają 0,5 kg P z 1 ha rocznie. Znacznie większe straty fosforu mają miejsce w wyniku wynoszenia go z gleb na drodze erozji wodnej. Analiza powyższa wskazuje, że nawozy fosforowe wprowadzane do agrosystemów stanowią istotny antropogeniczny strumień fosforu rozpraszanego w środowisku.

Nowe trendy w produkcji nawozów fosforowych i nawożeniu

Uwzględniając powyższe warunki oraz zarówno natury surowcowej, ekonomicznej jak i środowiskowej wydaje się, że długofalowym perspektywicznym rozwiązaniem może być ***zastosowanie do nawożenia surowych mączek fosforytowych*** z pominięciem ich kosztownej przeróbki chemicznej. Do tego celu mogą być zastosowane nie tylko dotychczas wykorzystywane do produkcji nawozów fosforowych wysokoprocenowe fosforyty ale także złoża fosforytów, które dotąd nie były wykorzystywane do produkcji nawozów fosforowych ze względu na zbyt niską zawartość fosforu, albo ze względu na zawartość węglanów, przeszkadzających w chemicznym procesie ich przetwarzania na nawozy fosforowe. Jest to tym bardziej istotne, że w licznych badaniach wykazano, że stosowanie surowych zmieszanych fosforytów w formie mączek fosforytowych stanowi znacznie mniejsze zagrożenie dla środowiska niż dobrze rozpuszczalne nawozy fosforowe.

Jednak istotnym problemem związanym ze stosowaniem nawozowym mączek fosforytowych, ograniczającym ich szersze stosowanie w rolnictwie jest mniejsza przyswajalność zawartego w nich fosforu i w efekcie mniejsze działanie plonotwórcze. Najistotniejszym czynnikiem decydującym o nawozowej efektywności mączek fosforytowych jest odczyn gleby. Jak wiadomo rośliny mogą pobierać fosfor tylko w formie jonów; HPO_4^{2-} , oraz H_2PO_4^- . Zawarte w mączkach fosforany są więc niedostępne bezpośrednio dla roślin i aby uległy przekształceniu do form przyswajalnych dla roślin muszą ulec rozpuszczeniu, co wymaga odpowiednio dużego stężenia jonów wodorowych. W wielu pracach wykazano, że w glebach kwaśnych, szczególnie przy pH gleby poniżej 5,5, działanie nawozowe mączek fosforytowych jest zadawalające. Gleby kwaśne tworzą więc warunki dla dobrego działania mączek, natomiast są środowiskiem niekorzystnym dla nawozów fosforowych rozpuszczalnych w wodzie, które w tych warunkach podlegają procesom obniżania rozpuszczalności określanych ogólnie jako uwstecznianie. Tak więc wszędzie tam gdzie dominują gleby kwaśne jest pełne uzasadnienie, aby w rolnictwie stosować mączki fosforytowe. Są one w tych warunkach bardziej efektywne niż klasyczne nawozy fosforowe. W Polsce ponad 50% gleb to gleby kwaśne, jest więc w pełni uzasadnione aby w tych warunkach stosować mączki fosforytowe. Wśród wielu sposobów zwiększenia efektywności nawozowej mączek fosforytowych szczególnie obiecujące są te, które dotyczą zaktywizowania procesów mikrobiologicznych w glebie w celu przyśpieszenia rozkładu fosforytu do form przyswajalnych dla roślin. Dwa kierunki zwiększenia efektywności fosforytów są szczególnie interesujące, pierwszy polega na kompostowaniu fosforytów z różnymi surowcami organicznymi, drugi na dodaniu do fosforytów siarki.

Zwiększenie efektywności fosforytów na drodze kompostowania z różnymi materiałami organicznymi polega na wykorzystaniu powstających w trakcie kompostowania, w wyniku procesów mikrobiologicznych kwasów organicznych, które rozpuszczają fosforyty do fosforanów dostępnych dla roślin. Do kompostowania mogą być użyte różne materiały organiczne takie jak obornik, osady ściekowe, masa

po fermentacji metanowej itp. Zwykle przy sporządzaniu tego typu kompostów zaleca się stosunek surowców organicznych do fosforytu jak 4:1. Ten kierunek zwiększenia efektywności mączek fosforytowych jest atrakcyjny także z tego względu, że fosforany powstające w wyniku rozpuszczania mączek fosforytowych pełnią rolę ochronną w stosunku do azotu, wiążąc powstający w procesach rozkładu substancji organicznej masy kompostowej amoniak do fosforanu amonowego. Kompostowanie jest obecnie jedną z istotnych metod zagospodarowania odpadów organicznych, które planuje się włączyć do recyklingu na obszarach rolnych. Łączne kompostowanie odpadów organicznych z mączką fosforytową pozwala więc na kompleksowe połączenie zwiększenia rozpuszczalności fosforu z jednoczesną ochroną azotu przed stratami gazowymi.

Drugi sposób uzdatniania fosforytów polega na **zmieszaniu fosforytów z siarką**. Obecne w glebie bakterie siarkowe najczęściej z rodzaju *Thiobacillus* utleniają siarkę do kwasu siarkowego a kwas rozpuszcza fosforyty do fosforanów dwuwapniowych i jednowapniowych, stanowiących formy przyswajalne dla roślin. Warunkiem skuteczności tego procesu jest zapewnienie odpowiedniej bliskości cząstek fosforytu z siarką. Uzyskuje się to przez mieszanie fosforytu ze stopioną siarką, która wówczas posiada bardzo niską lepkość co zapewnia dobry kontakt siarki z fosforytem. Współcześnie tego typu technologie wytwarzania mieszanek fosforytów z siarką z dodatkiem bakterii *Thiobacillus* są opracowane zarówno w Polsce jak i w innych krajach. W wielu badaniach wykazano, że skuteczność takich mieszanek dorównuje skuteczności superfosfatu pojedynczego. Najczęściej w tego typu mieszkankach rekomenduje się stosunek zmielonego fosforytu do zmielonej siarki jak 4:1 do 7:1, a nawet przy silnym zmieleniu komponentów jak 14:1.

W podsumowaniu warto podkreślić, że mączki fosforytowe, a zwłaszcza mączki fosforytowe uzdatnione w procesie kompostowania lub przez dodatek siarki, są w perspektywie wartą zastanowienia alternatywą. Ich efektywność często dorównuje klasycznym nawozom fosforowym, lub są niewiele gorsze. Do ich wytwarzania mogą być wykorzystane gorszej jakości fosforyty i są znacząco tańsze w produkcji. Ponadto, co jest szczególnie istotne, przy ich stosowaniu ryzyko zanieczyszczenia wód jest znacząco mniejsze w porównaniu do nawozów fosforowych wytwarzanych w procesie chemicznym.

7.4.2. Nowe odmiany nawozów sztucznych

Efektywność nawożenia

Istotną cechą procesu nawożenia gleb jest zapewnienie dostępności aktywnych składników nawozów dla roślin i organizmów glebowych – we właściwym czasie i ilości, zgodnie z zapotrzebowaniem. Tradycyjne nawozy, wprowadzane do gleby przed lub w trakcie siewu, dostarczały największe dawki składników aktywnych w pierwszym okresie po wprowadzeniu do gleby, które ulegały zmniejszeniu w czasie rozwoju rośliny, w miarę pobierania, a także wymywane z wodami opadowymi do wód podziemnych. Ta

część składników nawozu nie jest efektywnie wykorzystywana, stanowi swoistą formę „odpadów poużytkowych” zanieczyszczających środowisko wodne.

Efektywność nawożenia nawozem zawierającym fosfor zależy m.in. od [21, 22]:

- właściwości fizycznych i chemicznych gleb (m.in. pH, zawartości próchnicy czy składu granulometrycznego),
- zasobności gleb w przyswajalne formy tego pierwiastka,
- szybkości rozkładu materii organicznej (wskutek nawożenia organicznego zwiększa się ilość fosforu dostępnego dla roślin),
- formy użytkowej nawozu, a także jego dostosowania do właściwości fizycznych i chemicznych konkretnej gleby oraz potrzeb roślin,
- wysokości nawożenia.

W zależności od dawki efekt nawożenia fosforem wynosi przynajmniej kilka lat. Wykorzystanie fosforu, w zależności od rodzaju gleby i rośliny, kształtuje się na poziomie 10-20 % (dobre rozdrobnienie przyczynia się do zwiększenia przyswajalności fosforu), z tym że następce działanie nawozów fosforowych jest długie, ze średnim rocznym wykorzystaniem rzędu 1-2 %. Na glebach silnie kwaśnych wykorzystanie fosforu z nawozów fosforowych jest niskie, wskutek czego efektywność nawożenia tym pierwiastkiem jest mała, a w konsekwencji plonowanie niskie (największą skuteczność tych nawozów obserwuje się w przypadku stosowania na glebach słabo kwaśnych i obojętnych). Na efektywność nawozów fosforowych wpływa również sposób nawożenia oraz termin stosowania – nawozy te wymagają dokładnego wymieszania z glebą, a odpowiednim terminem stosowania jest jesień.

Nawozy fosforowe a środowisko

Nawozy mineralne mogą się przyczyniać do skażenia gleb metalami ciężkimi w związku z jakością surowców użytych do ich produkcji – fosforytów i apatytów. Wraz ze wzrostem zawartości składnika pokarmowego w nawozie zmniejsza się ilość metali ciężkich wprowadzanych wraz z nim do gleb (stąd np. z superfosfatem potrójnym wprowadza się ich mniej niż z mączką fosforową czy superfosfatem pojedynczym). Systematyczne, długotrwałe stosowanie nawozów fosforowych może się przyczynić do zwiększania zawartości w glebie form kadmu łatwo dostępnych dla roślin [23].

Obecność w glebie związków fosforu ogranicza pobieranie metali ciężkich przez rośliny – przy większej zawartości łatwo rozpuszczalnych związków fosforu mogą wytrącać się trudno rozpuszczalne fosforany kadmu, cynku, ołowiu czy miedzi [24]. Wczesne stosowanie superfosfatów powoduje, iż zawarte w nich metale ciężkie mogą tworzyć w glebie związki trudno rozpuszczalne, niedostępne dla roślin.

Surowce fosforowe zawierają 0,01-0,02 % uranu [25]. Uran w 70-80 % przemieszcza się z fosforytów do kwasu fosforowego i w formie rozpuszczalnej może znajdować się w nawozach fosforowych jedno- i wieloskładnikowych w ilościach od 30 do 120 mg/kg nawozu. W trakcie badań nad obiegiem radionuklidów prowadzonych w Belgii, Holandii i USA stwierdzono, w warstwie ornej, wzrost stężenia uranu, toru i radu ok. 0,25 %,

przy średnim rocznym nawożeniu na poziomie 30 kg P_2O_5 /ha. W chwili obecnej brak jest wystarczających informacji o potencjalnym zagrożeniu uranem, natomiast nie wyklucza się, że jego związki mogą być pobierane przez rośliny.

Główne zmiany w zakresie technologii wytwarzania nawozów wiążą się z potrzebą zwiększania skuteczności i efektywności wykorzystania składników aktywnych nawozów oraz poszukiwaniem rozwiązań mniej uciążliwych dla środowiska. W związku z potrzebą ograniczenia zanieczyszczenia środowiska oraz zwiększenia efektywności procesów produkcyjnych w produkcji jednego z głównych surowców do otrzymywania nawozów fosforowych – kwasu fosforowego – dąży się do stosowania możliwie czystych surowców (niska zawartość metali ciężkich czy związków fluoru), w tym surowców pochodzenia magmowego, charakteryzujących się mniejszą zawartością zanieczyszczeń. Pozwala to na zwiększenie wydajności przy jednoczesnym zmniejszeniu zużycia surowców i ilości powstającego odpadu w postaci fosfogipsu.

Podczas produkcji nawozów wieloskładnikowych, na różnych etapach, powstają znaczne ilości odpadów stałych w postaci pyłów, większość z nich jest zwracana ponownie do procesu. Mniej zanieczyszczeń zawierają nowoczesne nawozy produkowane z użyciem ekstrakcyjnego kwasu fosforowego, a więc granulowane nawozy na bazie fosforanu amonu czy superfosfatu potrojnego.

W ostatnich latach głównymi zmianami w zakresie technologii wytwarzania nawozów wieloskładnikowych na bazie kwasu fosforowego jest udoskonalanie stosowanych rozwiązań, mające na celu zwiększenie efektywności zużycia surowców i energii, poprawę jakości oraz zwiększenie efektywności tych nawozów, a także zmniejszenie obciążenia środowiska. Stosunkowo nowym rozwiązaniem w technologii produkcji nawozu wieloskładnikowego NPKS jest proces opatentowany i skomercjalizowany przez chińską firmę Red Sun Chemical Co.Ltd [26]. Technologia umożliwia użycie surowców gorszej jakości i wymaga mniejszych nakładów i kosztów, m.in. na skutek produkcji siarczanu potasu i fosforanu amonu w jednej instalacji.

Kolejnym stosunkowo nowym rozwiązaniem w produkcji wieloskładnikowych nawozów zawierających fosfor jest proces opracowany przez Armines (Ecole des Mines de Paris)/Transvalor i Grande Paroisse, polegający na wytwarzaniu nawozów mocznikowo-fosforanowych poprzez działanie na fosforyty mieszaniną kwasu siarkowego i mocznika w instalacjach typowych dla superfosfatu prostego [27]. Otrzymany, pylisty nawóz azotowo-fosforowy może być stosowany do produkcji nawozu NPK.

Na początku XX w. opracowano technologię produkcji nawozu typu NPKMgS z mikroelementami, do zastosowania w ogrodnictwie. W związku z zaistnieniem potrzeby zwiększania zawartości siarki w nawozach uruchomiono produkcję nawozów na bazie pulp superfosfatowych. Do tego celu proponuje się również wykorzystanie uciążliwego odpadu z procesu wytwarzania kwasu fosforowego – fosfogipsu.

Również w przypadku technologii wytwarzania superfosfatów, nawozów wieloskładnikowych wytwarzanych na ich bazie oraz na bazie częściowo rozłożonych fosforytów i mączek fosforytowych główny nacisk kładzie się na udoskonalanie

istniejących rozwiązań, w tym na dostosowywanie składu nawozów pod konkretne uprawy.

Nawozy o spowolnionym działaniu

Na szczególną uwagę zasługują nawozy wolno działające (*Slow Release Fertilizers* – SRF) i o kontrolowanym działaniu (*Control Release Fertilizers* – CRF), z udziałem syntetycznych i naturalnych polimerów oraz syntezowanych związków o specyficznych właściwościach.

W nawozach CRF stopień, model i czas uwalniania związków odżywczych jest dobrze poznany oraz kontrolowany podczas produkcji. Z nawozów SRF związki odżywcze są uwalniane wolniej niż w tradycyjnych nawozach, lecz stopień, model i czas uwalniania nie jest dobrze kontrolowany.

Polimery oraz inne powłoki spowalniają uwalnianie składnika aktywnego z nawozów i mają na celu zwiększenie efektywności jego wykorzystywania. Powłoki te mogą przedłużyć dostępność fosforu od podania nawozu do gleby na następny sezon [27]. Efektywność nawozu zależy od grubości powłoki polimerowej, temperatury, rodzaju gleby i jej właściwości (np. wilgotności) [27]. Dodatkowo na efektywność mogą również wpływać: sposób przechowywania nawozu, transportu, metody rozsiewania oraz warunki glebowe, jak zamarzanie, odtajanie czy aktywność biologiczna [28].

W porównaniu z tradycyjnymi nawozami stopniowe uwalnianie związków odżywczych z nawozów CRF jest lepiej dostosowane do potrzeb roślin, ogranicza wymywanie tych związków oraz polepsza efektywność działania nawozu. Na rynku dostępnych jest wiele rodzajów nawozów CRF, różniące się technologią produkcji jak i bodźcami środowiskowymi powodującymi uwalnianie z nawozów związków odżywczych.

Nawozy CRF i SRF można podzielić na:

- słabo rozpuszczalne związki azotu organicznego, np. biologicznie rozkładalny mocznik aldehydowy,
- nawozy, których rozpuszczalność reguluje fizyczna bariera, np. powłoka polimerowa,
- związki słabo rozpuszczalne, nieorganiczne, np. $Mg(NH_4)PO_4$ czy częściowo zakwaszone skały fosforanowe (*partially acidulated phosphates rock* – PAPR).

Główne zalety nawozów CRF [29]:

- Jednorodne rozmiary cząstek ułatwiają dokładne rozsianie.
- Nawozy są uwalniane stopniowo przez cały sezon, rośliny mogą wykorzystać większość związków odżywczych bez strat spowodowanych wymywaniem; elastyczny czas uwalniania pomiędzy 40 a 360 dniami przy 25°C.
- Nie ma zagrożenia niszczenia roślin nawet przy wyższych dawkach aplikowanych nawozów.
- Redukcja strat związków odżywczych spowodowanych np. spływem powierzchniowym.

W przeszłości nawozy CRF oraz SRF były stosowane głównie na użytkach nierolniczych (pola golfowe, trawniki czy ogrody) oraz w minimalnym stopniu na pewne uprawy o wysokiej cenie rynkowej (np. truskawki, cytrusy) [30]

Wykorzystanie nawozów SRF stanowi mniej niż 1 % światowego wykorzystania [31]. Pomimo licznych zalet nawozów CRF ich wykorzystanie jest również niewielkie – stanowią zaledwie 0,15 % nawozów stosowanych w rolnictwie. Powodem jest wysoki koszt tych nawozów CRF oraz brak odpowiednich regulacji prawnych ograniczających stosowanie tradycyjnych, bardziej uciążliwych dla środowiska nawozów. Mimo to najbliższe lata mogą być przełomowe dla tych nawozów, gdyż komercyjne, szerokie zastosowanie jest cały czas badane. Przewiduje się, że nawozy CRF mogą zrewolucjonizować przemysł rolniczy, a ich wykorzystanie na świecie będzie szybko wzrastać w następnych kilku latach.

W ostatnim czasie dzięki postępowi w technologii produkcji wprowadzono na rynek nowe rodzaje nawozów CRF i SRF, których stosowanie jest ekonomicznie opłacalne i skuteczne na większość upraw (kukurydza, zboża czy ziemniaki). Obecnie zapotrzebowania na nawozy CRF i SRF wzrasta 5 % rocznie.

W ostatnich latach dużym zainteresowaniem cieszą się badania nad wykorzystaniem w rolnictwie nanotechnologii. W rolniczej nanotechnologii funkcjonuje pojęcie „rolnictwa precyzyjnego”, którego głównym zadaniem w przypadku nawozów jest maksymalizacja plonów przy jednoczesnej minimalizacji ich użycia, poprzez monitorowanie zmiennych środowiskowych i stosowanie ukierunkowanych działań [32]. Według niektórych źródeł nawozy nano przyczyniają się do zwiększenia jakości produktów rolnych (m.in. na skutek lepszego wnikania oraz rozproszenia substancji odżywczych do wszystkich części rośliny) oraz stanowią minimalne zagrożenie dla środowiska, m.in. w związku z wysoką czystością tych nawozów oraz nawet trzykrotnie mniejszą stosowaną dawką nawożenia, niż w przypadku tradycyjnych nawozów [33]. Obecnie te nawozy stosowane są głównie w przypadku upraw ryżu, jabłek, kukurydzy i owoców cytrusowych. Nawozy wieloskładnikowe, których składnikiem jest również fosfor, są stosowane np. w uprawie kukurydzy i ziemniaków [34]. Stosowanie tego typu nawozów na szeroką skalę oraz ich przyszłość będą zależały od wyników badań prowadzonych w tym zakresie.

7.5. Społeczne aspekty gospodarowania odpadami nieorganicznymi przemysłu chemicznego w perspektywie 2020 i 2030 r.

Rola społeczeństwa w działaniach na rzecz ochrony środowiska jest jednym z filarów polityki ekologicznej Polski, wyrażonej w dokumencie *Polityka Ekologiczna Państwa w Latach 2009-2012 z perspektywą do roku 2016*. Dokument ten podkreśla znaczenie aktywności społeczeństwa w funkcjonowaniu demokracji, szczególnie w dziedzinie ochrony środowiska, która jest obszarem gdzie właśnie społeczności lokalne są realizatorami lokalnych akcji proekologicznych oraz swoistymi kontrolerami działań przedsiębiorstw i organów władzy. Jednym z podstawowych warunków powodzenia tych

działań oraz harmonijnej współpracy pomiędzy społeczeństwem, przedsiębiorstwami oraz administracją rządową i samorządową, jest zapewnienie powszechnego dostępu do rzetelnych informacji na temat stanu środowiska i podejmowanych działaniach ochronnych. Obowiązujące przepisy prawne nakładają obowiązek udziału społecznego w postępowaniu w sprawie ochrony środowiska, w opiniowaniu projektów aktów prawnych oraz w konsultacjach społecznych planowanych inwestycji. W opisywanym dokumencie jednym z głównych celów średniookresowych do 2016 r. jest podnoszenie świadomości ekologicznej społeczeństwa, co przyczyni się do wsparcia:

- proekologicznych zachowań konsumenckich,
- przyjaznych dla środowiska nawyków i wzrostu poczucia odpowiedzialności za stan środowiska,
- aktywności lokalnych służących ochronie środowiska,
- udziału w procedurach prawnych i kontrolnych dotyczących ochrony środowiska.

Najważniejsze zadania, które należy zrealizować, aby osiągnąć wyznaczony cel, obejmują między innymi doskonalenie metod udostępnienia informacji o środowisku i jego ochronie przez wszystkie instytucje publiczne, zapewnienie udziału pozarządowych organizacji ekologicznych we wszystkich gremiach podejmujących decyzje dotyczące ochrony środowiska, szkolenia dla pracowników instytucji publicznych oraz przedsiębiorców w zakresie przepisów o dostępie społeczeństwa do informacji o środowisku oraz ściślejsza współpraca z dziennikarzami w zakresie edukacji ekologicznej wszystkich grup społecznych. Realizacja wymienionych powyżej zadań daje szansę na rozwiązanie jednego z podstawowych problemów, a mianowicie braku właściwej komunikacji i współdziałania na linii społeczeństwo-inwestorzy-władze lokalne.

Analizując społeczne aspekty gospodarki odpadami chemii nieorganicznej należy zwrócić uwagę na dwa rodzaje uciążliwości:

- związane z powstawaniem odpadów,
- związane z gospodarką odpadami.

Warto też zaznaczyć, że protesty społeczne narastają nie tyle wobec zjawiska wytwarzania odpadów przemysłowych jako takich, ale paradoksalnie, wobec lokalizacji inwestycji związanych z unieszkodliwianiem, przetwarzaniem a w szczególności składowaniem odpadów przemysłowych. Lokalizacja takich zakładów powinna być poprzedzona starannie przemyślaną akcją informacyjną i negocjacjami z lokalną społecznością. W obszarach tych stykamy się ze współdziałaniem obywatelskim, ale są one także terenem – bardzo często – ostrych konfliktów społecznych. Działania władz oraz inwestorów powinny zatem zmierzać do:

- wcześniejszego identyfikowania potencjalnych konfliktów i przemyślanego rozwiązywania istniejących,
- poszerzania sfery przyzwolenia społecznego [35].

Konflikty lokalizacyjne nie są jedynym wyzwaniem w kontekście dalszego rozwoju

przemysłu chemicznego w Polsce. Wymienić tu można takie zagadnienia jak:

- akceptacja uciążliwości przemysłu,
- lokalna polityka gospodarki odpadami,
- społeczne i ekonomiczne skutki zamknięcia niektórych zakładów chemicznych,
- ograniczenie popytu na dobra wytwarzane z zastosowaniem produktów przemysłu chemii nieorganicznej,
- relacje ekonomiczne wynikające z rozwiązań przyjaznych dla środowiska,
- zwiększenie zasobu wiedzy pracowników zakładów chemicznych i okolicznych mieszkańców na temat funkcjonowania zakładów w środowisku.

Zagadnienia te stały się przedmiotem badań i analiz prowadzonych w ramach realizacji projektu „Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – foresight technologiczny”. Wśród zadań projektu zaplanowane zostały dwie rundy ankiet Delphi, w obu rundach zakres pytań kierowanych do ekspertów obejmował zarówno tematykę technologiczną i środowiskową jak i społeczną. Analiza wyników obu rund ankiety pozwoliła na sformułowanie wstępnych założeń dotyczących akceptacji społecznej dla poszczególnych wariantów scenariuszy rozwojowych przemysłu chemii nieorganicznej w Polsce.

Opinie ekspertów uzyskane w procesie analizy wyników pierwszej rundy ankiety Delphi dały podstawy dla sformułowania następujących założeń:

Założenie 1

Najważniejszym wyzwaniem dla dalszego rozwoju przemysłu chemii nieorganicznej w Polsce jest brak akceptacji społeczeństwa dla uciążliwości związanych z funkcjonowaniem przemysłu. Zdaniem ekspertów, wśród czynników kształtujących opinie społeczne w tej kwestii wyróżnić należy przede wszystkim obawy o negatywne skutki zdrowotne zamieszkiwania w okolicach zakładów przemysłowych. W dalszej kolejności istotny wpływ na opinię społeczną ma perspektywa uciążliwego sąsiedztwa takich zakładów oraz obawy o potencjalne obniżenie wartości rynkowej nieruchomości. Zgodnie z opiniami ekspertów, osoby zamieszkujące na obszarach narażonych na uciążliwości nie mają wystarczającego stanu wiedzy na temat faktycznych zagrożeń. Stąd też wynika potrzeba edukacji prowadzonej przez samorządy lokalne, szkoły, zakłady przemysłowe oraz media. Przewiduje się, iż skutki działań edukacyjnych będą możliwe do zaobserwowania w perspektywie do 2020 oraz w latach 2020-2030.

Założenie 2

Lokalizacja zakładów prowadzących działalność w dziedzinie gospodarki odpadami jest i będzie kwestią budzącą sprzeciw społeczny oraz może być przyczyną konfliktów społecznych. Taki stan rzeczy jest w opinii ekspertów spowodowany brakiem akceptacji społecznej dla tego typu inwestycji. Głównymi przyczynami niechęci mieszkańców wobec lokalizowania w okolicy ich miejsca zamieszkania zakładów gospodarujących odpadami są przede wszystkim obawy o zdrowie, nieprzyjemny zapach, obniżenie

wartości rynkowej nieruchomości, zagęszczenie ruchu kołowego oraz utrata walorów estetycznych krajobrazu. Środkiem zaradczym według ekspertów, może być w takich sytuacjach dostarczenie rzetelnej informacji na temat planowanej inwestycji, co przyczyni się do wzrostu świadomości na temat faktycznych zagrożeń oraz skłonności do kompromisu. Działania informacyjne w tej dziedzinie powinny być prowadzone przed wszystkim przez władze lokalne, w dalszej kolejności eksperci wskazują inwestorów oraz organizacje pozarządowe. Skutki takich działań informacyjnych będą odczuwalne w perspektywie do 2020 roku oraz w latach 2020-2030. Wyższy poziom akceptacji społecznej dla lokalizacji zakładów gospodarki odpadami zapewnią przede wszystkim działania kompensacyjne, konsultacje społeczne, negocjacje społeczne, sposoby wkomponowania w przestrzeń oraz zawieranie tzw. umowy społecznej z mieszkańcami.

Założenie 3

Bardzo istotne znaczenie dla dalszego rozwoju przemysłu chemii nieorganicznej w Polsce mają społeczne i ekonomiczne skutki zamknięcia niektórych zakładów chemicznych, które nie są w stanie wprowadzić działań naprawczych w celu dostosowania do wymogów prawa ochrony środowiska. Według ekspertów, ponad połowa Polaków nie akceptuje takich rozwiązań, najwcześniej zamknięcie zakładów przemysłowych, które nie spełniają wymagań zawartych w przepisach prawa mogłoby nastąpić po 2020 roku. Skutki ekonomiczne i społeczne likwidacji zakładów będą zdaniem ekspertów odczuwalne po 2020 roku oraz w latach 2020-2030, podczas gdy skutki ekologiczne można będzie odnotować w latach 2020-2030 i po roku 2030. Brak akceptacji dla zamykania zakładów przemysłu chemicznego nie spełniających norm środowiskowych jest głównie spowodowany przez lęk przed utratą miejsc pracy, niski poziom świadomości ekologicznej oraz niechęć do zmian. W celu ograniczenia negatywnych skutków społecznych i ekonomicznych należy przygotować programy zatrudnienia i zmiany kwalifikacji pracowników, stopniowo wygaszać działalność zakładów, zapewnić rekompensaty finansowe, a także przygotować i wdrożyć lokalne i narodowe kampanie informacyjne.

Założenie 4

Wprowadzenie przyjaznych dla środowiska technologii produkcji w zakładach przemysłu chemicznego może spowodować wzrost kosztów produkcji, a w efekcie wzrost cen niektórych produktów. Wyniki ankiety Delphi pokazały, iż zdaniem ekspertów, ponad połowa Polaków akceptuje podnoszenie cen niektórych produktów w związku z wprowadzeniem technologii przyjaznych środowisku (technologie niskoodpadowe, bezodpadowe). Ma to związek z obserwowanym od kilku lat wzrostem znaczenia kryteriów ekologicznych w wyborach konsumenckich, uważa się również, że ta tendencja będzie miała znaczący wpływ na przemysł chemiczny. Ekspertsi przewidują wprowadzenie technologii przyjaznych środowisku, wytwarzanie produktów mniej uciążliwych dla środowiska oraz wzrost innowacyjności. Dużą rolę we wzmacnianiu

świadości ekologicznej konsumentów odgrywa edukacja prowadzona przez szkoły i media, dlatego też tego typu działania powinny być zintensyfikowane. W celu zrównoważenia skutków ekonomicznych wprowadzania nowych, przyjaznych dla środowiska technologii powinny zostać zastosowane różnego rodzaju instrumenty wspierające dla przedsiębiorstw, takie jak np.: dotacje dla przedsiębiorstw (kredyt technologiczny, wsparcie innowacji) oraz dopłaty do produktów. Efekty działań w tej dziedzinie będą odczuwalne w latach 2020-2030.

Założenie 5

Spółeczną odpowiedzialność biznesu (z ang. Corporate Social Responsibility – CSR) określa się jako koncepcję, dzięki której przedsiębiorstwa na etapie budowania strategii dobrowolnie uwzględniają interesy społeczne i ochronę środowiska, a także relacje z różnymi grupami interesariuszy. Bycie odpowiedzialnym nie oznacza tylko spełnienia wszystkich wymogów formalnych i prawnych, ale oprócz tego zwiększone inwestycje w zasoby ludzkie, w ochronę środowiska i relacje z otoczeniem firmy, czyli dobrowolne zaangażowanie. Społeczna odpowiedzialność jest procesem, w ramach którego przedsiębiorstwa zarządzają swoimi relacjami z różnorodnymi interesariuszami, którzy mogą mieć faktyczny wpływ na sukces w działalności gospodarczej, należy je zatem traktować jako inwestycję a nie koszt. Zdaniem ekspertów realne zaangażowanie polskich zakładów przemysłu chemii nieorganicznej w działania w zakresie społecznej odpowiedzialności biznesu przyczyni się do wzmocnienia ich konkurencyjności i poprawy relacji z otoczeniem. Skutki aktywnego zaangażowania polskich przedsiębiorstw przemysłu chemicznego w działalność CSR będą możliwe do odnotowania w okresie do roku 2020 i w latach 2020-2030. Istnieje wszakże potrzeba dodatkowych zachęt dla przedsiębiorstw realizujących programy CSR, takich jak finansowe (ulgi podatkowe, dotacje), prestiżowe (nagrody i wyróżnienia) oraz marketingowe (np. kampanie promocyjne). Wśród słabości, które mogą wpłynąć na działalność polskich przedsiębiorców w tej dziedzinie, eksperci wymieniają brak wiedzy na temat zasad CSR i narzędzi ich realizacji, powierzchowność działań („to tylko PR”) oraz brak środków finansowych niezbędnych do realizacji działań.

Warto nadmienić, iż w Polsce funkcjonuje już program „Odpowiedzialność i Troska” („Responsible Care®”), **jest dobrowolną inicjatywą przemysłu chemicznego ukierunkowaną na osiągnięcie podstaw zrównoważonego rozwoju. Program ten powstał w 1984 w Kanadzie i szybko rozprzestrzenił się w innych krajach na całym świecie. Sukces, jaki osiągnął zawdzięcza jasno sformułowanym celom, które sprowadzają się do realizacji działań dotyczących poprawy własnej działalności w zakresie w ochrony środowiska, bezpieczeństwa procesowego oraz ochrony zdrowia pracowników.** W Polsce Program „Odpowiedzialność i Troska” zaczął działać z inicjatywy Polskiej Izby Przemysłu Chemicznego (PIPC) w 1992 roku, a od 1999 roku Sekretariat Programu „Odpowiedzialność i Troska” prowadzony jest przez firmę Chemeko Sp. z o.o. z Włocławka na zlecenie PIPC. W ramach działalności Sekretariatu została stworzona strona internetowa poświęcona Programowi „Odpowiedzialność

i Troska” <http://www.rc.com.pl>.

W chwili obecnej realizuje go 38 firm chemicznych, które zobowiązane są do:

- przyjęcia świadomej odpowiedzialności za bezpieczeństwo ludzi i stan środowiska w sposób całkowicie dobrowolny, nie wymuszony przez normy i przepisy prawne,
- uznania w pierwszej kolejności: aktywności osobowej ludzi, przemysłanych zmian organizacyjnych i umiejętnego zarządzania czyli działań innowacyjnych, za czynniki zasadnicze w osiągnięciu dostrzegalnej zmiany w podejściu do spraw bezpieczeństwa i ochrony środowiska,
- uznania za priorytet poszukiwania środków i ich przeznaczenia na stopniową modernizację zakładu prowadzącą do oszczędności energii, zmniejszenia produkcji odpadów, ścieków, emisji zanieczyszczeń do powietrza,
- wzajemnego powiązania zakładów i społeczności lokalnej w kierunku wypracowania systemu współpracy i współodpowiedzialności za bezpieczeństwo i właściwy stan środowiska,
- propagowania zasad Programu „Odpowiedzialność i Troska”.

Celem drugiej rundy ankiety Delphi, przeprowadzonej wśród wyselekcjonowanej grupy ekspertów, było uzyskanie bardziej sprecyzowanych i szczegółowych informacji na temat opinii eksperckich dotyczących scenariuszy rozwoju przemysłu chemii nieorganicznej w Polsce. Dlatego też, część pytań z rundy pierwszej została przeformułowana w ankiecie w rundzie drugiej, co pozwoliło na sformułowanie kolejnych założeń do scenariuszy rozwojowych oraz na potwierdzenie trafności założeń sformułowanych po pierwszej rundzie ankiet Delphi. Prezentowane poniżej założenia o numerach od 6 do 8 opracowane na podstawie opinii eksperckich w drugiej rundzie ankiety Delphi.

Założenie 6

W celu zapewnienia społecznej akceptacji dla nowych inwestycji w branży chemicznej, inwestorzy powinni zwrócić szczególną uwagę na kwestie przekazywania społeczeństwu rzetelnych informacji o nowych inwestycjach, w tym w szczególności informacji na temat:

- poziomu szkodliwości zakładu,
- liczby miejsc pracy w zakładzie,
- zmian w estetyce krajobrazu,
- zmian w natężeniu ruchu drogowego.

Zdaniem ekspertów, najbardziej skuteczne formy komunikacji i współpracy z mieszkańcami obejmują: informacje w mediach, stałą radę mieszkańców i przedstawicieli zakładu, informacje pisemne dystrybuowane w okolicy, spotkania z mieszkańcami dzielnic. W dalszej kolejności eksperci wymieniają działania takie jak: edukacja szkolna, dni otwarte w zakładach, stałe punkty konsultacyjne, prezentacja dobrych praktyk.

Założenie 7

Pierwsza runda ankiet Delphi wykazała, iż zdaniem ekspertów, w Polsce istnieje akceptacja społeczna dla podnoszenia cen niektórych produktów w związku z wprowadzeniem technologii przyjaznych środowisku. Jest to efekt wzrastającej świadomości ekologicznej Polaków, i w konsekwencji także wzrostu znaczenia kryteriów ekologicznych w wyborach konsumenckich. Zapytani o konkretny poziom akceptowalnego wzrostu cen poszczególnych typów produktów spowodowany wprowadzeniem technologii przyjaznych środowisku, eksperci uznali, że dopuszczalny przez społeczeństwo jest wzrost cen artykułów spożywczych o 3% , artykułów odzieżowych: 3% - 5% , środków czystości: 3% - 5% oraz artykułów kosmetycznych: 5%.

Założenie 8

W celu ograniczenia zapotrzebowania gospodarki w Polsce na produkty przemysłu chemicznego o największej uciążliwości środowiskowej, eksperci rekomendują promowanie w społeczeństwie polskim zmian w profilu konsumpcji, takich jak np.: rezygnacja z niektórych opakowań jednorazowych, wydłużenie czasu użytkowania kupowanej odzieży, rezygnacja z najbardziej uciążliwych dla środowiska środków czystości oraz zwiększenie udziału żywności z upraw ekologicznych w ogóle żywności kupowanej przez społeczeństwo.

Podsumowanie

Wobec wzrastającej w ostatnich latach świadomości ekologicznej społeczeństwa w Polsce oraz wzmocnieniu faktycznego, gwarantowanego prawem udziału społeczności lokalnych w procesach decyzyjnych, kwestia społecznej akceptacji dla przyjętej ścieżki rozwoju przemysłu chemicznego jest zagadnieniem kluczowym. Najważniejsze wnioski, jakie wynikają z badań ankietowych przeprowadzonych w ramach projektu „Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – foresight technologiczny” można streścić w następujący sposób:

1. Społeczności lokalne nie będą akceptować uciążliwości wynikających z sąsiedztwa zakładów przemysłu chemicznego. Wynika to przede wszystkim z obaw o negatywne skutki zdrowotne zamieszkiwania w okolicach zakładów przemysłowych. Ponieważ zdaniem ekspertów, mieszkańcy nie dysponują rzetelnymi informacjami na temat realnych zagrożeń, istotne znaczenie będą mieć działania edukacyjne, które powinny być prowadzone głównie przez władze lokalne.
2. Lokalizacja zakładów prowadzących działalność w dziedzinie gospodarki odpadami coraz częściej stawać się będzie sprawą budzącą sprzeciw społeczny. Aby zapobiec konfliktom na tym tle i wzmocnić społeczną akceptację dla lokalizacji zakładów gospodarki odpadami, w scenariuszach rozwojowych należy uwzględniać również działania kompensacyjne oraz konsultacje

społeczne. Zasadą powinno też stać się wykorzystywanie istniejącego lokalnego kapitału społecznego w nowych przedsięwzięciach przemysłowych.

3. Ponad połowa Polaków nie zaakceptuje zamknięcia niektórych zakładów chemicznych, które nie są w stanie wprowadzić działań naprawczych w celu dostosowania do wymogów prawa ochrony środowiska, co jest spowodowane głównie obawą przed utratą miejsc pracy. Zamknięcie zakładów przemysłowych, które nie spełniają wymagań zawartych w przepisach prawa mogłoby nastąpić po 2020 roku i przy zastosowaniu rozwiązań takich jak np. stopniowe wygaszanie działalności zakładów.
4. W celu zapewnienia społecznej akceptacji dla nowych inwestycji w branży chemicznej, inwestorzy powinni zwrócić szczególną uwagę na kwestie przekazywania społeczeństwu rzetelnych informacji o nowych inwestycjach. Najbardziej skuteczne formy komunikacji i współpracy z mieszkańcami obejmują: informacje w mediach, stałą radę mieszkańców i przedstawicieli zakładu, informacje pisemne dystrybuowane w okolicy, spotkania z mieszkańcami dzielnic.
5. W Polsce istnieje akceptacja społeczna dla podnoszenia cen niektórych produktów w związku z wprowadzeniem technologii przyjaznych środowisku. Przewidywany jest dalszy wzrost świadomości ekologicznej konsumentów.
6. Wysiłki badawczo-rozwojowe przemysłu chemicznego powinny być zatem kierowane na poszukiwanie rozwiązań alternatywnych dla obecnie funkcjonujących technologii i produktów. Warto również zauważyć, iż nie zawsze wprowadzanie nowych produktów i technologii przyjaznych dla środowiska skutkuje obciążeniem ekonomicznym użytkownika.

Literatura

1. European Commission, Large Volume Inorganic Chemicals – Ammonia, Acids and Fertilizers August 2007
2. Uchwała Nr 217 Rady Ministrów z dnia 24 grudnia 2010 r., Monitor Polski Nr 101, poz. 1183
3. Biesiada M. *Ocena ryzyka zdrowotnego mieszkańców Wiślinki związanego z oddziaływaniem hałdy fosfogipsu*, 2006, [online], [dostęp dn. 26 wrzesień 2011] http://www.woj-pomorskie.pl/downloads/fosfogipsy_raport_IMPiZS.pdf
4. Nowak W., Wróbel S., Pasierb K. *Oddziaływanie zanieczyszczeń emitowanych przez Zakłady Chemiczne „Widzów” S.A na glebę i rośliny*. Zesz. Probl. Post. Nauk. Roln., 1999, nr 467, s. 413-430
5. Folek S. *Przegląd możliwości odzysku odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego*, W: Raport. Problem odpadów nieorganicznych a rozwój przemysłu chemicznego w Polsce, Projekt WND-POIG.01.01.01-00-009/09. Red. B. Cichy. 2010. [online], <http://www.inorganicwaste.eu/dokumenty/>

- Raport%20wiedzy_09-II.pdf
6. European Commission, IPPC ,Large Volume Chemicals – Solids and Others Industry, August 2007
 7. Yamalyshkina, N. I Niemeier, D. *Future Sustainability Forecasting by Exchange Markets: Basic Theory and an Application*. EScTechnol 2010, nr 44, s. 9134.
 8. Dokument referencyjny na temat najlepszych dostępnych technik dla produkcji. Przemysł chemikaliów nieorganicznych produkowanych w dużych ilościach – substancji stałych i innych
 9. <http://eussoils.jrc.ec.europa.eu/>
 10. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/1/WE z dnia 15 stycznia 2009 r. dotycząca zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom i ich kontroli (d.U.WE Nr L 24)
 11. BREF – Best Available Techniques Reference Documents, European Commission, JRC, European IPPC Bureau
 12. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo Ochrony Środowiska (D.U. Nr 62 poz. 627) z późn. zmianami
 13. Tugnoli, A., Santarelli, F., Cozzani, F. *An Approach to Quantative Sustainability Assessment on ihe Eaeerly Stages of Process Design*. Environ.Sc.Technol. 2008, nr 42, s. 4555
 14. ICI MOND DIVISION. The Mond Index. Imperial Chemical Industries plc., Explosion Hazard Section, Technical Dpt. Winnigton, Nortwich, Cheshire CVB4DJ, March 1985
 15. Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on Economics and Cross-Media Effects . July 2006
 16. Żurek, J., Borysiewicz, M. „Opracowanie narzędzi do zarządzania bezpieczeństwem oraz ocen bezpieczeństwa na szczeblu regionalnym”, IOŚ, „Szacowanie ryzyka zdrowotnego związanego z zanieczyszczeniem środowiska” Biblioteka Monitoringu Środowiska 1994”; „Skutki zdrowotne zanieczyszczenia środowiska” Biblioteka Monitoringu Środowiska 1995
 17. Goodmann, D., Blacker, S. *Site Cleanup, Costs and Risk Control*. Environmental Analysis and Remediation. J.Wiley & Sons Inc.: 1998, vol. 7
 18. Environmental Protection Agency USA: US EPA Assessment Guidance for Superfund Vol. I Human Health Evaluation Manual Part A. 1989. EPA/540/1-89/002; Risk Assessment Guidance for Superfund Vol. 2. Environmental Evaluation Manual 1989; Supplemental Guidance on Performing Risk Assessments in Remedial Investigation/Feasibility Studies Conducting by Potentially Responsible Parties PB-205526,1990; Risk Assessment Guidance for Superfund Vol. 1 Human Health Evaluation Manual (Part B. Development of Risk-based Preliminary Remediation Goals) Publ. 9285.7-01B, 1991; Risk Assessment Guidance for Superfund. Vol. 1. Human Health Evaluation Manual (Part C, Risk Evaluation of Remedial Alternatives) Pub. 9285.7-01C, 1991;

- Proposed Guidelines for Ecological Risk Assessment. EPA/630/R-95/002B. Risk Assessment Forum. US EPA, August 1996
19. Browner C., 1995 „EPA risk characterization program.” EPA
 20. Nerchol N.K., Leogore T., Lacayo H., 1998, “Sample size for site investigation.” Environmental Analysis and Remediation, vol.7., J.Wiley&Sons.Inc. New York.
 21. Stępień W.: *Efektywność nawożenia fosforem jako czynnik zmniejszający zagrożenia czystości wód*, [dostęp dn. 4 październik 2011] <http://www.luvena.pl/page.php/1/0/show/235/>
 22. Michałek A. Nawozy fosforowe, 2008. [online]. [dostęp: 4 październik 2011] <http://www.seoteka.pl/a306.php/1>
 23. Domagała-Świątkiewicz I. *Wpływ działalności rolniczej na środowisko naturalne*. W: Ochrona środowiska naturalnego w XXI wieku – nowe wyzwania i zagrożenia. Red. Wiecha K., Kraków, 2005
 24. Gruca-Królikowska S., Waclawek W. *Wpływ metali ciężkich na rośliny*. W: Metale w środowisku, cz. II., Chemia, Dydaktyka, Ekologia, Metrologia 2006, nr 11, s. 41-56
 25. Górecki H.: *Wpływ nawozów i nawożenia na środowisko*. Przemysł chemiczny 2002, nr 10, s. 640-642
 26. Najlepsze Dostępne Techniki (BAT). Wytyczne dla Branży Chemicznej w Polsce. Przemysł Wielkotonazowych Chemikaliów Nieorganicznych, Amoniak, Kwasów i Nawozów. Sztucznych. Wersja II
 27. Tindall, T.A. and Blaylock A. *Recent advances in P fertilizer technologies – polymer coatings*. Proceedings, Great Plains Soil Fertility Conference. Marzec 7-8, 2006. Denver, Colorado. s. 31-36
 28. Shaviv A.: *Advances in controlled-release fertilizers*. Advances in Agronomy 2000, nr 71, s. 1-49
 29. Jain S. H.(2007): *Controlled Release Fertilizers: Trends and Technologies*. Pharmaceutical Reviews 2007, vol. 5, nr 1
 30. Enhanced-efficiency fertilizers: World market overview, 2010, International Conference on Enhanced - Efficiency Fertilizers, [online].[dostęp 4 październik 2011] http://www.fertilizer.org/ifacontent/download/35320/510255/version/2/file/2010_ifa_newag_Landels_slides.pdf
 31. Shaviv A., Mikkelsen R.L. *Controlled-release fertilizers to increase efficiency of nutrient use and minimize environmental degradation - A review*. Fertilizer Research 1993, nr 352, s. 1-12
 32. European Nanotechnology Gateway. Nanoforum Report: Nanotechnology in Agriculture and Food, Institute of Nanotechnology, May 2006. [online] [dostęp 21 październik 2011], <http://www.nanoforum.org/dateien/temp/nanotechnology%20in%20agriculture%20and%20food.pdf>
 33. Nano Fertilizer, Micronutrient Products Presented in Iran Nano 2011 Exhibit, [dostęp 21 październik 2011] http://www.nanotech-now.com/news.cgi?story_

id=43572

34. <http://www.nanoagro.pl/index.php?strona=nawozydolistneplantmax-319>, [dostęp dnia 21 października 2011]
35. Burger T., Świadomość ekologiczna społeczeństwa polskiego – percepcja zmian klimatycznych, W: Wybrane zagadnienia z ekologii i ochrony Środowiska. Red. Kalinowska, A. i Lenart, W. Warszawa: Uniwersyteckie Centrum Badań nad Środowiskiem Przyrodniczym (UCBnŚP) Uniwersytetu Warszawskiego, 2007

CZEŚĆ II

METODYKA TECHNOLOGICZNYCH STUDIÓW PERSPEKTYWICZNYCH DLA STRUMIENI ODPADÓW NIEORGANICZNYCH PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO

PROJEKT

**„ODPADY NIEORGANICZNE PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO – FORESIGHT TECHNOLOGICZNY”
JEST WSPÓLFINANSOWANY PRZEZ UNIĘ EUROPEJSKĄ
ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO
W RAMACH PROGRAMU OPERACYJNEGO INNOWACYJNA GOSPODARKA 2007-2013**

ROZDZIAŁ 1

PODSTAWY METODOLOGICZNE FORESIGHTU TECHNOLOGICZNEGO. MOŻLIWOŚĆ ZASTOSOWANIA REZULTATÓW BADAWCZYCH FORESIGHTU W PRZEDSIĘBIORSTWACH SEKTORA CHEMII NIEORGANICZNEJ

ANDRZEJ M.J. SKULIMOWSKI¹, EWA OKOŃ-HORODYŃSKA²

1.1. Wstęp

Ze złożonością procesów rozwoju technologicznego, społecznego, gospodarczego oraz politycznego nierozzerwalnie związana jest zdolność do ich antycypowania. Potrzeba poszukiwania sposobów określania potencjalnych przebiegów przyszłości doprowadziła w latach 60-tych XX stulecia do powstania nowej metodyki, wtedy jeszcze sprowadzającej się tylko do dwóch popularnych metod, tj. metody scenariuszy i metody delfickiej. Umocnienie tych poszukiwań, idące w kierunku opracowania uniwersalnej metody badania przyszłości, odpornej w jak największym stopniu na nieprzewidywalne zakłócenia, nastąpiło po opublikowaniu katastroficznych Raportów dla Rady Klubu Rzymskiego. W obliczu utraty zaufania do prognozowania opartego przede wszystkim na znanych ówczesnie metodach statystycznych, znaczenia nabrało sukcesywnie ulepszane elastyczne podejście do badania i tworzenia holistycznej wizji przyszłości, nazywane w literaturze procesem *foresight*. Proces ten w swych początkach odnosił się tylko do kreowania wizji przyszłości kraju, jako całości, nazywany był więc narodowym, aktualnie jednak znajduje coraz częściej zastosowanie zarówno na niższym poziomie – regionu, branży, korporacji, szczegółowych zjawisk tematycznych, a także na wyższym poziomie w postaci foresightu, np. europejskiego, czy nawet globalnego. W naszym kraju dostępne są obecnie wyniki końcowe lub wstępne kilkudziesięciu projektów foresightu technologicznego, branżowego lub regionalnego finansowanych ze środków Programów Operacyjnych: Wzrost Konkurencyjności Przedsiębiorstw, Poddziałanie 1.4.5 (okres realizacji 2005-2007), Innowacyjna Gospodarka, Poddziałanie 1.1.1 (realizacja od

¹AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica, Katedra Automatyki, Al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Centrum Nauk o Decyzji i Prognozowania, Fundacja Progress and Business, 30-041 Kraków, ul. Miechowska 5B

²Centrum Nauk o Decyzji i Prognozowania, Fundacja Progress and Business, 30-041 Kraków, ul. Miechowska 5B; Katedra Ekonomii, Uniwersytet Jagielloński, 30-348 Kraków, ul. Prof. Stanisława Łojasiewicza 4

roku 2008) oraz Narodowego Programu Foresight (wyniki ogłoszone w latach 2008 – 2009) i Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki. W wynikach foresightu upatruje się metodycznych podstaw wyznaczania priorytetów rozwoju w przyjętej wizji przyszłości. Coraz szersze zastosowanie metodyki foresight zachęca do prześledzenia, jakie są praktyczne możliwości wykorzystania rezultatów badań foresightowych. Wiadomo bowiem, że nawet rozpatrywanie priorytetów rozwoju na wskazanych wyżej poziomach musi nieść z sobą odmienne ich postrzeganie w zależności od poziomu analizowanego zjawiska. Podobne zróżnicowanie w postrzeganiu priorytetów rozwoju można dostrzec w ich formułowaniu przez różne grupy społeczne, np. polityków, związki zawodowe, naukowców, przedsiębiorców, itp. Każda bowiem grupa społeczna kieruje się innymi interesami ekonomicznymi, motywami działania, regułami postrzegania świata. Czy da się więc pogodzić zróżnicowanie w podejściu z możliwością wykreowania wspólnej wizji przyszłości na określonym poziomie struktury społeczno-gospodarczej? Oraz, w jakim zakresie metodyka foresight może być (jest) obecna w tworzeniu strategicznej wizji przyszłego rozwoju gospodarki, regionu, przedsiębiorstwa, na jakich czynnikach (technologiach) będzie się opierać, jaki paradygmat rozwoju będzie reprezentować? W istocie największe zainteresowanie budzi paradygmat gospodarki innowacyjnej („nowej gospodarki”, „kreatywnej gospodarki”). Tym zagadnieniom poświęcone jest niniejsze opracowanie.

1.1.1. Dlaczego foresight?

Zgodnie z poglądem większości badaczy, foresight jest w większym stopniu procesem strategicznego myślenia niż strategicznego planowania będącego jego następstwem. Ten drugi proces często przebiega zgodnie z zasadami charakterystycznymi dla tzw. roadmappingu [1] i wręcz powinien korzystać z wyników badań foresightowych. Foresight powinien być rozumiany jako partycypacyjny, systematyczny, sposób docierania do informacji w celu budowania średnio- lub długookresowej wizji rozwojowej, jej wielowymiarowych kierunków i priorytetów na podstawie bieżącego stanu nauki, technologii, gospodarki i świadomości społecznej oraz ich wzajemnych powiązań. Foresight to także stworzenie języka debaty społecznej oraz kultury budowania wizji myślenia o przyszłości w celu koordynacji działań dla rozwoju nowoczesnej gospodarki i dla poprawy jakości życia.

Od lat 90-tych ubiegłego wieku foresight stał się popularną metodologią budowy polityki Unii Europejskiej, przy czym można wymienić następujące motywy podejmowania badań foresightowych w UE:

1. Krytyka oraz odrzucenie wyłącznego stosowania metod prognostycznych do określania przyszłości.
2. Rosnąca rola regionów w Unii Europejskiej (podmiotowość polityczna, odbiorca pomocy unijnej, kreator rozwoju społeczno – gospodarczego, łącznik między poziomem narodowym i lokalnym).
3. Coraz większy zakres kompetencyjny regionów (w Polsce po reformie

administracyjnej państwa w roku 1998).

4. Związana z tym potrzeba stosowania właściwych narzędzi zarządzania oraz wyboru optymalnych kierunków budowania strategii rozwoju regionu (UE, kraju, branży, przedsiębiorstwa).

Świadomość potencjalnych korzyści związanych z wdrażaniem rezultatów badań foresightowych była do niedawna w naszym kraju niewystarczająca. Słabe również było rozpowszechnienie informacji na temat metodyki i badań foresightowych – teoretycznych oraz aplikacyjnych. W dalszym ciągu:

- brak satysfakcjonującego upowszechnienia wiedzy o istocie i metodyce procesu, nawet wśród zespołów realizujących projekty foresightowe,
- brak wiedzy o sposobach i możliwościach wykorzystania rezultatów badań foresightowych,
- brak wystarczającej literatury w języku polskim (choć w ostatnim czasie ukazało się kilka publikacji naukowych [1, 2],
- brak świadomości konieczności organizacji foresightu przed budową strategii (narodowych, regionalnych, branżowych, korporacyjnych itp.),
- niewiele jest doświadczeń w zakresie foresightu regionalnego i technologicznego, a zwłaszcza wdrożeń ich wyników*,
- brak zaleceń co do właściwej organizacji procesu w polskich regionach.

Foresight jest procesem, nie zaś zestawem różnych technik, angażuje w swe procedury wiele grup uczestników. Foresight oparty jest też na przeświadczeniu, że z reguły nie jest właściwe poszukiwanie jedynej prognozy przyszłości, gdyż jest ich wiele i są różne. Dlatego metodyka i organizacja *foresightu* oparte są na założeniach, że przyszłość nie składa się z jednej ścieżki, lecz z wielu opcjonalnych wariantów. Nie są one jedynie ekstrapolacją obecnych procesów, lecz przyszłość złożona z wariantów będzie dopiero tworzona poprzez podejmowane i wdrażane decyzje.

W rozważaniach nad ewolucją metodyki foresight wyróżnia się trzy generacje:

1. Pierwsza generacja skupiała się na prognozowaniu technologii przez ekspertów, dotyczyła zagadnień nauki i techniki.
2. Druga generacja dołączyła do obszaru zainteresowań przemysł oraz rynek, uwzględniała również sektor usług i przemysłu w gospodarce.
3. Trzecia generacja wzbogaciła foresight o perspektywę społeczną oraz kwestie związane z rozwiązywaniem problemów społeczno-gospodarczych.

Formułowane cele przeprowadzenia badań foresightowych skupiały się wokół takich zagadnień, jak m.in.:

- Eksplorowanie przyszłych możliwości w celu ustalenia priorytetów inwestycji w działaniach naukowych, innowacyjnych, infrastrukturalnych, społecznych.
- Reorientacja systemu nauki, innowacji, wspierania subregionów. W takich przypadkach uprzednio postawiono diagnozę, że istniejący system nie odpowiada potrzebom. Foresight jest wówczas wykorzystywany jako narzędzie ustalania priorytetów, jak również do eksploracji nowych struktur instytucjonalnych.

- Demonstracja witalności systemu nauki oraz innowacji. Foresight pozwala ocenić zdolności nauki i przemysłu do realizacji celów rozwoju na różnym poziomie organizacyjno-administracyjnym.
- Wprowadzanie nowych uczestników debaty strategicznej. Foresight jest w tym wypadku instrumentem poszerzenia grona uczestników zaangażowanych w politykę kraju, regionu.
- Budowanie nowych sieci i powiązań między polami, sektorami i rynkami lub wokół danych problemów.

Początki foresightu technologicznego z lat siedemdziesiątych XX wieku (pierwsza generacja) prowadzonego w niewielkiej skali w latach osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych przekształciły się w narodowe i regionalne programy foresight, kierowane i kontrolowane przez Państwo bądź instytucje je reprezentujące. Intensyfikacji ulegał sektor B+R w dominujących gospodarkach, zaktywizowano międzynarodową wymianę naukową. Globalizacja technologii i kumulowanie doświadczeń doprowadziły do stworzenia globalnego zasobu wiedzy, umożliwiającego wykreowanie wielu innowacji technologicznych we własnym kraju [3].

Z opinii i doświadczeń badaczy foresightowych wynika, że foresight zawdzięcza swoje znaczenie doświadczeniom pionierskich badań prowadzonych w tym zakresie w Japonii, gdyż w latach osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych XX w. uwaga całego świata była skierowana na sukcesy gospodarki japońskiej. Szeroko dyskutowano wówczas źródła przyspieszenia w rozwoju tego fascynującego kraju. Niewątpliwie, jednym z czynników sukcesu gospodarczego Japonii było naukowe wyjaśnienie i implementacja procesu foresight w sposób programowy i powszechny [4]. Od 1971, mniej więcej w okresach pięcioletnich, władze Japonii realizowały narodowy program foresight, wydłużając tym samym o kolejne pięć lat wizję przyszłości, wprowadzając też instrumentarium wykonawcze. Celem tych działań było uzasadnienie i weryfikowanie decyzji związanych z narodową polityką technologiczną na podstawie identyfikacji kierunków strategicznych badań i wyselekcjonowanych kluczowych technologii zapewniających największe korzyści ekonomiczne i społeczne w danym okresie (według niektórych badaczy proces foresightu rozpoczął się w latach siedemdziesiątych w okresach pięcioletnich [5]). Programy te były solidnie umocowane instytucjonalnie i politycznie, należały zatem do trzeciej generacji foresightu. Organizacją odpowiedzialną za przeprowadzenie badań był NISTEP – National Institute of Science and Technology Policy (centrum badawcze zależne od Państwowej Agencji ds. Nauki i Technologii). Obecnie badania w zakresie foresightu prowadzone są w Japonii w sposób ciągły, m.in. przez JAIST – Japan Advanced Institute of Science and Technology. Doświadczenie Japonii w realizacji programów foresight i osiągnięte dzięki temu sukcesy wywołały niejako *boom* na realizację badań foresightowych w innych krajach oraz dostosowanie ich metodyki do potrzeb badań dla celów regionalnych, lokalnych [6] czy korporacyjnych, m.in. w USA, Australii, Francji, Włoszech, Niemczech.

Wielość możliwych kierunków ewolucji przyszłości wynika – po pierwsze – ze

zmian o charakterze stochastycznym otoczenia społeczno-gospodarczego, badawczo-technologicznego i wreszcie – fizycznego, zarówno w skali globalnej, jak i lokalnej. Po drugie – przyszłe procesy zależą od decyzji podejmowanych przez kierowników jednostek gospodarczych, polityków, konsumentów i wszelkich innych uczestników procesów społeczno-gospodarczych. Nie zawsze są to dające się przewidzieć decyzje racjonalne, co więcej, istotne zmiany procesów w gospodarce dają się przypisać działaniom o niskim stopniu racjonalności, tak jak część przyczyn niedawnego globalnego kryzysu finansowego, za którego początek uznaje się rok 2008.

Efektem umiejętności detekcji i właściwej interpretacji symptomów tych zmian jest zapewnienie konkurencyjności przedsiębiorstw i gospodarki oraz zdolności adaptacyjnej społeczeństwa w niepewnym i ryzykownym otoczeniu, jakim jest globalna gospodarka.

W związku z powyższym badania foresightowe nie mogą stanowić akcji jednorazowej, powinny być wpisane w strategię rozwojową danego kraju, regionu, korporacji, a ich wyniki winne być bazą dla tworzenia kolejnych strategii budowanych wg wizji społecznie akceptowanego wariantu przyszłości. Proces taki stanowi jedną z możliwości opisanie mechanizmu globalizacji.

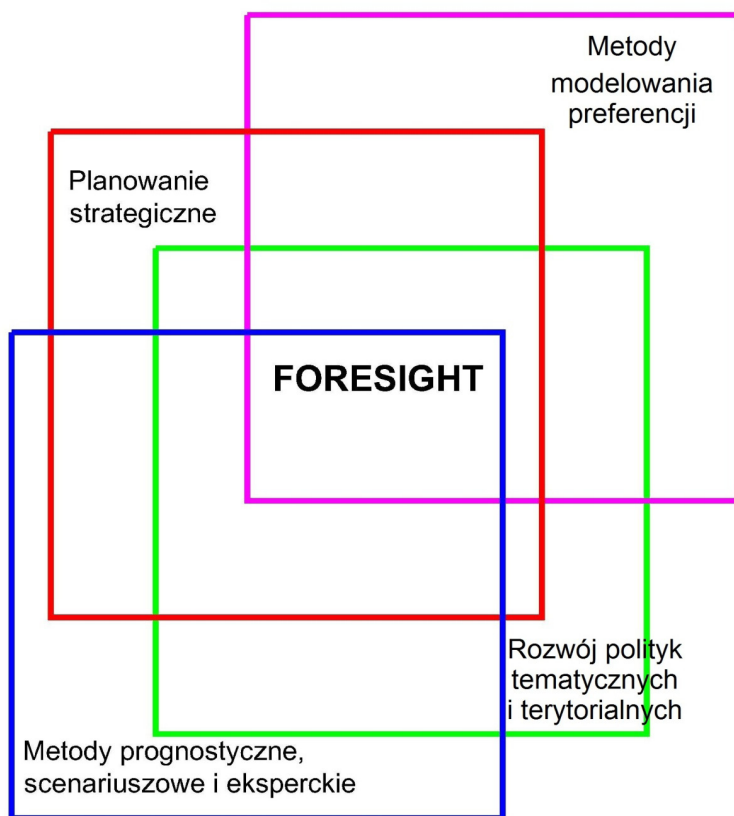
Doświadczenia wynikające z badań foresightowych wykazały konieczność zacieśnienia współdziałania nauki, gospodarki, samorządów i państwa w celu podwyższenia innowacyjności i konkurencyjności gospodarek, która to teza stała się podstawą tzw. programów ramowych UE. Na podstawie informacji płynących z implementacji wyników procesu foresight na poziomie narodowym można wnioskować, iż wywołał on nowe zjawiska:

- Konieczność zwiększenia zdolności jego wdrażania na niższych poziomach, regionalnych i lokalnych, a nawet w przedsiębiorstwach. Multidyscyplinarny charakter badań foresightowych lepiej sprawdza się w regionach, bowiem szybkość i elastyczność działania na poziomie regionalnym czy lokalnym zwiększa skuteczność mechanizmów wdrażania wyników foresightu, a tym samym lepsze wykorzystanie potencjału rozwojowego w danym obszarze.
- Dzięki badaniom foresightowym wykształca się zasób wysokiej jakości specjalistów gromadzących wiedzę i doświadczenia niezbędne do wypracowywania racjonalnych scenariuszy wizji rozwojowych w różnych uwarunkowaniach ekonomiczno- społecznych i politycznych.
- Dzięki badaniom foresightowym wykształca się i upowszechnia niezwykle istotna forma aktywności w procesie globalizacji, mianowicie partycypacja – demokratyzacja w miejscu działania. Oznacza ona szerokie zaangażowanie wszystkich uczestników, wzajemne uczenie się i na podstawie rzetelnej argumentacji merytorycznej uzyskiwanie akceptacji społecznej dla wyznaczonych kierunków rozwoju kraju, regionu, gminy, przedsiębiorstwa. Foresight sprzyja więc unijnym tendencjom do regionalizacji, przekazywania coraz większych uprawnień i odpowiedzialności na niższe poziomy gospodarki i społeczeństwa, co pozwala też na wprowadzanie skutecznych metod

zarządzania z zachowaniem podstawowej zasady rozwoju zrównoważonego.

- Foresight doskonale łączy reakcje trzech silnych tendencji ostatniej dekady mieszczące się w takich obszarach, jak: planowanie strategiczne, rozwój tematycznych polityk (np. innowacyjna, technologiczna, naukowa, regionalna) oraz rozwój nauk o przyszłości (*future studies*, rys. 1.1).

Wśród wskazanych trzech tendencji najczęściej kontrowersji budzą badania przyszłości i metody tu stosowane, a w związku z tym i *foresight*. Badania przyszłości w opinii W. Bell'a to nowe pole badań (choć ich początków poszukiwał autor już w XVI wieku), w którym stosuje się systematyczne i racjonalne myślenie o różnych, alternatywnych wizjach przyszłości [7].



Rys. 1.1. Schemat współzależności obszarów badawczych wpływających na foresight (Opracowanie własne Fundacji Progress & Business)

Proces foresight prowadzony może być na poziomach:

- ponadnarodowym (np. europejskim, OECD),
- narodowym,

- regionalnym i lokalnym,
- branżowym,
- przedsiębiorstwa (tzw. corporate foresight).

Foresight międzynarodowy obejmuje projekty zrzeszające co najmniej kilka regionów lub krajów. Łączą one przedstawicieli różnych krajów koncentrując się na propagowaniu efektywnych i bardziej adekwatnych regionalnych strategii rozwoju badań i technologii, poprzez ulepszenie procesów strategicznych w regionach partnerskich. W długim okresie powinno to doprowadzić do zwiększenia inwestycji na badania i rozwój poprzez większą orientację na potrzeby publicznych polityk rozwoju badań i technologii oraz inwestycji. Takie podejście stosuje się głównie w UE, dlatego wyodrębnia się foresight europejski. Przykładami realizacji foresightu prowadzonego przy współpracy lub z inicjatywy Unii Europejskiej mogą być m.in. projekty: „*The Foresight Laboratory of Europe*” [8] zrzeszający przedstawicieli Niemiec (inno AG i Kultusministerium des Landes Mecklenburg-Vorpommern), Włoch (ASTER Scienza Tecnologia Impresa - S. cons. p.a.), Szwecji (Dahmén Institute i Region Skaringe) i Polski (Fundacja Forum GRYF) (por. Sprawozdanie z realizacji projektu *The Foresight Laboratory of Europe*). Celem podstawowym tego rodzaju badań jest wypracowanie instrumentów wyrównywania poziomu rozwoju nauki i technologii, a poprzez ich implementację w gospodarce wyrównywanie poziomu konkurencyjności krajów partnerskich w skali międzynarodowej. Jest to więc typowe działanie na rzecz łagodzenia nierówności w krajach i regionach partnerskich. Metodyka foresightu pomaga także w tworzeniu i utrzymywaniu foresightu społecznego w skali międzynarodowej. Czyni to za pomocą:

- asystowania przy wzroście i rozwoju nauk dotyczących przyszłości, foresight stosowany, organizacyjny i nowe metodologie rozwoju społecznego,
- komunikowania i szerokiej współpracy zwłaszcza z innymi organizacjami prowadzącymi podobne studia dotyczących przyszłości, takimi jak np. sieć ETEPS,
- rozwoju i rozpowszechniania różnych zasobów, produktów i usług wysokiej jakości.

Zaangażowany w ten proces Instytut Integralny założony przez Kennetha Earla Wilbera w Denver kontynuuje rozwój metodyki foresightu i stosuje opracowane tam tzw. metody integralne w wielu dziedzinach, takich jak gospodarka, administracja, edukacja czy sektor organizacji pozarządowych.

Foresight narodowy obejmuje narodowe projekty foresightowe, czyli inicjatywy zrzeszające specjalistów i organizacje o różnym profilu, posiadających kompetencje w wyznaczaniu kierunków zrównoważonego rozwoju danej gospodarki, w celu określenia wspólnej wizji przyszłych osiągnięć ekonomicznych, społecznych i politycznych w skali ogólnonarodowej. Wyniki foresightu narodowego powinny stanowić inspirację i ramy dla projektów regionalnych i lokalnych. Zaleca się, by w projekcie uczestniczyli odpowiedzialni urzędnicy administracji szczebla centralnego, lokalnego i naukowego

oraz przedsiębiorcy i ich reprezentanci instytucjonalni z różnych gałęzi gospodarki. Ich uczestnictwo ma przyczynić się do zapewnienia wysokiej jakości, a następnie wdrożenia rezultatów z foresightu.

Foresight regionalny polega na budowaniu wizji rozwoju w ograniczonej terytorialnie przestrzeni. Foresight może być wykorzystany w wielu różnorodnych obszarach rozwoju danego regionu: naukowym, przemysłowym, demograficznym, społecznym, politycznym oraz kulturalnym. Największym atutem foresightu regionalnego jest duża, zarówno praktyczna, jak i teoretyczna wiedza uczestników projektu o sytuacji w regionie, jego potencjale, konfliktach, barierach ekonomicznych czy instytucjonalnych. Skala tej wiedzy rośnie w przestrzeni lokalnej (miasta, gminy). W regionach łatwiejsze są do rozpoznania determinanty zachowań ludzkich i osiąganie konsensusu. Oczywiście, foresight regionalny nie może być konstruowany całkowicie w oderwaniu od projektów narodowych. Czynniki makroekonomiczne stanowią bowiem otoczenie dla regionów. Najważniejsze korzyści płynące z realizacji projektów foresightu regionalnego i lokalnego to:

- tworzenie warunków dla zrównoważonego rozwoju,
- budowa regionalnych lub lokalnych sieci powiązań mających na celu rozwój interakcji pomiędzy głównymi czynnikami społeczno-ekonomicznymi,
- promowanie konkurencyjności regionu,
- identyfikacja priorytetowych celów inwestycyjnych, akceptowanych społecznie,
- określenie wyzwań, szans i zagrożeń dla regionu, dostarczając tym samym konkretnej wiedzy dla decydentów polityki regionalnej (por. np. Portal Innowacji [9]).

Foresight branżowy, coraz bardziej popularny, stanowi klucz do rozwoju danego rodzaju biznesu. Obejmuje projekty ukierunkowane na stworzenie systematycznej wizji rozwoju danego sektora, mając na celu m.in. wyznaczenie kluczowych czynników dla rozwoju wybranej branży. Innym powodem tworzenia tego typu projektów może być potrzeba restrukturyzacji branż, które ze względu na rodzaj stosowanych technologii są zagrożone przez możliwość niedostosowania do przyszłych norm polityki środowiskowej UE. Przykładem tego rodzaju projektów może być polski sektor chemii nieorganicznej i niniejszy projekt pt. „Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – foresight technologiczny”, realizowany od stycznia 2010 r. Projekty tego rodzaju wskazują na zagrożenia rozwojowe wynikające z niedostosowania technologii i struktury organizacyjnej do przyszłych norm *acquis communautaire* i konkurencji światowej. Wyniki takich projektów dostarczają niezbędnych informacji do budowania strategii dalszego rozwoju pozwalającej na wdrożenie mechanizmów dostosowawczych i zachowanie lub odzyskanie konkurencyjności. Zaniechanie podjęcia tego wyzwania oznacza obniżanie się pozycji danej branży na rynku światowym lub krajowym.

Foresight przedsiębiorstw (korporacyjny) [10] jest szczególnie ważny z punktu widzenia niniejszego projektu, gdyż rezultaty projektu realizowanego w skali ogólnopolskiej i poświęconego zagadnieniom dotyczącym całego sektora chemii

nieorganicznej powinny być wykorzystane także w skali pojedynczego przedsiębiorstwa czy ich grupy. Chociaż foresight korporacyjny (*corporate foresight*) nie jest jeszcze w Polsce zbyt popularny, to jednak w rozwiniętych krajach OECD upowszechnienie badań foresightowych wkroczyło także do przedsiębiorstw. Jego metodyka jest stosunkowo najmniej znana spośród foresightów opisanych w literaturze. Foresight korporacyjny polega na systematycznym, partycypacyjnym budowaniu wizji przedsiębiorstwa oraz określeniu kluczowych czynników istotnych w długofalowej strategii jego rozwoju. Foresight korporacyjny to również proces komunikacyjny, który wytycza strategiczne kierunki działania przedsiębiorstwa oraz określa wyzwania przyszłości w zakresie innowacji. Jego realizacja wymaga od przedsiębiorstwa systematycznego gromadzenia danych z przeprowadzanych badań prognostycznych i wzajemnej współpracy zaangażowanych jednostek i podmiotów w przedsiębiorstwie. W wyniku tych działań powstaje obraz przyszłości przedsiębiorstwa i jego otoczenia, składający się z obszernej ilości informacji na temat gospodarki, technologii, rynków, klientów i społeczeństwa, który pozwala przygotować przedsiębiorstwu strategiczne decyzje oraz zapewnia długofalową przewagę konkurencyjną. Oczywiście, przedsiębiorstwo w określaniu przyszłego rozwoju ma do dyspozycji szerokie spektrum teorii mieszczącej się w zakresie zarządzania strategicznego. Niemniej, dotykające go niepowodzenia, szczególnie w sytuacjach kryzysowych wymagają ciągłego poszukiwania i tworzenia relatywnie bezpieczniejszych koncepcji przyszłego rozwoju. Dlatego kwestia odpowiedzi na pytanie: w jaki sposób przedsiębiorstwo kształtuje swoją przyszłość? – pozostaje wciąż otwarta na nowe rozwiązania. Przedsiębiorstwa powinny interesować się nowymi obszarami tematycznymi, możliwościami, spekulacjami, innowacyjnymi pomysłami i wizjami, które pozwalają rozwijać w przedsiębiorstwie przestrzeń postrzegania i myślenia o przyszłości. Foresight korporacyjny z całą pewnością wymaga rozbudzenia kreatywności w przedsiębiorstwie, ale i sam jest narzędziem służącym do tego celu.

Foresight korporacyjny stanowi zbiór wielu elementów, których integracja umożliwia przedsiębiorstwu osiągnięcie takich celów, jak:

- Identyfikacja istotnych trendów w otoczeniu. Sprzyja ona redukcji stopnia ryzyka i niepewności w wykonywanych przedsięwzięciach oraz umożliwia eliminację tych obrazów przyszłości, które są niewłaściwe dla przedsiębiorstwa. W ramach tychże badań są przeprowadzane działania poznawcze w celu oceny rozwoju otoczenia z różnych punktów widzenia niż dotychczas funkcjonujące w danym przedsiębiorstwie.
- Wyznaczenie nieznanych dotąd koncepcji rozwoju przedsiębiorstwa oraz jego możliwości technologicznych, które mogą jednocześnie wpływać na rozwój społeczny i gospodarczy.
- Skierowanie uwagi przedsiębiorstwa na przyszłe wyzwania i uświadomienie, jakie problemy powinny być obecnie badane.
- Przygotowanie decyzji strategicznych, które wykorzystuje się przy inicjacji konkretnych projektów.

Oczywiście, nie może istnieć jeden proces badawczy typu foresight korporacyjny, bowiem każde przedsiębiorstwo charakteryzuje się indywidualnymi cechami, zależnymi od warunków, przedmiotu działania, a przede wszystkim od zaangażowanych w nim ludzi. Każdy foresight korporacyjny jest więc indywidualnym badaniem podporządkowanym wymaganiom danego przedsiębiorstwa.

Oprócz wskazanych wyżej poziomów badań foresightowych, jego rodzaje wynikają z wielu specyficznych kryteriów umożliwiających bogatą selekcję podejść do badań foresightowych. Taksonomia foresightu przedstawiona jest w tabeli 1.1.

W niniejszym rozdziale koncentrujemy się na problemach zastosowania wyników foresightu branżowego oraz zorientowanego technologicznie foresightu regionalnego w praktyce przedsiębiorstw, zwłaszcza z branży chemicznej. W tym wypadku znajomość przyszłych alternatyw rozwojowych ma na celu ustalenie priorytetów inwestycji w działaniach naukowych, innowacyjnych, marketingowych, infrastrukturalnych, społecznych, a także kształtowanie polityki korporacyjnej, dzięki znajomości synergii społeczno-gospodarczo-politycznych, ekologiczno-technologicznych i badawczych.

Tabela 1.1. Taksonomia projektów foresightowych

Klasyfikacja badań prowadzonych metodą foresight			
Podział podmiotowy: <ul style="list-style-type: none"> • terytorialny (od grupy państw do gminy), • branżowy, • korporacyjny, • ogólnospołeczny (narodowy) • grup społecznych, • konsumencki • na rzecz organizacji prowadzącej. 	Podział przedmiotowy: <ul style="list-style-type: none"> • technologiczny, • społeczny, • procesów ekonomicznych, • ekologiczny • rozwoju jednostek terytorialnych, • hybrydowy (łączy dwa lub więcej aspektów). 	Kryterium terytorialne: <ul style="list-style-type: none"> • globalny, • ponadnarodowy, • narodowy, • ponadregionalny, • regionalny, • metropolitalny, • lokalny, • bez odniesienia do terytorium. 	Kryterium horyzontu przewidywania: <ul style="list-style-type: none"> • krótkoterminowy (do 10 lat), • średnioterminowy (11-20 lat), • długoterminowy (powyżej 20 lat), • o bardzo długim horyzoncie czasowym (>50 lat).
Ze względu na rodzaj organizacji prowadzącej: <ul style="list-style-type: none"> • organizacji międzynarodowych, • rządowy, • samorządowy, • niezależnych instytucji doradczych, • instytucji finansowej, • organizacji przedsiębiorców, • instytucji naukowych, • przedsiębiorstwa, • NGO. 	Ze względu na dominujące metody: <ul style="list-style-type: none"> • oparty głównie na metodach ilościowych, • oparty głównie na metodach jakościowych, • oparty głównie na komunikacji internetowej, • oparty na metodach eksploracyjnych, • zorientowany na planowanie (korzysta z metod normatywnych), • łączący wykorzystanie metod różnego rodzaju. 	Ze względu na główne rezultaty: <ul style="list-style-type: none"> • rekomendacje dla tworzenia polityki rozwoju, • priorytety strategiczne i technologiczne (w tym technologie kluczowe), • trendy, prognozy warunkowe i scenariusze, • ogólna wiedza o przyszłości, • budowa konsensusu i rozwój komunikacji społecznej. 	Ze względu na cele inicjatora badań: <ul style="list-style-type: none"> • uzyskanie wiarygodnych wyników metodami naukowymi, • spełnienie wymagań formalnych lub prawnych, • popularyzacja zagadnienia, strategii lub polityki wśród społeczeństwa, przygotowanie do zmian, • wykorzystanie zdobytych środków finansowych na badania.

Ze względu na zakres badań:	Ze względu na sposób upowszechnienia wyników:	Ze względu na sposób organizacji badań:	Ze względu na sposób postrzegania foresightu:
<ul style="list-style-type: none"> • holistyczny, • kilku grup zagadnień (np. technologii), • grupy zagadnień, • pojedynczego problemu, • jako element obszerniejszego programu badawczego. 	<ul style="list-style-type: none"> • wyniki dostępne tylko dla inicjatora badań, • wyniki dostępne na zasadach komercyjnych, • wyniki dostępne nieodpłatnie dla pewnej grupy beneficjentów, • wyniki publikowane i powszechnie dostępne (f. otwarty). 	<ul style="list-style-type: none"> • oparty na badania szerokich grup społecznych, • ekspercki, • bazujący na wykorzystaniu istniejących zasobów wiedzy, • eksplorujący dynamikę sieci www. 	<ul style="list-style-type: none"> • jako proces, • rezultaty foresightu są traktowane jako produkt, • jako tworzenie potencjału wiedzy, • jako rodzaj badań ankietowych, • jako dziedzina nauki.

Źródło: P&BF

1.1.2. Prognozowanie technologiczne a metody *foresightu*

Prognozowanie technologiczne definiuje się, jako proces przewidywania przyszłych właściwości i okresu pojawienia się nowych technologii [11]. Początki foresightu technologicznego sięgają połowy lat trzydziestych poprzedniego wieku, a intensywne upowszechnienie przypadło na przełom lat 50-tych oraz 60-tych XX wieku. Pierwsze systematyczne badania związane z prognozami technologicznymi prowadzone były w Stanach Zjednoczonych, będąc bardzo mocno umocowane w sektorze militarnym. Największą popularność zdobyła tzw. metoda delficka opracowana przez Rand Corporation [12]. Podstawę dla większości prognoz dokonywanych w następnych latach stanowił raport R. Lenza [13], głównego planisty Sił Lotniczych Stanów Zjednoczonych na temat prognozowania technologicznego, a także monografia R. Ayres'a [14], podkreślająca znaczenie planowania długookresowego. Granice czasowe między klasycznym prognozowaniem technologicznym a procesami badawczymi typu *foresight* są nieostre, gdyż podczas pierwszych prób jego zastosowania w latach 70-tych XX wieku nie stosowano jeszcze tego określenia. Chociaż foresight wyróżnił się z prognozowania technologicznego, nie jest z nim jednak tożsamy, pomimo podobieństwa w zakresie stosowanych metod. Metody ilościowe, takie jak prognozowanie oparte o ekstrapolację szeregów czasowych, są przydatne przy zastosowaniu i weryfikacji związków kauzalnych dla zjawisk opisanych przy pomocy danych liczbowych, natomiast w odniesieniu do procesów jakościowych ich znaczenie maleje. Istotną cechą odróżniającą foresight od prognozowania jest ilość wizji przyszłości. Prognozowanie przyjmuje raczej formę pasywną, opisową, badając i analizując naukowo opracowaną ścieżkę przyszłości w oparciu o ekstrapolację danych z przeszłości i chwili obecnej. Tymczasem foresight ma charakter aktywny, sprawdza, jakie decyzje i czynniki zewnętrzne mogą prowadzić do określonych następstw i jakie opcje wyboru działania doprowadzą do alternatywnych scenariuszy rozwoju przyszłości.

Foresight technologiczny zdefiniować można zatem jako *systematyczny proces generowania alternatywnych właściwości znanych obecnie i pojawiających się w przyszłości technologii, ścieżek ich ewolucji i potencjalnego oddziaływania tych*

technologii na zmiany społeczno-gospodarcze w przyszłości.

Oprócz terminu foresight obecnie używa się też określenia *technology futures analysis*, które obejmuje zarówno szeroko rozumiany *foresight* technologiczny i badania oceniające (*assessment studies*), a także klasyczne prognozowanie technologiczne, i badania wywiadowcze (*intelligence studies*) w sektorze prywatnym. W procesach *foresightu* zawsze widzieć należy elementy oddające złożoność i niepewność przyszłych zdarzeń [15].

1.2. Metody badań foresightowych

Metody foresightu dzieli się na heurystyczne, ilościowe, eksperckie i jakościowe. Poniżej przedstawiamy kilka najbardziej charakterystycznych metod foresightu technologicznego, które mogą być zastosowane w niniejszym projekcie.

1.2.1. Metody heurystyczne

Określane jako metody twórczego rozwiązywania problemów. Są one stosowane między innymi w procesie podejmowania decyzji oraz prognozowaniu (choć głównie proponowane są jako metody prognozowania) [16]. W istocie chodzi tu o metody oparte na wydobywaniu eksperckiej wiedzy w celu rozwoju długoterminowych strategii. W foresighcie są one przydatne dlatego, gdyż wykazują, że nie zawsze w wyniku badania przeszłości możemy przewidzieć przyszłość. Prognozowanie heurystyczne to przewidywanie nowych obrazów rzeczywistości niekoniecznie dających się opisać za pomocą analizy przeszłości. Określa się to prognozowanie również jako intuicyjne, gdyż opiera się ono na wyobraźni i zdrowym rozsądku. Można je wiązać nie tylko z interdyscyplinarną wiedzą i umiejętnościami praktycznymi łączącymi się z twórczym rozwiązaniem zadań, ale też z metodą myślenia różną od algorytmu. Co prawda, zaletą algorytmów jest ich ścisłość i niezależność od subiektywnych sądów czy cech stosującego je człowieka, jednak wielu ważnych zadań nie da się za ich pomocą rozwiązać ze względu na niewielkie możliwości opracowania skutecznych algorytmów. Istotą metod heurystycznych jest dochodzenie do nowych rozwiązań przez formułowanie hipotez wynikających z opinii ekspertów opartych na intuicji i doświadczeniu. Zatem niezmiernie ważnym elementem badania jest właściwy dobór ekspertów ze względu na ich osobowość, wiedzę i szerokie horyzonty myślenia.

Do grupy **metod heurystycznych** (zwanych też jakościowymi) należą: burza mózgów oraz **metoda delficka**. Ta ostatnia jest najczęściej stosowaną metodą badań typu foresight [12, 17]. Polega ona na przeprowadzeniu kilkukrotnego ankietowania grupy ekspertów, którzy nie mogą się ze sobą w tej sprawie konsultować. Eksperti powinni posiadać dużą wiedzę merytoryczną i doświadczenie w tematyce będącej przedmiotem ankiet, ale jednocześnie także szeroki ogłód i doświadczenia w zakresie „oddziaływania” badanej dziedziny na szeroko rozumiane otoczenie. Każdy z nich merytorycznie uzasadnia przedstawione wyniki. Po zebraniu wyników i przeprowadzeniu ich analizy, prowadzący projekt przygotowuje kolejną wersję ankiety – zawężającą i uściślającą

obszar działania i rozsyła ją ponownie do tych samych ekspertów. Z doświadczenia prowadzonych badań wynika, iż cykl ten jest powtarzany kilkakrotnie, aż do wypracowania pewnego konsensusu pomiędzy ekspertami. Metoda delficka polega zwykle na badaniu opinii ekspertów dotyczących prawdopodobieństwa lub czasu zajścia przyszłych zdarzeń. Wyniki otrzymane w metodzie delfickiej mogą służyć do dalszych badań heurystycznych w celu zbudowania macierzy wpływów bezpośrednich określanych na podstawie wiedzy eksperckiej, mogą też być wykorzystane w krzyżowej analizie wpływów (*cross-impact analysis*, por. rozdz. 4, gdzie metoda ta zwana jest analizą strukturalną trendów (AST)), czy bezpośrednio do budowy scenariuszy. Przykład macierzy wpływów bezpośrednich powstałej w wyniku badania delfickiego zaprezentowany został na rys. 1.2. Wyniki analiz delfickich są często materiałem wstępnym do **badania panelowych**, które są rozwinięciem tej analizy w fazie dyskusji tzw. „paneli eksperckich”.

Obszerne wprowadzenie do metody delfickiej w zastosowaniu do foresightu odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego zawarte jest w rozdziale 2 (część II) niniejszego opracowania.

	1 : kadra	2 : wiedzaZRP	3 : nowe tech	4 : możl tech	5 : poten bad	6 : koszty rea	7 : popyt zm	8 : koszty śr	9 : normy śr	10 : wiedza_sku	11 : reg_praw ne	12 : ins_ek-fin	13 : polit plan	14 : akept społ	15 : media
1 : kadra	0	3	3	2	3	2	1	2	1	2	1	2	2	1	1
2 : wiedzaZRP	3	0	2	2	2	1	1	2	1	2	1	1	2	2	1
3 : nowe tech	2	3	0	3	3	2	2	2	1	2	1	1	2	1	1
4 : możl tech	2	2	2	0	2	2	2	2	1	1	1	1	2	1	1
5 : poten bad	3	3	3	2	0	2	1	2	1	2	1	1	2	1	1
6 : koszty rea	2	2	2	2	2	0	2	2	1	1	1	2	1	2	1
7 : popyt zm	2	2	2	2	2	2	0	2	2	1	2	2	1	2	1
8 : koszty śr	2	2	2	2	1	3	2	0	3	2	2	2	1	2	1
9 : normy śr	1	1	1	2	1	2	2	2	0	2	3	2	1	1	1
10 : wiedza_sku	2	2	1	2	2	1	1	2	2	0	2	2	2	2	2
11 : reg_praw ne	1	1	1	1	2	2	2	2	3	2	0	2	2	1	1
12 : ins_ek-fin	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	0	1	1	1
13 : polit plan	2	2	2	1	2	1	1	1	1	2	2	2	0	1	1
14 : akept społ	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	1	1	0	2
15 : media	1	2	1	0	1	1	1	1	1	2	1	0	1	3	0

© LIPSOR-EPTA-MICMAC

Rys. 1.2. Przykład macierzy wpływów bezpośrednich [18]

Dyskusje panelowe mogą być połączone z tzw. **burzą mózgów** (brainstorming), która traktowana jest jako pomocnicza wobec metody delfickiej. Burza mózgów polega na stymulowaniu jak największej ilości pomysłów mających na celu rozwiązanie zadania prognostycznego, przy czym faza tworzenia oddzielona jest od fazy oceny pomysłów. Takie podejście pobudza do tworzenia idei i pomysłów niekonwencjonalnych

i nowatorskich. Uczestnicy burzy mózgów mogą łączyć oraz doskonalić pomysły innych uczestników. Pomysły są własnością grupy, ich selekcja dokonywana jest w wyniku konsensusu lub metody wielokryterialnej oceny.

Metoda warsztatów modyfikowanych [18] – jest zestawieniem trzech form warsztatów, których celem jest zaplanowanie scenariuszy. Poszczególne warsztaty są oznaczone literami A, B, C i w tej kolejności są organizowane. Warsztaty typu A są to organizowane poza siedzibą firmy spotkania z decydentami przedsiębiorstwa celem określenia długookresowych planów biznesowych ze szczególnym zwróceniem uwagi na takie aspekty jak cechy produktów, czy strategia marketingowa. Technika ta pozwala na określenie przyszłych uwarunkowań sukcesu. Kolejną formą warsztatów są tzw. warsztaty typu B. W tym przypadku zaproszonych do udziału jest ok. 10 uczestników (również decydentów) z kilku nie konkurujących ze sobą firm, umożliwiając wymianę i porównanie swoich doświadczeń biznesowych w oparciu o specyficzne lub specjalistyczne umiejętności, jakie są wykorzystywane w ich firmach. Trzecim typem warsztatów są tzw. warsztaty typu C, opierające się podobnie jak poprzednie na pracy z grupą decydentów. W tym przypadku uczestnikami są osoby z wielu firm uczestniczące w dwuetapowym spotkaniu. Podczas pierwszego jest budowany standardowy scenariusz rozwoju wybranego obszaru funkcjonowania firmy. Następnie każda firma wypełnia macierz oddziaływania porównując założenia przyjęte do wcześniejszego scenariusza z własnym potencjałem w firmie. W trakcie drugiego etapu przedstawiciele firm spotykają się we wspólnym gronie wymieniając się spostrzeżeniami i ustalane są planowane działania w firmach. Jest to metoda bardzo przydatna w foresighcie korporacyjnym, łączy wyraźnie etap wdrożenia rezultatów z etapem badań, pozwala na wymianę doświadczeń między przedsiębiorstwami, podjęcie decyzji o współpracy w danych dziedzinach, wspólnych akcjach rynkowych itp.

Analiza SWOTC – zorientowane praktycznie rozszerzenie [19] powszechnie znanej metody SWOT, wprowadzone i zastosowane po raz pierwszy w projekcie finansowanym ze środków 5. Programu Ramowego UE FISTERA (*Foresight of the Information Society in European Research Area*), jest podstawą tworzenia każdej koncepcji strategicznej, pozwala także na diagnozę stanu. Jest analizą słabych i mocnych stron oraz szans, zagrożeń i wyzwań (ang. Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats, Challenges analysis). Jako czynniki egzogenne wyróżnia się w niej, obok możliwości i zagrożeń, także działające w przyszłości wyzwania, które mogą przekształcić się zarówno w możliwości jak i w zagrożenia, w zależności od podejmowanych decyzji lub zdarzeń niezależnych od decydenta. Pozwala ona jednak na poszerzenie możliwości zależnych od właściwego podejmowania decyzji czy dobrego rozpoznania i monitorowania warunków otoczenia i jest szczególnie przydatna w foresightcie korporacyjnym, gdzie istota metody sprowadza się do wskazania stanu przedsiębiorstwa oraz określenia, jak na jego rozwój wpływają czynniki zewnętrzne (otoczenie) i wewnętrzne (potencjał własny). Słabe i mocne strony określane są w odniesieniu do czynników wewnętrznych, natomiast szanse i zagrożenia mają źródła poza badanym obszarem. Analiza SWOT

lub SWOTC często stanowi podstawowy materiał do budowania strategii rozwoju, czy strategii konkurencji.

Metoda SWOTC jest oparta na prostym schemacie klasyfikacji: wszystkie czynniki mające wpływ na bieżącą i przyszłą pozycję organizacji dzieli się na:

- wewnętrzne pozytywne – mocne strony (S),
- wewnętrzne negatywne – słabe strony (W),
- zewnętrzne pozytywne – szanse (O),
- zewnętrzne negatywne – zagrożenia (T),
- czynniki przyszłe, mogące przekształcić się w szanse lub zagrożenia – wyzwania (C).

W swojej najprostszej postaci metoda SWOTC polega na wypełnianiu przez ekspertów pięciopolowej tabeli, zawierającej wypunktowane siły, słabości oraz szanse, zagrożenia i wyzwania. Inny wariant metody – TCOWS, gdzie silne i słabe strony tworzą jedną oś układu współrzędnych, a zagrożenia, wyzwania i szanse – drugą, pozwala na określenie rodzaju związków pomiędzy silnymi i słabymi stronami – jako czynnikami obecnymi, na zidentyfikowane czynniki przyszłe. Metoda SWOTC pozwala łatwo przejść od etapu analizy do etapu planowania strategicznego, a wyróżnienie czynników niezależnych od poziomu organizacyjnego badań wskazuje na warunki brzegowe, które trzeba brać pod uwagę przy projektowaniu wizji rozwoju. Z analizy SWOTC można też wywnioskować, w jakim stopniu wyzwania mogą stać się słabą stroną, zagrożeniem, czy może szansą. Więcej informacji o analizie SWOTC znajduje się w rozdziale 3 (część II) niniejszego opracowania.

Analiza PEEST (lub **STEEP**, występująca także uproszczonym wariacie jako **PEST**) jest typową metodą z dziedziny zarządzania strategicznego (Narodowy Program Foresight [20]). Jest to metoda analizy otoczenia zewnętrznego, które dotyczy wszystkich jednostek zarządu terytorialnego. Akronim PEEST oznacza czynniki Polityczno – Ekonomiczno – Ekologiczno – Społeczno – Technologiczne badanego otoczenia. Te zewnętrzne czynniki najczęściej są poza kontrolą firm i czasami stanowią dla nich zagrożenie. Analiza PEST jest jedną z częściej stosowanych metod w procesie podejmowania decyzji, w tym ustalania wytycznych w zakresie rozdziału środków z Funduszy Strukturalnych. Umożliwia ona określenie potencjału obszaru, np. wskazując wzrost lub spadek, właściwość i atrakcyjność rynku oraz jego trwałość (stosowane zarówno w NPF: Polska 2020, jak i w projekcie „Foresight kadr nowoczesnej gospodarki”).

1.2.2. Metody ilościowe foresightu

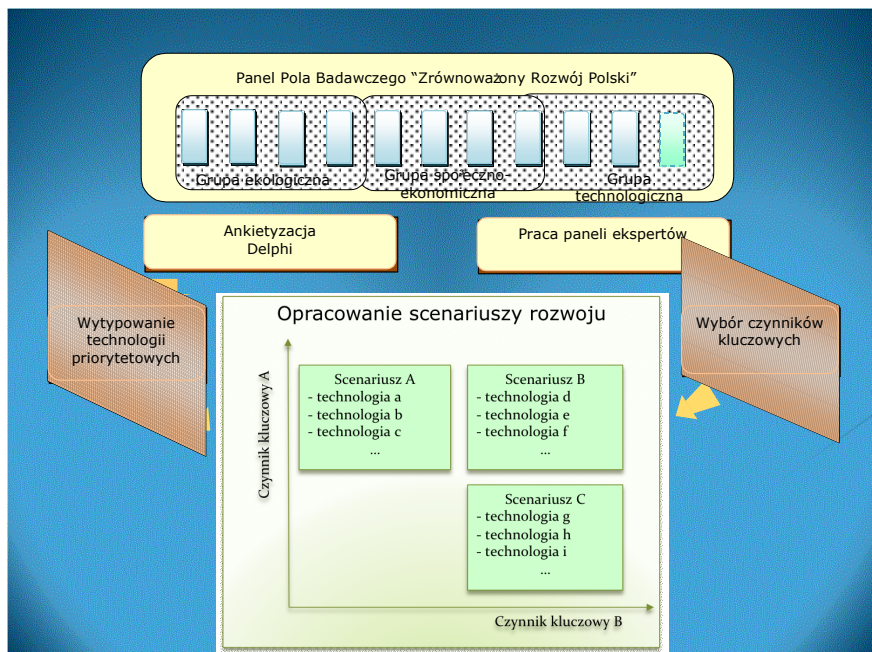
Do ilościowych metod foresightu zalicza się analizę trendów, polegającą na identyfikowaniu i opisie ilościowym kluczowych trendów, mających istotny wpływ na warunki funkcjonowania przedsiębiorstwa (branży, regionu, kraju) w najbliższej przyszłości. Dzięki badaniu trendów można zgromadzić wiedzę o zagrożeniach i wyzwaniach, ale także szansach które stoją przed firmą (branżą, krajem, regionem). Specyficznymi metodami analizy

trendów stosowanymi w foresightcie są metody badania wpływu zdarzeń na trendy (*trend-impact analysis*) oraz analiza wzajemnych wpływów trendów na siebie, zwana też czasem krzyżową analizą wpływów (*cross-impact analysis*). Ta ostatnia metoda w uproszczony sposób określa siłę i kierunek wzajemnego oddziaływania trendów, bez badania przyczyn i charakteru tych oddziaływań. Krytyka uproszczeń tej analizy, która jednak może być pomocna w przypadku braku danych niezbędnych do budowy kompletnego modelu zjawisk oddziaływania trendów na siebie, podana jest w rozdziale 5 monografii Linstone'a i Turoffa [12].

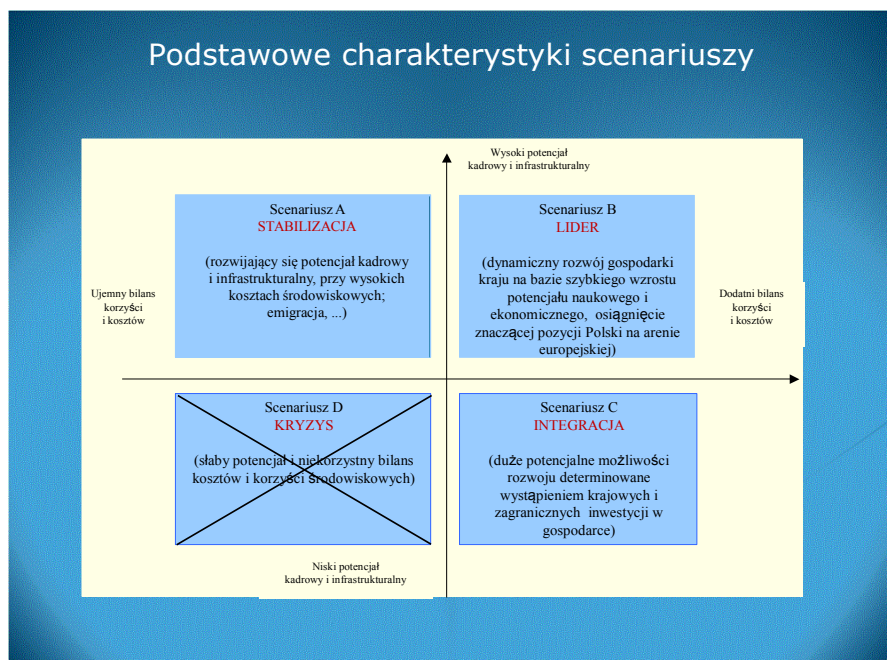
Budowa scenariuszy na potrzeby foresightu jest zarazem sposobem eksploracji przyszłości i polem zastosowania wiedzy zdobytej we wcześniejszych etapach procesu foresight, jak i narzędziem wspomagania decyzji strategicznych ukazującym możliwe wybory i ich potencjalne konsekwencje. Termin scenariusz w kontekście studiów perspektywicznych został wprowadzony przez H. Kahna w latach 50-tych XX w. [21] w stosunku do aspektów polityki publicznej, zagranicznej i obrony badań wojskowych i strategicznych prowadzonych przez Rand Corporation. Wg autora polega ona na opisie zdarzeń i wskazaniu ich logicznego i spójnego następstwa w celu ustalenia, w jaki sposób, krok po kroku, rozwijać się będzie obiekt (system) – np. przedsiębiorstwo, społeczeństwo, gospodarka, przemysł energetyczny, środowisko naturalne i dlaczego. Przyjmuje się przy tym pewien punkt wyjścia, którym może być np. stan obecny. W metodzie kładzie się nacisk na te zdarzenia, które mogą stanowić punkt bifurkacji dla alternatywnego ciągu zdarzeń. W rezultacie stosowania tej metody otrzymujemy zbiór możliwych obrazów przyszłości tworzących z reguły 3 do 5 scenariuszy bazowych. Scenariusz jest więc układem zdarzeń powiązanych w logiczną, chronologiczną sekwencję. Rozpatruje się te zdarzenia, które mogą wystąpić i które są istotne dla wybranego obiektu, dla którego budujemy scenariusz, odnoszą się do określonego czasu, są ze sobą powiązane za pomocą różnego rodzaju relacji w taki sposób, że aproksymacja całego układu zdarzeń może być otrzymana na podstawie hipotez wyciągniętych z tych relacji. Scenariusze mogą powstawać na podstawie prac podczas spotkań roboczych lub paneli ekspertów, na podstawie wyników badań (np. metodą delficką) albo też na podstawie wiedzy uczestników paneli. Scenariusze bazowe w badaniach foresightowych mogą też być wyznaczane poprzez klasteryzację scenariuszy elementarnych, tj. łańcuchów spodziewanych przyszłych zdarzeń połączonych związkami przyczynowo-skutkowymi ze sobą oraz z zewnętrznymi (niezależnymi od decydenta) zdarzeniami [22].

Scenariusze opracowane w Programie Foresight „Polska 2020” wskazywały technologie priorytetowe dla Polski wg schematu przedstawionego na rysunku 1.3. Scenariusze były powiązane z przyjęciem konkretnych strategii rozwoju, a konsekwencje przyjęcia każdej ze strategii przedstawione są na rysunku 1.4. Warto dodać, że scenariusz D – „Kryzys” został odrzucony przed rozpoczęciem szczegółowej analizy scenariuszy, pomimo symptomów rozpoczynającego się kryzysu finansowego.

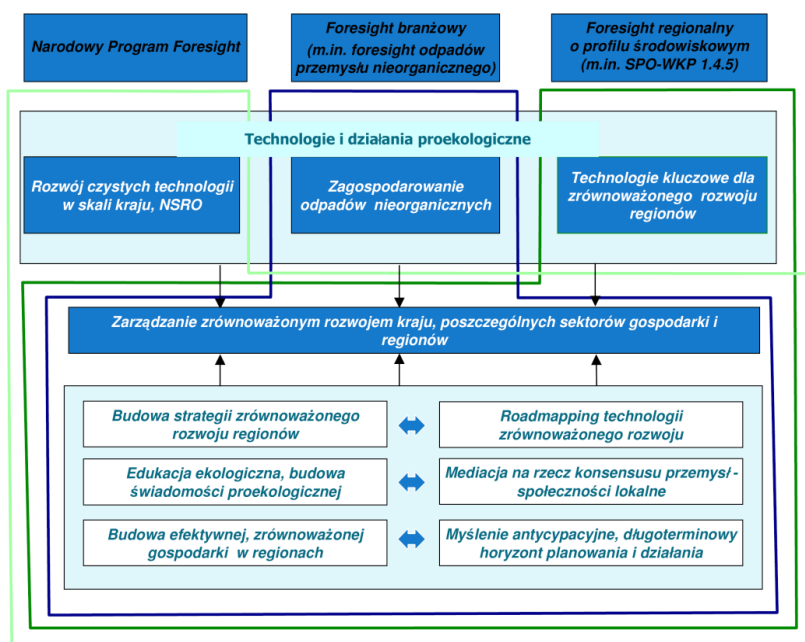
Na kolejnym rysunku 1.5 przedstawiliśmy sposób wykorzystania rezultatów foresightu na różnych poziomach do planowania i wdrażania polityki zrównoważonego rozwoju.



Rys. 1.3. Schemat budowy scenariuszy w Programie Polska 2020 [20]



Rys. 1.4. Scenariusze dla Polski wg kryterium technologii kluczowych [23]



Rys. 1.5. Wykorzystanie wyników foresightu do zarządzania rozwojem zrównoważonym na różnych poziomach decyzyjnych

Zastosowaniom analizy scenariuszy w foresighcie odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego poświęcony jest rozdział 4 (część II) niniejszego opracowania.

Drzewo uwarunkowań (odniesień) jest metodą analityczną służącą dekompozycji rozległych zakresów badawczych na mniejsze obszary problemowe. Konkretnie zagadnienie musi zostać rozłożone na przynajmniej dwa mniejsze. Jeśli nie można tego wykonać to oznacza, iż dany problem został wystarczająco uszczegółowiony. Nieprawidłowy rozkład problemu na mniejsze elementy może doprowadzić do nieczytelności całego grafu i do niewłaściwego zrozumienia problemu. Metodyka drzewa odniesień należy do analiz systemowych, a jej skuteczność widoczna jest w następujących zakresach:

- Wyznacza przyszłe potrzeby i identyfikuje środki technologiczne niezbędne do ich spełnienia.
- Określa problemy, podaje rozwiązania, wyznaczając zakres nakładu sił oraz środków.
- Określa wagę wysiłków podejmowanych w celu zwiększenia osiągnięć technologicznych, społecznych, ekonomicznych; za pomocą tej metody można dokonać systemowej analizy nierówności, odnieść je do wzorca, określić odchylenia, określić skalę wysiłku niezbędnego do ich złagodzenia [24].

1.2.3. Badania ankietowe

Badań tych nie należy mylić z ankietami delfickimi. Istotą procesu foresight jest akceptacja społeczna wybranych za pomocą zróżnicowanych metod wariantów wizji przyszłości. Egzemplifikacja tej akceptacji dokonuje się ostatecznie w wyniku konsultacji społecznych, w których stosuje się najczęściej metodę ankietową. W odróżnieniu od omawianych wcześniej przykładów metod stosowanych w procesach foresightowych, metoda ankietowa nie wykorzystuje ekspertów, tzn. specjalistów w pewnych dziedzinach, lecz losowo wybrane osoby – respondentów, np. konsumentów, gospodarstwa domowe, pracowników przedsiębiorstw, decydentów przedstawicieli administracji różnych szczebli. Materiał ankietowy gromadzony jest przez zbieranie odpowiedzi na przemyślany, z góry ustalony zestaw pytań skierowanych do losowo wybranych respondentów. Podstawowym narzędziem pomiarowym w metodach ankietowych jest kwestionariusz, będący uporządkowaną merytorycznie listą pytań, na które oczekuje się odpowiedzi. Kwestionariusz składa się z trzech części: nagłówkowej (adresowej), zasadniczej (tematycznej) i końcowej (metryczki). W części adresowej podaje się temat, cel oraz nazwę instytucji przeprowadzającej badanie. W części zasadniczej umieszcza się pytania, kierując się trzema podstawowymi zasadami: przechodzenia od pytań ogólnych do szczegółowych, wzbudzania zainteresowania oraz stopniowego wyczerpywania tematu. W zależności od rodzaju żądanej odpowiedzi, pytania dzieli się na:

1. Pytania otwarte – dające ankietowanemu swobodę w sformułowaniu odpowiedzi, co oznacza, że uzyskana odpowiedź jest niewyskalowana. Zwykle rozpoczynają one listę pytań (pytania ogólne) oraz są zadawane do sondowania w celu uzyskania dalszych, dokładniejszych odpowiedzi.
2. Pytania zamknięte – ograniczające wypowiedź respondenta do wyboru wariantu gotowej odpowiedzi, co oznacza, że uzyskana odpowiedź jest wyskalowana. Są łatwiejsze w stosowaniu zarówno dla prowadzącego pomiar, jak i dla respondenta. Informacje płynące z tego rodzaju pytań mówią nie tylko o poglądach, ale i o sile poglądów respondenta. Wśród pytań zamkniętych wyróżnia się pytania „tak – nie”, które są kłopotliwe, gdyż jednoznaczna odpowiedź nie zawsze jest możliwa.

Metryczka poświęcona jest ogólnej charakterystyce respondenta. Najczęściej są to informacje o jego danych demograficznych, społecznych i ekonomicznych. Badania ankietowe mogą być przeprowadzane jako ankiety on-line, pocztą elektroniczną, pocztowe, prasowe, jako wywiady telefoniczne, radiowe i telewizyjne, opakowaniowe oraz audytoryjne. Mogą też być ogólne oraz tematyczne. Do opracowania wyników ankiet służą metody analizy statystycznej. Nie każda ankieta może służyć tworzeniu wizji przyszłości. Jednak w większości przypadków badań foresightowych uzyskane opinie społeczne pozwalają na określenie zakresu akceptacji czy odrzucenia danej propozycji, priorytetu. Ponadto, dzięki konsultacjom społecznym można pozyskać wiele opinii w kwestiach szczegółowych, które odpowiednio opracowane określają trendy

popytu, oszczędności, inwestycji, potrzeb w różnych dziedzinach, barier działalności czy funkcjonowania w społeczeństwie. Wiedza ta jest niezbędna do poprawnego podejmowania decyzji na każdym szczeblu.

1.2.4. Podsumowanie

Wskazywaliśmy we wstępie, iż w procesie *foresight* można wykorzystać bardzo wiele metod, a decyduje o tym zarówno poziom badań, jak i ich głębokość oraz poziom skomplikowania. Omówiono natomiast tylko wybrane metody, które w uznaniu ekspertów mogą mieć znaczenie w badaniu nierówności o różnym charakterze. Zastosowanie w tym celu innych, wyselekcjonowanych w klasyfikacji *foresightu* metod (tab. 1.1) wymaga dalszej analizy i zweryfikowania ich skuteczności w praktyce badawczej.

1.3. Foresight a planowanie strategiczne w przedsiębiorstwach

W procesie zarządzania można wyróżnić cztery kluczowe funkcje, tj.: planowanie i podejmowanie decyzji, organizacja, przywództwo oraz kontrola. Zarządzanie strategiczne występuje zaś wtedy, gdy organizacja realizując proces zarządzania stawia sobie określone cele i dąży do ich realizacji poprzez określenie kierunków rozwoju. Zarządzanie strategiczne oznacza zatem ciągły, kompleksowy proces formułowania i realizacji skutecznych strategii sprzyjających co najmniej utrzymaniu poziomu równowagi między organizacją i jej otoczeniem oraz osiągnięciu celów strategicznych. Strategia, będąc kluczowym instrumentem zarządzania, jest w bardzo różny sposób definiowana. Jednak patrząc z punktu widzenia łączności z foresightem, strategię należy traktować jako określenie głównych, długofalowych celów firmy i przyjęcie takich kierunków działania oraz taką alokację zasobów, które są konieczne dla zrealizowania celów. Planowanie w zarządzaniu strategicznym, jako zestaw działań zorientowanych na przyszłość organizacji poprzez określanie celów i form ich realizacji maksymalizujących przyszłe korzyści, jest procesem najbardziej zbliżonym do foresightu. Różnica związana jest przede wszystkim z podejściem do określenia przyszłych działań: w przypadku foresightu znaczenie posiada nie tylko końcowy efekt procesu, ale także sama jego realizacja, gdy tymczasem w planowaniu strategicznym dominujące jest wskazanie celu i wybór wariantów przeznaczonych do realizacji. Zatem zarówno foresight, jak i planowanie strategiczne dotyczą przyszłości i nie pokrywają się, lecz uzupełniają.

Proces realizacyjny w zarządzaniu strategicznym rozbudowany jest do cyklu sześciofazowego [25]:

1. określenie kierunków działalności organizacji (misja, wizja, cele strategiczne),
2. analiza otoczenia organizacji (szanse i zagrożenia),
3. badanie potencjału organizacji (silne i słabe strony),
4. konfrontacja szans i zagrożeń względem silnych i słabych stron organizacji (generowanie możliwych wariantów strategii),
5. badanie zgodności między tymi wyborami a strukturami i dysponowanymi

zasobami (przekształcenia struktur i planów),

6. zastosowanie strategii i kontrola działań korygujących (opracowanie oraz nadzór planu strategicznego).

Organizacja funkcjonująca w pewnym otoczeniu stanowi jednocześnie jego element składowy. W większych przedsiębiorstwach oraz w branżach mocno związanych z problemami ekologicznymi lub społecznymi, a do takich zaliczana jest zwłaszcza tzw. ciężka chemia, w procesach podejmowania decyzji strategicznych decydenci muszą brać pod uwagę implikowane warunki oraz kierunki zmian w otaczającym środowisku, a ujawnienie i poddanie pod konsultacje pewnych obszarów decyzji strategicznych stanowi dodatkowy warunek akceptacji i skutecznego wykonania strategii. Poniżej wskazujemy, w jaki sposób wyniki powtarzanego cyklicznie foresightu mogą być wykorzystane podczas planowania strategicznego branży czy przedsiębiorstwa:

1. Na podstawie wyników pierwszego dostępnego badania foresightowego wyselekcjonowane zostają kluczowe technologie i oparte na nich procesy rozwoju innowacji w przedsiębiorstwie danej branży oraz istotne dla branży czynniki egzogenne.
2. Badane są wzajemne zależności pomiędzy czynnikami wewnętrznymi i zewnętrznymi firmy w perspektywie czasowej określonej przez wykorzystywane badania foresightowe.
3. Przygotowywany jest plan rozwoju technologii w przedsiębiorstwie i związanych z tym badań, oparty na priorytetach określonych w procesie foresightu.
4. Prowadzony jest monitoring zidentyfikowanych czynników kluczowych i ich interakcji ze zmieniającym się otoczeniem w celu weryfikacji planu rozwoju.
5. Firma dokonuje inwestycji i wdraża zaplanowane innowacje technologiczne, organizacyjne, marketingowe itp.
6. Badania foresightowe zostają uzupełnione w celu zwiększenia ich adekwatności i możliwości zastosowania w następnym etapie planowania strategicznego.

Zgodnie z naszkicowanym wyżej schematem następuje akceptacja wyborów inwestycyjnych opartych na priorytetach – rezultatach foresightu, kreowana jest kultura myślenia o przyszłości w firmie.

Proces foresightu z uwagi na swoją elastyczność jest stosowany w różnych okolicznościach oraz w różnych celach. Celami foresightu technologicznego na poziomie branży lub korporacji mogą być:

- identyfikacja obszarów badań z największym potencjałem wzrostu, nowych technologii oraz obszarów wiedzy,
- identyfikacja priorytetowych kierunków inwestycji, na których dane przedsiębiorstwo powinno koncentrować siły i środki,
- podniesienie podstawowej wiedzy o przyszłości u decydentów oraz innych kluczowych osób w firmie (projektantów, kadry inżynierskiej itp.),
- wsparcie rozwoju technologicznego firmy poprzez odpowiednie strategie, decyzje oraz działania,

- podwyższenie gotowości do przyjęcia zmian, jakie mogą zajść w przyszłości,
- zapewnienie konkurencyjności w przyszłości poprzez identyfikację zagrożeń oraz konkurentów.

W odróżnieniu od foresightu branżowego, koncentrującego się na wspólnych problemach branży, foresight korporacyjny jest indywidualnym badaniem podporządkowanym wymaganiom danego przedsiębiorstwa, przygotowywanym z reguły przez wyspecjalizowaną zewnętrzną instytucję doradczą. W obu przypadkach wdrożenie wyników w budowie strategii korporacyjnej może być zrealizowane poprzez proces tzw. roadmappingu technologicznego, zwanego w Polsce także metodą tworzenia mapy drogowej [1].

Termin „technological roadmapping” odnosi się do różnego rodzaju studiów obejmujących wykorzystanie w planowaniu strategicznym szczegółowych projekcji możliwych osiągnięć technologicznych, produktów i środowiska przyszłości. Tzw. „mapa drogowa” lub – inaczej – diagram roadmappingowy, stanowi zwykle narzędzie normatywne, tzn. że znana lub wstępnie założona jest pożądana przyszła pozycja konkurencyjna przedsiębiorstwa. Diagram roadmappingowy jest graficzną reprezentacją relacji pomiędzy elementami głównych jego warstw (rys. 1.6), gdzie obiekty oznaczające przeszłe, obecne i przyszłe stany rozwoju naukowo-technologicznego, rynków, technologii i produktów połączone są powiązaniami strukturalnych lub czasowych relacji ukazujących naturę, tempo i kierunki potencjalnego rozwoju. Diagram zawiera także węzły oznaczające kamienie milowe modelowanych procesów, takie jak punkty decyzyjne, możliwości interwencji czynników zewnętrznych niezależnych od przedsiębiorstwa, bifurkacje trendów i scenariuszy. Metoda ta stosowana jest od drugiej połowy ubiegłego stulecia w planowaniu strategicznym, początkowo w branży elektronicznej (Motorola), a następnie w innych branżach i przedsiębiorstwach. Poprzez ukazanie powiązań przyczynowo-skutkowych oraz możliwości technologicznych z celami biznesowymi, roadmapping wskazuje sposoby wchodzenia na rynek z właściwymi produktami we właściwym czasie [1], a także osiągnięcia celów takich jak obniżenie ekspozycji na ryzyko różnego typu, obniżenie kosztów produkcji itp.

Z punktu widzenia celu roadmappingu technologicznego, można wyróżnić roadmappingowe analizy strategiczne ukierunkowane na:

- planowanie produktu lub usług (*NPD – New Product Development*),
- budowę i wdrażanie strategii korporacyjnej,
- roadmapping dostosowawczy (do zewnętrznych wyzwań i uwarunkowań, a także prywatyzacji i innych przekształceń prawnych i własnościowych, fuzji, przejęć i restrukturyzacji).



1.3.1. Metody priorytetyzacji w foresightcie i planowaniu strategicznym

W planowaniu strategicznym niezbędne jest często ustalanie priorytetów technologicznych i inwestycyjnych, preferowanych kierunków rozwoju i ekspansji rynkowej, a także innych celów strategicznych. Priorytet kojarzy się z takimi atrybutami, jak: pierwszy, wcześniejszy, ważniejszy, ekspansywny, uprzywilejowany, promowany, eksponujący, godny uwagi. Priorytet określa także kolejność realizacji zadań, projektów itp. Te z wyższym realizujemy najpierw, gdyż są ważniejsze; te z niższym – później. Dlatego niezbędne jest ustalenie reguł określających nadawanie praw do pierwszeństwa, a postępowanie zgodnie z nimi jest procesem dynamicznej priorytetyzacji [22]. Etap priorytetyzacji kończy się usystematyzowaniem wszystkich ocenianych inicjatyw - od tych najbardziej wartościowych do obiektów o najniższej wartości.

W związku z faktem, że rezultatami foresightu są również listy priorytetów, pojawia się pytanie: w jaki sposób można wykorzystać badania foresightowe by wyselekcjonować priorytety z danego zakresu – zarówno obszarowego, jak i tematycznego? Proponowany tu sposób postępowania jest następujący:

- Analiza wyników różnorodnych badań foresightowych na poziomie regionalnym, lokalnym bądź przedmiotowym (branżowym).
- Na tej podstawie wyselekcjonowanie technologii kluczowych, kluczowych sektorów i inwestycji, kluczowych działań. Przypisane są im miejsca na liście określone na podstawie współczynników wagowych, które z kolei są wyznaczone na podstawie liczby wystąpień w raportach foresight, miejsc na listach oraz współczynników wiarygodności poszczególnych projektów.
- Powstaje lista (mapa) priorytetowych sektorów, działań, inwestycji, produktów, procesów, przy czym miejsca w rankingu określane są na podstawie współczynników wagowych.
- Weryfikacja analizowanych projektów z syntetycznymi listami priorytetów – wyników foresightu (utworzenie nowego kryterium „spełniania rekomendacji” foresightu - zostaje ono zastosowane w metodzie: preferencje sektorowe).
- Utworzenie zbioru punktów odniesienia wg metody opisanej w [26] związanych ze scenariuszami opracowanymi w projektach foresightowych (optymistyczny – klasa punktów idealnych, neutralny – punkty status quo, pesymistyczny – punkty antyidealne itd.). Dla każdego analizowanego obiektu bada się jego miejsce w odpowiednim scenariuszu, wyznacza najbliższe możliwe punkty odniesienia i odpowiednio klasyfikuje. Najlepsze obiekty wybierane są do wdrożeń.

Przy stosowaniu zaproponowanej wyżej metody należy pamiętać, iż należy wcześniej powiązać dane podane w scenariuszach z kryteriami oceny obiektów (technologii wariantów inwestycji, projektów), zwłaszcza ze wskaźnikami ekonomicznymi i ekologicznymi.

Mapa drogowa stworzona w celu wykorzystania wyników foresightu do wyboru priorytetów badanej dziedziny zawierać powinna następujące zalecenia:

- Przekładać wyobrażenia i scenariusze na konkretne procesy.

- Zdefiniować strategiczne punkty zwrotne.
- Być szczerym wobec własnych możliwości.
- Określić wspólne ścieżki postępowania dla kilku wizji przyszłości.
- Stosować odpowiednie metody do identyfikacji priorytetów.
- Determinacja i konsekwencja do alokowania budżetów na konkretne działania w odpowiednim czasie.
- Zapewnić możliwości bezpośredniego przejścia od foresightu do budowy strategii działania.

Zauważmy, że priorytetowe kierunki inwestycji w branżach „wrażliwych” społecznie lub środowiskowo, wyselekcjonowane w oparciu o wyniki badań foresightowych w skali kraju czy regionu, mogą uzyskać wysoki stopień racjonalności wdrożeniowej, o ile foresight zapewnił wcześniej konsultacje pozwalające na uzyskanie akceptacji społecznej. Wyniki badań foresightowych pozwalające wyselekcjonować priorytetowe kierunki inwestycji mogą uzyskać wysoki stopień racjonalności wdrożeniowej, ponieważ są społecznie akceptowane.

Przechodząc z poziomu narodowego na poziom regionu, miasta (gminy) czy przedsiębiorstwa, wyniki badań foresightowych mogą być przydatne w budowaniu strategii inwestowania (rozwoju). Po raz kolejny widoczna jest rola badań foresightowych, w wyniku których definiowane są priorytety, a dopiero na ich podstawie buduje się strategię zarządzania obejmującą zasadnicze etapy, metody, procedury postępowania. Priorytety rozwoju sektorów, technologii, kadr, kompetencji, inwestycji, itp. wyznaczone są na różnych poziomach, dlatego warto przeanalizować na przykładach zebrane doświadczenia i możliwości ich wykorzystania.

Priorytetyzacja technologii i metod unieszkodliwiania odpadów nieorganicznych jest jednym z bardziej istotnych spodziewanych rezultatów niniejszego projektu. Metodom tym poświęcone są rozdziały 4 i 5 (część II) niniejszego opracowania.

1.4. Projekty foresightowe zrealizowane w Polsce

Ważnym aspektem wykorzystania wyników krajowych projektów foresightu na szczeblu publicznym jest ich zgodność ze strategicznymi kierunkami rozwoju UE i z Narodową Strategią Spójności na lata 2007-2013 (NSS). Oznacza to, że uzgodnienie priorytetów firmy z priorytetami określanymi w projektach foresightowych powinno ułatwiać dofinansowanie projektów rozwojowych firmy ze środków europejskich. Ponadto projekty realizowane w ramach Poddziałania 1.1.1 POIG powinny uwzględniać cele i rezultaty Narodowego Programu Foresight. Przy planowaniu narodowych programów foresightowych kraje członkowskie UE, także Polska, muszą uwzględniać następujące priorytety:

- tworzenie stabilnej koncepcji i transformacji dotychczasowej gospodarki UE w gospodarkę opartą na wiedzy dzięki zmianie paradygmatu rozwoju i włączenia nośników wiedzy do grupy czynników inwestycyjnych,
- przyspieszenie reform strukturalnych dzięki instytucjonalnemu wsparciu

działań na rzecz wzrostu innowacyjności i konkurencyjności,

- modernizację europejskiego modelu społecznego, poprzez inwestowanie w ludzi i zwalczanie praktyk społecznego wykluczenia,
- zapewnienie „zdrowia ekonomicznego” i perspektywy wzrostu gospodarczego poprzez wykorzystanie właściwej, czyli w tym przypadku mieszanej polityki makroekonomicznej państwa, zawierającej zarówno instrumenty wzmacniające liberalizację wielu dziedzin, jak i wybiórcze instrumenty regulacyjne wpływające na motywację ekonomiczną podmiotów gospodarczych (np. stabilizacja makroekonomiczna z równoczesnym kierunkowym wsparciem aktywności inwestycyjnej przedsiębiorstw innowacyjnych).

Przy określaniu zakresu Narodowego Programu Foresight przyjęto następujące kierunki rozwoju, stanowiące równocześnie priorytety dla Polski: Info, Techno, Bio oraz Basics (polska propozycja rozszerzenia kierunków badawczych foresightu, bowiem polska nauka od lat uwagę koncentrowała na badaniach podstawowych, nie zaś stosowanych). Poniżej wypunktowano szczegółowo strategiczne obszary tematyczne badań reprezentujących wskazane kierunki:

I. Grupa tematyczna *Info*:

- inżynieria oprogramowania, wiedzy i wspomagania decyzji,
- sieci inteligencji otoczenia,
- optoelektronika.

II. Grupa tematyczna *Techno*:

- nowe materiały i technologie,
- nanotechnologie,
- projektowanie systemów specjalizowanych.

III. Grupa tematyczna *Bio*:

- biotechnologia i bioinżynieria,
- postęp biologiczny w rolnictwie i ochrona środowiska,
- nowe wyroby i techniki medyczne.

IV. Grupa tematyczna *Basics*:

- nauki obliczeniowe oraz tworzenie naukowych zasobów informacyjnych,
- fizyka ciała stałego,
- chemia.

Pilotażowy projekt **Foresight: Zdrowie i Życie** (2004-2006) objął następujące obszary: chemia i farmacja, bezpieczeństwo żywności oraz technologie w medycynie. Wyselekcjonowano 26 priorytetów rozwoju nauki i technologii poddanych konsultacjom społecznym. Po uzyskaniu akceptacji Panel Główny rekomendował priorytety rozwoju nauki technologii w Polsce ujmując je w następujących grupach [27]:

1. *Zdecydowanie priorytetowe*, czyli uznane za takie zarówno przez ankietowanych przedstawicieli środowiska naukowego, jak również reprezentantów opinii społecznej. Zalicza się do nich:
 - budowa efektywnych systemów przesiewowych,

- rozwój opieki perinatalnej, wczesnego wykrywania wad genetycznych i rozwojowych,
 - rozwój metod i technik ratownictwa medycznego.
2. *Priorytetowe*, czyli uznane za najważniejsze przynajmniej przez jedną z konsultowanych grup. Są to:
- rozwój metod i technologii na potrzeby powszechnej edukacji prozdrowotnej,
 - budowa programów ustawicznego kształtowania świadomości żywieniowej oraz racjonalizacji nawyków żywieniowych społeczeństwa,
 - rozwój metod i technik profilaktyki, diagnostyki i terapii chorób zakaźnych oraz zakażeń ważnych z punktu widzenia zdrowia publicznego,
 - rozwój metod i technik ergonomicznego kształtowania warunków życia i pracy ze szczególnym uwzględnieniem osób w wieku podeszłym i niepełnosprawnych,
 - rozwój metod i technik profilaktyki, diagnostyki i terapii chorób związanych z podeszłym wiekiem,
 - badania nad stresem i rozwój metod jego ograniczenia,
 - rozwój badań i technologii nad organizmami genetycznie zmodyfikowanymi oraz monitorowania ich oddziaływania na człowieka i ekosystem,
 - doskonalenie żywności i żywienia w aspekcie ich znaczenia dla ochrony zdrowia ludzi i zwierząt z uwzględnieniem biologicznie aktywnych substancji pochodzenia naturalnego,
 - rozwój metod i technik rehabilitacji w chorobach somatycznych lub też psychicznych o dużym znaczeniu społecznym.
3. *Ważne*, zalicza się do nich pozostałe kierunki z listy *panelu głównego* i *paneli tematycznych* oraz propozycje uzupełnień, zgłoszonych w trakcie konsultacji społecznych.

W Narodowym Programie Foresight „Polska 2020” w obszarze związanym z rozwojem technologii ochrony środowiska zidentyfikowane zostały następujące trendy i zjawiska istotne dla sektora chemicznego:

- Wzrastające wymagania dotyczące technologii ochrony i odnowy środowiska spowodują zastosowanie najnowszych osiągnięć techniki do rozwoju systemów pomiarowych nowych generacji dla celów monitoringu stanu środowiska i kontroli procesów technologicznych.
- W ochronie środowiska coraz większą rolę odgrywać będą technologie kontrolowanego (stały monitoring stanu środowiska, ingerencja techniczna w razie zagrożenia któregoś z komponentów środowiska) samooczyszczania (*natural attenuation*).
- Metody abiotyczne (fizyczne, chemiczne) stosowane do poprawy stanu środowiska zostaną zastąpione w znacznym stopniu przez metody biologiczne (np. fitoremediacja, bioremediacja, biofiltry, biobariery).

- Zagrożenie dla zdrowia ludzi i ekosystemów zmniejszy się istotnie w wyniku rozwoju technologii kontroli rozprzestrzeniania i ograniczania występowania w środowisku substancji uznanych za szczególnie niebezpieczne.
- Rozwój technologii mało i bezodpadowych oraz wykorzystania odpadów.
- Redukcja poziomu wytwarzanych odpadów przemysłowych nastąpi dzięki rozwojowi alternatywnych technologii niskoodpadowych, ukierunkowanych w szczególności na duże przedsiębiorstwa, ale także na sektor małych i średnich przedsiębiorstw.
- Zaawansowane urządzenia i procesy dla bez- i niskoemisyjnych technologii materiałowych nowej generacji.

Również foresight regionalny często dostarcza uszeregowane priorytety technologiczne, np. projekt LORIS Wizja realizowany dla potrzeb województwa łódzkiego w latach 2006-2008, poświęcił wiele uwagi rozwojowi e-zdrowia, proponując następujące priorytety:

- interoperacyjność systemów e-zdrowia,
- osobisty rekord medyczny (PHR – *personal health record*),
- regionalne sieci telemedyczne,
- systemy teleinformatyczne dla transparentności kosztów ponoszonych przez placówki,
- RFID w zarządzaniu lekami,
- telechirurgia,
- teledermatologia,
- interregionalna wymiana danych medycznych,
- zdalne usługi tworzenia zasobów elektronicznych związanych ze zdarzeniami medycznymi,
- networking placówek medycznych w regionach,
- elektroniczne zamówienia,
- eMarketing,
- ICT w kontynuacji procesu leczenia,
- systemy zarządzania jakością placówek ochrony zdrowia,
- Workflow i procesy biznesowe,
- Web2.0, a Health 2.0 (integracja i interakcja vs. standardy).

Należy zwrócić uwagę na pewne niebezpieczeństwo, charakterystyczne dla polskich projektów foresight, otóż ilość wyselekcjonowanych priorytetów jest z reguły – z punktu widzenia realizacyjnego – zbyt duża. Jednakże zebrany materiał badawczy pozwala niewątpliwie na budowę racjonalnego programu rozwoju branży czy przedsiębiorstwa w dłuższym okresie.

W zamieszczonej niżej tabeli 1.2. podajemy listę branżowych projektów foresight, zrealizowanych w ramach Sektorowego Programu Operacyjnego Wzrost Konkurencyjności Przedsiębiorstw. Ich częściowe wyniki dostępne są dla zainteresowanych instytucji. Pełne raporty wszystkich projektów zostały przekazane do MNiSW.

Tabela 1.2. Branżowe projekty foresightowe realizowane w ramach Poddziałania 1.4.5 SPO-WKP

Tytuł projektu	Wartość projektu [zł]	Okres realizacji	Strona www	Udostępnione wyniki
Foresight technologiczny w zakresie materiałów polimerowych	5300 000	05.2006-05.2008	http://www.foresightpolimerowy.pl	Na stronie www: opis projektu, obszary tematyczne
Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywania i przetwórstwa węgla brunatnego	6000 000	06.2006-05.2008	http://www.igo.wroc.pl/foresight/foresight.html	Na stronie www: schemat zarządzania projektem, wykaz zadań
Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego	3670 000	07.2006-06.2008	http://www.foresightweglowy.pl/	Na stronie www: opis i schemat projektu, prezentacje, baza technologii. Ogłoszone drukiem: 16 publikacji, 19 raportów bez danych bibliograficznych (stan 2010.02.16)
Scenariusze rozwoju technologii nowoczesnych materiałów metalicznych, ceramicznych i kompozytowych	3390 000	06.2006-10.2008	http://www.foremat.org , www.nanonet.pl , http://intranet.unipress.waw.pl/FOREMAT	Na stronach www: opis projektu, metodyka, pozycjonowanie technologii, 2.tom raportu, ankiety, narzędzia statystyczne Publikacje: monografia z wynikami projektu
Ocena perspektyw i korzyści z wykorzystania technik satelitarnych i rozwoju technologii kosmicznych w Polsce	1300 000	01.2006-06.2008	http://www.kosmos.gov.pl/index.php?link=94&page=0	Na stronach www: opis projektu, prezentacje, raport I fazy projektu, Katalog zastosowań technik satelitarnych w Polsce
Kierunki rozwoju technologii materiałowych na potrzeby klastra lotniczego „Dolina Lotnicza”	298 000	11.2006-05.2008	http://www.dolinalotnicza.pl/en/12/12/art21.html	Na stronie www: Opis projektu, lista technologii kluczowych
Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego rud miedzi i surowców towarzyszących w Polsce	3500 000	07.2006-06.2008	http://foresight.cuprum.wroc.pl/	Na stronie www: Opis projektu, baza technologii z opisami
System monitorowania i scenariusze rozwoju technologii medycznych w Polsce	1980 000	07.2006-06.2008	http://biomed.eti.pg.gda.pl/rotmed/	Na stronie www: nieaktualne linki do wyników (dostęp 17.02.2010)
Scenariusze rozwoju technologicznego kompleksu paliwowo-energetycznego dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju	3100 000	12.2005-11.2007	http://www.foresightenergetyczny.pl/dokumentacja.html (na stronie głównej informacja o kolejnym projekcie)	Na stronie www: dwa raporty; obecnie na stronie http://www.foresightenergetyczny.pl znajduje się informacja o kolejnym projekcie. Publikacje: dwie monografie

Źródło: badania własne

Oprócz projektów podanych w tabeli 1.2., w ramach SPO-WKP zrealizowanych zostało osiem projektów foresightu regionalnego ukierunkowanych na technologie zrównoważonego rozwoju. Ponadto w ramach Poddziałania 1.1.1 POIG realizowane są obecnie 23 projekty foresightu branżowego lub regionalnego (tab. 1.3) – wyniki niektórych z nich powinny być dostępne już obecnie lub w najbliższym czasie. Warto przy tym pamiętać, że instytucje realizujące projekty w ramach POIG 1.1.1. zobowiązane są w umowach z Instytucją Kontraktującą do udostępniania wyników na równych zasadach wszystkim zainteresowanym.

Tabela 1.3. Projekty foresightu realizowane w ramach Poddziałania 1.1.1. POIG

Tytuł projektu	Kwota umowy	Beneficjent	Okres realizacji	Strona www projektu
Pomorze 2030 – scenariusze rozwoju i kluczowe technologie	241 245,00 zł	Instytut Badań nad Gospodarką Rynkową	grudzień 2008 - styczeń 2011	www.pomorze2030.pl
Foresight Technologiczny NT FOR Podlaskie 2020	2441 262,00 zł	Politechnika Białostocka	marzec 2009 - luty 2012	http://ntfp2020.pb.edu.pl/
Nowoczesne technologie dla włókiennictwa. Szansa dla Polski	2 868 284,03 zł	Instytut Biopolimerów i Włókien Chemicznych	grudzień 2009 - maj 2012	http://wloknotecnologie.pl
Projekt foresight „Sieci Gospodarcze Wielkopolski”	1 885 668,00 zł	Instytut Inżynierii Zarządzania Politechniki Poznańskiej	sierpień 2009 - listopad 2011	http://www.fsgw.webpark.pl
Foresight w drzewnictwie – Scenariusze rozwoju badań naukowych w Polsce do 2020 r.	691 540,00 zł	Instytut Technologii Drewna w Poznaniu	maj 2009 - grudzień 2010	http://www.itd.poznan.pl/pl/index.php?id=312
Foresight priorytetowych, innowacyjnych technologii na rzecz automatyki, robotyki i techniki pomiarowej	1 198 500,00 zł	PIAP	wrzesień 2008 - sierpień 2010	http://www.foresightarp.pl/
Foresight dla Energetyki Termojądrowej	407 900,00 zł	Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy im. Sylwestra Kaliskiego	listopad 2008 - wrzesień 2009	http://www.energetykatermojadrowa.pl/
Zaawansowane technologie przemysłowe i ekologiczne dla zrównoważonego rozwoju kraju	1 982 400,00 zł	Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy	marzec 2008 - marzec 2011	http://www.portaltechnologii.pl
Foresight w zakresie priorytetowych i innowacyjnych technologii zagospodarowywania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego	1 958 000,00 zł	Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego	marzec 2009 - marzec 2011	http://foresight-ogwk.pl

Tytuł projektu	Kwota umowy	Beneficjent	Okres realizacji	Strona www projektu
Foresight regionalny dla szkół wyższych Warszawy i Mazowsza Akademickie Mazowsze 2030	5 466 384,20 zł	Politechnika Warszawska	kwiecień 2009 - styczeń 2012	http://akademickiemazowsze2030.pl
Strategia rozwoju energetyki na dolnym Śląsku metodami foresightowymi	1 170 800,00 zł	Politechnika Wrocławska	czerwiec 2009 - czerwiec 2011	http://www.energia.pwr.wroc.pl/
Identyfikacja potencjału i zasobów Dolnego Śląska w obszarze nauka i technologie na rzecz poprawy jakości życia (Quality of Life) oraz wytyczenie przyszłych kierunków rozwoju. Badania metodami foresight	1 787 223,68 zł	Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu	grudzień 2009 - maj 2011	http://www.qol.ue.wroc.pl/
Foresight wiodących technologii kształtowania własności materiałów inżynierskich i biomedycznych forsurf	2 967 528,00 zł	Politechnika Śląska	czerwiec 2009 - luty 2012	http://www.forsurf.pl/
Zeroemisyjna gospodarka energią w warunkach zrównoważonego rozwoju Polski do 2050 roku	2 293 480,00 zł	Główny Instytut Górnictwa	marzec 2008 - grudzień 2010	http://www.foresightenergetyczny.pl
Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – foresight technologiczny	1 919 422,96 zł	Instytut Nawozów Sztucznych, Oddział Chemii Nieorganicznej „IChN” w Gliwicach	styczeń 2010 - marzec 2012	http://www.inorganicwaste.eu
Foresight technologiczny rozwoju sektora usług publicznych w Górnośląskim Obszarze Metropolitalnym	2 805 112,00 zł	Główny Instytut Górnictwa	październik 2008 - maj 2011	http://www.foresightgom.pl/
Wyzwania zrównoważonego użytkowania terenu na przykładzie województwa śląskiego – scenariusze 2050	2 704 469,00 zł	Główny Instytut Górnictwa	luty 2009 - listopad 2011	http://www.scenariuszeslask2050.pl
Perspektywa technologiczna Kraków Małopolska 2020	1 961 925,36 zł	Krakowski Park Technologiczny Sp. z o.o.	wrzesień 2008 - listopad 2010	http://foresight.kpt.krakow.pl

Tytuł projektu	Kwota umowy	Beneficjent	Okres realizacji	Strona www projektu
Analiza i prognozowanie ścieżek rozwoju interdyscyplinarnych nauk o poznaniu metodami foresight	1 181 000,00 zł	Uniwersytet Jagielloński	wrzesień 2009 - wrzesień 2013	http://komplementarnosc.eu/?url=bazawszystkie,szczegoly&id=306614
Foresight Technologii Odlewniczych w Kontekście Energii do 2030 r.	1 446 407,60 zł	Instytut Odlewnictwa	marzec 2009 - maj 2011	http://www.iod.krakow.pl/energia
Scenariusze i trendy rozwojowe wybranych technologii społeczeństwa informacyjnego do roku 2025	1 999 974,00 zł	Fundacja Progress & Business	styczeń 2010 – czerwiec 2012	http://www.ict.foresight.pl

Źródła: OPI, www.foresight.pl, badania własne CNDiP Fundacji Progress & Business

Powodem pewnej dezorientacji zespołów zamierzających wykorzystać wyniki polskiego foresightu może być brak spójności branżowych badań foresightowych z rezultatami Narodowego Programu Foresight (NPF) oraz z badaniami regionalnymi. Komitet Sterujący NPF przyjął założenie, iż spójność taka nie jest konieczna, że istotna jest oryginalność, kreatywność, spontaniczność. Jednakże konieczność spójności, zwłaszcza merytorycznej, wykazywana jest szczególnie w takich dziedzinach jak: energetyka, zasoby naturalne, nowe materiały i technologie, technologie medyczne, kosmiczne, lotnicze, środowiskowe. Poza tym rezultaty foresightu branżowego mogą mieć kluczowe znaczenie w określeniu przesłanek budowania klastrów czy platform technologicznych, gdzie wskazana jest zgodność z celami Narodowej Strategii Spójności. Zrównoważony rozwój Kraju wymaga poza tym spójności z rozwojem regionów, a więc z wynikami foresightu regionalnego.

Dotychczasowy zakres i przebieg realizacji projektów foresightu branżowego w Polsce można podsumować następująco:

- wciąż stosunkowo niewielka liczba projektów branżowych i niewielka liczba branż objętych foresightem,
- dominacja jednostek naukowo-badawczych wśród partnerów (narzucona warunkami konkursu POIG 1.1.1),
- koncentracja instytucji wiodących w kilku ośrodkach,
- przypadkowy dobór wykorzystywanych metod, często bez wystarczającego uzasadnienia,
- zbliżony czas trwania i horyzont czasowy,
- podobna struktura organizacyjna,
- orientacja na identyfikację kluczowych technologii.

Porównując rezultaty badań foresightowych prowadzonych w Polsce na różnych poziomach z priorytetami w podstawowym programie wsparcia rozwoju innowacji, tj. POIG, trzeba stwierdzić, że zarówno wyniki jak i priorytety nie odbiegają zasadniczo

od tych zgłoszonych przez Komisję Europejską w czasach tworzenia Europejskiego Obszaru Badawczego (*European Research Area*, ERA). W szczególności, oś priorytetowa 1 „Badania i rozwój nowoczesnych technologii” obejmuje identyczne grupy tematyczne, jak te sprzed ponad dziesięciu lat, co stanowi o trwałości i stabilności priorytetów naukowych, które mogą być zastosowane w praktyce.

1.5. Uwagi końcowe

Wykorzystanie wyników badań foresightowych w praktyce przedsiębiorstw nie jest procesem łatwym i wymaga z reguły współpracy ze specjalistami zewnętrznymi. Głównym polem zastosowania rezultatów foresightu w firmach jest planowanie strategiczne, a jego formą najbardziej zbliżoną metodycznie do foresightu jest roadmapping technologiczny. Możliwe są dwa podstawowe podejścia, które nie muszą być rozłączne:

1. Wykorzystanie wyników zewnętrznych badań prowadzonych w skali branży, regionu czy kraju – przykłady takich projektów podaliśmy w sekcji poprzedniej.
2. Foresight przedsiębiorstw (korporacyjny, corporate foresight), który polega na systematycznym, partycypacyjnym budowaniu wizji konkretnego przedsiębiorstwa lub ich grupy, określeniu kluczowych czynników istotnych w długofalowej strategii jego rozwoju.

W każdym przypadku wykorzystanie wyników foresightu ma na celu wytyczenie strategicznych kierunków działania i inwestowania przedsiębiorstwa oraz określa wyzwania przyszłości w zakresie innowacji. Samodzielna realizacja korporacyjnych projektów foresightowych wymaga od przedsiębiorstwa systematycznego gromadzenia danych z przeprowadzanych badań prognostycznych i ścisłej współpracy zaangażowanych jednostek i podmiotów w przedsiębiorstwie. W wyniku tych działań powstaje obraz przyszłości przedsiębiorstwa i jego otoczenia, składający się z informacji na temat gospodarki, technologii, rynków, konkurencji, klientów i społeczeństwa, który pozwala przygotować przedsiębiorstwu strategiczne decyzje, zapewniające długofalową przewagę konkurencyjną. Te ostatnie najlepiej jest przygotować w postaci planu strategicznego, będącego rezultatem kolejnego procesu, tzw. roadmappingu technologicznego [1]. Zarówno foresight korporacyjny, jak i budowa strategii w oparciu o dostępne wyniki projektów zewnętrznych wymaga rozbudzenia kreatywności w przedsiębiorstwie i zarazem ją stymuluje, umożliwiając przedsiębiorstwu m.in.:

- identyfikację istotnych trendów w otoczeniu, która sprzyja redukcji stopnia ryzyka i niepewności w wykonywanych przedsięwzięciach oraz umożliwia eliminację tych obrazów przyszłości, które są niewłaściwe dla przedsiębiorstwa,
- opracowanie nowych koncepcji rozwoju przedsiębiorstwa i jego możliwości technologicznych,
- ustalenie priorytetów odnośnie szans, zagrożeń i wyzwań,
- przygotowanie informacji i zespołu niezbędnych do zainicjowania procesu roadmappingu technologicznego.

Warto pamiętać, że każdy proces budowy przyszłej wizji branży czy przedsiębiorstwa,

powinien być oparty albo o wyniki badań foresightowych dostosowanych do wymagań instytucji zamawiającej (foresight korporacyjny), lub o wyniki foresightu branżowego, regionalnego lub krajowego, które są z reguły finansowane ze środków publicznych i nieodpłatnie udostępniane zainteresowanym. Dotyczy to także rezultatów niniejszego projektu.

Literatura

1. Skulimowski, A.M.J. Metody roadmappingu i foresightu technologicznego – Methods of technological roadmapping and foresight. Chemik: Nauka-Technika-Rynek 2009, 42, nr 5, s. 197-204
2. Okoń-Horodyńska, E., Skulimowski, A.M.J. Wykorzystanie rezultatów badawczych foresightu przy wspomaganiu decyzji strategicznych w przedsiębiorstwach. Chemik 2010, 64, nr 6, s. 440-450
3. Okoń-Horodyńska, E. *Globalizacja a określanie przyszłości rozwoju gospodarki narodowej*. W: Człowiek i społeczeństwo w obliczu globalizacji, Studia Ekonomiczne IEiZ. Red. E.Okoń-Horodyńska. Kraków: UJ, 2007
4. Smith, R. *Developing foresight: an interview with Sir Dai Rees*. British Medical Journal 1994, vol. 309, s. 324-326
5. Anderson, J. *Technology Foresight for Competitive Advantage*. Long Range Planning 1997, vol. 30, nr 5, s. 665-677
6. Major, E., Asch, D., Cordey-Hayes, M. *Foresight as a core competence*. Futures 2001, 33, s. 91-107
7. Bell, W., Mau, J.A. *The Sociology of the Future*. New York, Harper & Row 1972, s. 21
8. Sprawozdanie z realizacji projektu The Foresight Laboratory of Europe. [online] <http://www.forumgryf.pl/1.php?sr=!czytaj&id=374&m=&dz=aktualnosci&x=0&pocz=0&gr>
9. Portal Innowacji. <http://www.pi.gov.pl/default.aspx?docId=2422>
10. Badecka, I., Skonieczny, J. *Corporate Foresight jako narzędzie badania przyszłości przedsiębiorstwa*. [online] [dostęp 2009] http://www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artyk_pdf_2009/005_Badecka_Skonieczny.pdf
11. Meredith, J.R., Mantel, S.J.Jr. (1995). *Project Management*. Fourth Edition, Wiley
12. Linstone, H.A., Turoff, M. (Red., 1975). *The Delphi Method. Techniques and Applications*. Electronic version © Harold A. Linstone, Murray Turoff, 2002, s. 616
13. Lenz, R.C.Jr. *Technological Forecasting*, Aeronautical Systems Division, Air Force Systems Command, 1962
14. Ayres, R.U. *Prognozowanie rozwoju techniki i planowanie długookresowe*. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo. Ekonomiczne, 1973
15. Saritas, O., Oner, M.A. *Systemic analysis of UK foresight results Joint*

- application of integrated management model and roadmapping*. Technological Forecasting & Social Change 2004, nr 71, s. 27-65
16. Cieślak, M. *Prognozowanie gospodarcze. Metody i zastosowania*, Warszawa: PWN, 2005
 17. Grupp H., Linstone H.A. *National Technology Foresight Activities Around The Globe. Resurrection and New Paradigms*. Technological Forecasting and Social Change 1999, vol. 60, Specjalny numer styczeń
 18. Ollivere, G. *Regional Foresight Governance And Delivery*. W: J.P. Gavigan i in. (Red.) *The Role of Foresight in the Selection of Research Policy Priorities*. Conference Proceedings, May 13-14.2002, Seville, European Commission, DG JRC-IPTS, Report EUR 20406 EN, lipiec 2002, s. 82-84
 19. Skulimowski, A.M.J. (2006). *Framing New Member States and Candidate Countries Information Society Insights*. W: *Prospects for a Knowledge-Based Society In The New Members States And Candidate Countries*. Red. Compano, R., Pascu, C. Publishing House of the Romanian Academy, s. 9-51
 20. Narodowy Program Foresight: Polska 2020. MG, Warszawa 2009. <http://www.foresight.polska2020.pl>
 21. Kahn, H., Wiener, A. (1968). *The Year 2000 (Ihr verdet es erleben, Voraussagen der Wissenschaft bis zum Jahr 2000)*. Fritz Molden, Wien, Germany
 22. Skulimowski, A.M.J. *Application of dynamic rankings to portfolio selection*. w: J.O. Soares, J.P. Pina, M. Catalao-Lopes (Red.) *New development in financial modelling*, Newcastle: CSP Cambridge Scholars Publishing, 2008. *Proceedings of the 41st Meeting of the Euro Working Group on Financial Modelling*: Lisbon, Portugal, November 8-9, 2007, s. 196-212
 23. Okoń-Horodyńska, E. (2008). *Zastosowanie foresightu w budowaniu strategii rozwoju (na różnych poziomach)*. Prezentacja wykonana w ramach projektu badawczego "Priorytetyzacja celów polityki regionalnej w kontekście efektywnego wykorzystania Funduszy Strukturalnych"
 24. *A Practical Guide to Regional Foresight*, FOREN, Foresight for Regional Development Network, European Communities 2001, s. 5
 25. Adamczyk, J. *Koncepcja zrównoważonego rozwoju w zarządzaniu przedsiębiorstwem*. Kraków: Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie, 2001, s. 112
 26. Skulimowski, A.M.J. (1997). *Methods of Multicriteria Decision Support Based on Reference Sets*. W: R. Caballero, F. Ruiz, R.E. Steuer (Red.) *Advances in Multiple Objective and Goal Programming, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, 455, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, s. 282-290
 27. Raport finalny Panelu Głównego Zdrowie i Życie. MNiI (obecnie MNiSW), Warszawa, czerwiec 2005

ROZDZIAŁ 2

METODY BADAŃ DELFICKICH – ANKIETA DELFICKA ON-LINE

ANDRZEJ M.J. SKULIMOWSKI¹, BARBARA CICHY², MAREK CZERNI³

2.1. Cele badań delfickich w projekcie

Celami badań delfickich w foresighcie technologicznym jest uzyskanie bezpośrednio od ekspertów informacji niedostępnych w otwartych źródłach, w tym także weryfikacja danych i ocen uzyskanych w inny sposób. W szczególności, dla analizy delfickiej w foresighcie odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego określono następujące cele szczegółowe:

- zidentyfikowanie – na podstawie informacji uzyskanej od ekspertów – priorytetowych kierunków rozwoju technologicznego, zwiększających konkurencyjność polskiego sektora chemii nieorganicznej i poszczególnych podsektorów,
- dostarczenie informacji do budowy modelu makroekonomicznego, analizy trendów, SWOTC i scenariuszy,
- ustanowienie trwałej bazy wiedzy eksperckiej, złożonej z najbardziej kompetentnych ekspertów biorących udział w badaniu Delphi i pragnących uczestniczyć w stworzeniu późniejszego Wirtualnego Centrum Kompetencji w zakresie Chemii Nieorganicznej.

Opis metody – założenia:

- Badanie realizowane jest techniką ankiety internetowej on-line. Ze względu na złożoną strukturę ankiet (pytania warunkowe) możliwe, lecz niecelowe było zastosowanie ankiety przesyłanej w postaci pliku.
- Planowane jest przeprowadzenie badań na próbie około 100 respondentów (faktycznie, spośród 114 osób o kompetencjach zweryfikowanych pomyślnie przez Komitet Sterujący Projektu i zakwalifikowanych do udziału w badaniu,

¹AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica, Katedra Automatyki, Al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Centrum Nauk o Decyzji i Prognozowania, Fundacja Progress and Business, 30-041 Kraków, ul. Miechowska 5B

²Instytut Nawozów Sztucznych, Oddział Chemii Nieorganicznej w Gliwicach, 44-100 Gliwice, ul. Sowińskiego 11

³Centrum Nauk o Decyzji i Prognozowania, Fundacja Progress and Business, 30-041 Kraków, ul. Miechowska 5B

uzyskano łącznie 72 pełnowartościowe ankiety przekazane do analizy wyników).

- Metoda polega na co najmniej dwukrotnym badaniu ankietowym tej samej grupy ekspertów, przy czym drugie (i kolejne) badanie może ograniczać się do wybranego w określony sposób podzbioru ekspertów uczestniczących w rundzie poprzedniej.

Eksperci wypełniają złożoną ankietę on-line, w której:

- a. Weryfikują zadane hipotezy (tzw. tezy delfickie).
- b. Wypowiadają się na temat zdarzeń o charakterze subiektywnym, tj. nie podlegającym opisowi w postaci modeli ilościowych, dotyczących punktów bifurkacyjnych trendów i scenariuszy, zwłaszcza decyzji podejmowanych w oparciu o nieznane przesłanki.
- c. Określają wartości kluczowych parametrów, prawdopodobieństwa zdarzeń itp., które będą użyte w modelach prognostyczno-scenariuszowych.
- d. Wypowiadają się na tematy uzupełniające analizę SWOTC (patrz: rozdział 3, część II niniejszego opracowania).
- e. Formułują prognozy na temat przyszłego rozwoju danej dziedziny w perspektywie czasowej 20-25 lat, w szczególności: określają horyzonty czasowe i prawdopodobieństwa zajścia zadanych zdarzeń, opisują rozwój technologii i badań, określają czynniki wzrostu.
- f. Wypowiadają syntetyczne sądy na temat trendów i zdarzeń, które są sumą niesformalizowanych przemyśleń i całokształtu wiedzy danego eksperta.

Właściwa anketa delficka (rundy I, II itp.) może być poprzedzona prostym badaniem eksploracyjnym, również w formie ankiety, mającym na celu określenie problematyki badania właściwego (tzw. runda 0). W opisywanym projekcie anketa taka została zaprojektowana i zrealizowana w formie ankiety wypełnianej z reguły przez reprezentantów zainteresowanych firm chemicznych, w tym uczestników konferencji i seminariów związanych z projektem oraz drogą elektroniczną.

Każda kolejna runda badania delfickiego powinna mieć na celu:

- a. Weryfikację wyników rundy poprzedniej poprzez udostępnienie jej wyników ekspertom biorącym udział w kolejnej rundzie i zadanie identycznych pytań; dotyczy to z reguły tylko tych pytań, na które odpowiedzi były niejednoznaczne lub – w przypadku odpowiedzi skwantyfikowanych – charakteryzujących się dużym odchyleniem standardowym.
- b. Doprecyzowanie poprzednio uzyskanych wyników – poprzez zadanie bardziej szczegółowych pytań, w tym próśb o uzasadnienie, wskazanie przyczyn itp.
- c. Uzupełnienie i aktualizację badanej problematyki o pytania, które pojawiły się w trakcie trwania poprzedniej rundy, lub zostały omyłkowo pominięte.

Ponadto wiarygodność kolejnych rund powinna się zwiększać dzięki filtracji zbioru ekspertów (odsiew osób udzielających odpowiedzi niewiarygodnych).

Rolę ostatniej rundy badania delfickiego pełni często dyskusja panelowa,

której rezultatem powinny być syntetyczne eseje podsumowujące każdy z działów ankiet(y) delfickiej(ich). Jako podsumowanie dotychczasowych wyników Projektu przeprowadzono 5 dyskusji panelowych poświęconych:

1. problemom środowiskowo-społecznych związanych z gospodarką odpadami nieorganicznymi i z działalnością przemysłu chemicznego (sprawozdanie na stronie Projektu),
2. odpadom jako nowemu wyzwaniu dla przemysłu chemii nieorganicznej [1],
3. analizie 5 kluczowych technologii generujących główne odpady nieorganiczne [2],
4. współczesnej roli tradycyjnych technologii nieorganicznych dla przemysłu, także dla innych branż i w charakterze technologii sanitarnych – dyskusja z udziałem młodzieży akademickiej i młodych pracowników Wydziału Chemii Politechniki Śląskiej,
5. podsumowaniu badaniom delfickim przed przystąpieniem do opracowania scenariuszy rozwoju gospodarki odpadami nieorganicznymi w Polsce.

Badanie delfickie mogą być uzupełniane przez inne sposoby pozyskiwania wiedzy eksperckiej, takie jak warsztaty „burze mózgów”, badania literaturowe inwentaryzację odpadów grupy 06, zlecone analizy eksperckie itp. W ramach projektu opracowano m.in.:

- raport wiedzy „Problem odpadów nieorganicznych a rozwój przemysłu chemicznego w Polsce”,
- prognozę rozwoju przemysłu chemicznego w Europie ze szczególnym uwzględnieniem przemysłu nieorganicznego i nawozowego,
- raport: „Odpady stałe z wapniowych procesów odsiarczania gazów odlotowych”.

Udział w I rundzie badania jest nieodpłatny. W II rundzie zaplanowano wypłaty niewielkich wynagrodzeń dla najbardziej aktywnych ekspertów zewnętrznych Projektu. Respondenci, którzy wypełnili ankietę I rundy badania zostali uhonorowani umieszczeniem listy nazwisk na stronie www projektu, a także otrzymują bezpłatne materiały – numery czasopism relacjonujących dyskusje paneli eksperckich i ich podsumowanie.

2.2. Ankiety delfickie

Standardowy kwestionariusz składa się z reguły z 20-100 pytań zorganizowanych w działach tematycznych po 10-30 pytań i tez technologicznych do weryfikacji. Każdy dział odpowiada potencjalnej specjalizacji eksperta, każde pytanie lub teza związana jest z określonym trendem, zdarzeniem, priorytetem badawczym, kierunkiem rozwoju itp. Respondenci mogą wybierać działy, które odpowiadają ich kompetencjom, jednak wewnątrz wybranego działu powinni ustosunkować się do wszystkich tez. Nie oznacza to jednak konieczności odpowiedzi na wszystkie pytania, gdyż w złożonej strukturze tez istnieje opcja odpowiedzi „nie mam zdania”, która może być wybrana w przypadku braku wiedzy lub wystarczających kompetencji eksperta w danym temacie. Wybór tej

opcji skutkuje zmianą ścieżki decyzyjnej, po której porusza się respondent wewnątrz tezy.

W przypadku foresightu odpadów nieorganicznych badanie realizowane zostało w pięciu osobnych polach badawczych: chemia nawozów mineralnych, chemia krzemu, technologie recyklingu i utylizacji odpadów, uwarunkowania ekonomiczne, aspekty ekologiczne i społeczne - każdemu polu badawczemu odpowiada dział kwestionariusza. Tezy interdyscyplinarne mogą być włączone do odrębnego działu. Polom badawczym powinny odpowiadać panele tematyczne.

- W odniesieniu do każdej z tez zadawanych jest kilka standardowych pytań, dotyczących m.in.:
 - a. możliwy czas realizacji/ wdrożenia,
 - b. prawdopodobieństwo realizacji dla różnych możliwych terminów,
 - c. innowacyjność, istotność,
 - d. ograniczenia/bariery we wdrożeniu,
 - e. dostępna infrastruktura badawczo-rozwojowa,
 - f. pozycja konkurencyjna technologii/gałęzi przemysłu na tle innych krajów,
 - g. społeczne i ekologiczne aspekty wdrożenia: wpływ na wzrost zatrudnienia.
- Respondenci mogą wskazywać powiązania tez, tj. warunkować spełnienie tezy wcześniejszym spełnieniem (lub nie) innych tez znajdujących się w kwestionariuszu; można również dopuścić możliwość definiowania zdarzeń warunkujących w sposób swobodny.
- W trakcie kolejnej rundy respondentom prezentowane są:
 - a. Zbiorcze odpowiedzi z pierwszej rundy oraz odpowiedź własna – respondent może utrzymać swoją opinię lub zmienić ją pod wpływem opinii innych.
 - b. Respondenci nie znają odpowiedzi konkretnych osób, lecz znają skład zespołu ekspertów poprzedniej rundy, określonym osobom przypisują współczynniki wiarygodności (od 0 do 1 lub „nie wiem”) w ustalonych działach tematycznych.
 - c. Wybrani respondenci o dużej wiarygodności weryfikują anonimowo konkretne ankiety (wybrane działy).

Celem analizy wiarygodności jest identyfikacja tych odpowiedzi, które – pomimo ewentualnie małej reprezentatywności lub nawet skrajności, najlepiej odpowiadają stanowi faktycznemu.

W niniejszym projekcie **druga runda** badań była jednocześnie rundą końcową. Z tego względu należało szczególnie starannie przeanalizować rezultaty badań pierwszej rundy, by wykryć ewentualne luki oraz zidentyfikować nowe problemy, które pojawiły się w trakcie badań pierwszej rundy. Ponadto sformułowano pytania doprecyzowujące tezy, gdzie rozbieżność odpowiedzi była największa, lub respondenci stosowali przeważnie opcję „nie wiem”.

Ankieta drugiej rundy powinna była skierowana do ok. 30-40 osób, które w sposób

najpełniejszy wypełniły ankietę pierwszej rundy. Ilość tez drugiej rundy powinna wynosić nie więcej niż 50-60% ilości tez z ankiety pierwszej rundy. Redukcja ta została skompensowana spodziewanymi pełniejszymi odpowiedziami, niż średnia dla rundy pierwszej, oraz ich jakością.

2.3. Ogólne zasady formułowania problematyki badań delfickich

Definiowanie problematyki

Ankiety powinny być opracowane przez członków Paneli Tematycznych, na podstawie wyników wstępnego badania potrzeb i istotności problemów, tzw. rundy zerowej, a zatwierdzane przez Panel Główny.

Definiowanie tez delfickich, a badanie popytu na produkty i możliwości technologicznych

O wykorzystaniu innowacyjnym nowych technologii nieorganicznych zadecydują głównie kwestie popytowe (czego przemysł i konsumenci będą chcieli i na co będzie ich stać) oraz technologiczne (powstanie konkurencyjnych biotechnologii dla produktów końcowych, zmiana zapotrzebowania na półprodukty ze strony innych gałęzi przemysłu), a w mniejszym stopniu podażowe (co nauka i technika mogą zaproponować). Należy pamiętać, że nauka i technika opracowują nowe idee i technologie ze znacznym nadmiarem i wyprzedzeniem w stosunku do potrzeb ekonomiczno-społecznych. Np. telefonia komórkowa była opracowana w czasie II wojny światowej, a jej pełniejsze wykorzystanie ekonomiczno-społeczne nastąpiło ponad 40 lat później. Technologia kolorowych ekranów LCD pochodzi z lat sześćdziesiątych XX wieku, wykorzystana na szeroką skalę została w latach 90-tych, a technologią dominującą stała się dopiero kilka lat temu. Aby określić szanse wdrożeniowe i ekonomiczne poszczególnych idei niezbędne jest nie tylko dobre oszacowanie popytu, lecz także gruntowna wiedza, na jakim etapie opracowania technologicznego znajdują się rozmaite pochodne takich pomysłów. Kwestie popytowe są często decydujące, ale nie można poprawnie postawić pytań o ewentualny popyt bez wiedzy o możliwej podaży. Stąd tak ważna jest ścisła współpraca przedstawicieli nauki oraz przemysłu etapie analizy delfickiej i w panelach ekspertów.

2.4. Zasady wyboru ekspertów do badań delfickich

Przedstawione niżej zasady opierają się na doświadczeniach Grupy Inicjatywnej Procesu *Foresight* w MNiI, kierowanej przez minister prof. E. Okoń-Horodyńską w latach 2003-2004, realizacji projektów foresight w latach 2002-2010 w ramach ESTO i ETEPS przez Fundację Progress & Business oraz na wcześniejszych opracowaniach autora niniejszego opracowania [3].

Na wszystkich etapach badań delfickich należy wyraźnie nawiązywać do hierarchii celów projektu.

Przypomnijmy, że celami tymi są:

Analiza specyficznych szans Polski w zakresie badań i innowacyjności gospodarczej w dziedzinie chemii nieorganicznej, opracowanie priorytetów polityki naukowej

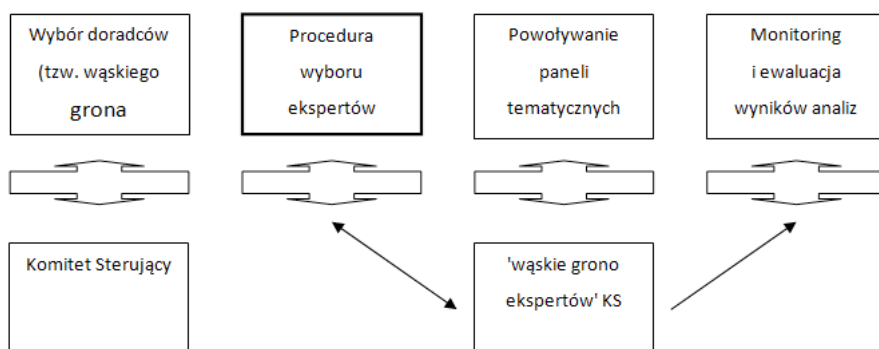
i innowacyjnej w tej dziedzinie.

Mobilizacja poparcia społecznego i politycznego dla działań określonych w ramach procesu *Foresight* w zakresie badania strumieni odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego i ich oddziaływań środowiskowych, ekonomicznych i społecznych.

Cele projektu powinny być wymienione w liście przewodnim do kandydatów na ekspertów procesu *Foresight*, aby wiedzieli oni, czego od nich się oczekuje. List ten powinien też zapytywać o zgodę kandydata na nieodpłatne uczestnictwo w procesie Foresight w charakterze eksperta (odpłatne mogą być tylko konkretne prace – ekspertyzy im zlecone i faktycznie wykonane, można też rozważyć wypłatę honorariów uczestnikom drugiej rundy), oraz prosić o wypełnienie odpowiedniej ankiety.

Wybór ekspertów

Wybór ekspertów jest jednym z podstawowych czynników decydujących o jakości rezultatów, które będą osiągnięte w procesie foresightu. Miejsce tej procedury w procesie ilustruje diagram poniżej.



Rys.2.1. Schemat zarządzania zasobami eksperckimi w procedurze delfickiej

Wybrana do udziału w analizie grupa ekspertów spełniała następujące warunki:

A. Warunki związane z tematyką procesu foresight:

- Wybrany przez Komitet Sterujący (predefiniowany) zakres tematyczny procesu został pokryty przez kompetencje grupy ekspertów (dyskusja pojęcia „pokrycie tematu” podana jest dalej).
- Otrzymane pokrycie jest optymalne w ściśle określonym sensie.
- Proces rekrutacji ekspertów pozwala na dotarcie do co najmniej reprezentatywnego dla wybranej tematyki zbioru ekspertów; w idealnym przypadku rekrutacja odbywa się z grona wszystkich osób uprawnionych i kompetentnych.

B. Warunki i kryteria związane z funkcjonowaniem panelu ekspertów:

- Zapewniony jest mechanizm szybkiej i efektywnej eliminacji zgłoszeń ekspertów nie spełniających wymagań dotyczących kompetencji, lub nie

dających pewności co do działania zgodnego z celami POIG.

- Zapewniona została dynamika panelu ekspertów, a w szczególności eliminacja spośród ekspertów uprzednio zakwalifikowanych osób podających dane w oczywisty sposób nieprawdziwe, niesprawdzone lub nieprzydatne dla procesu foresight, przy równoczesnej możliwości dołączania w miarę potrzeb nowych ekspertów.
- Stworzono możliwość szybkiego tworzenia paneli i minipaneli do rozwiązywania szczegółowych problemów, przy zapewnieniu optymalnej reprezentacji wiedzy z danej dziedziny (utworzenie panelu spośród ekspertów z podstawowej grupy, podjęcie decyzji o ewentualnym dokooptowaniu dalszych osób).
- zapewniono monitoring dyspozycyjności ekspertów.

C. Warunki zapewniające heurystyczny charakter procesu:

- Eksperti są zarówno gotowi, jak i uprawnieni do proponowania zmian w zakresie tematyki procesu.
- Pod uwagę brane są opinie osób, które mogą potencjalnie przedstawiać nowatorskie rozwiązania, opinie łączące metodologie różnych dziedzin wiedzy, opinie osób będących reprezentantami kierunków interdyscyplinarnych lub dziedzin badawczych słabo reprezentowanych w formalnej strukturze polskiego sektora B+R i/lub opinie, które mogą prezentować nowe implikacje praktyczne decyzji podejmowanych w procesie foresight.
- Wykorzystany jest potencjał intelektualny środowisk słabo do tej pory zintegrowanych z polskim systemem instytucji B+R.

D. Warunki związane z ograniczeniami czasowymi, organizacyjnymi i finansowymi:

- Koszt procesu wyboru ekspertów nie przekracza ustalonych limitów.
- Wybrana grupa jest zdolna do efektywnej realizacji procesu foresight, w szczególności w skład tworzonych zespołów wchodzi osoby chętnie i efektywnie ze sobą współpracujące, zespoły wymieniają informacje ze sobą oraz zapewniony jest skuteczny i szybki przepływ informacji do i od wąskiej grupy ekspertów.
- Uwzględniana jest – przynajmniej potencjalnie - opinia instytucji lub sektorów ważnych z punktu widzenia polityki gospodarczej i naukowej Państwa.
- Procedura wyboru ekspertów jest koherentna z innymi elementami procesu *foresight*, np. z tworzeniem odpowiedniego zaplecza w zakresie *public relations* oraz z budową systemu konsultacji społecznych.

Niektóre z powyższych warunków mogą być wyrażone ilościowo i traktowane jako kryteria określające jakość całej grupy ekspertów (albo – równoważnie – procedury wyłaniania ekspertów). Istnieje tu pozorna sprzeczność z dotychczas proponowanymi zasadami wyboru ekspertów, gdzie ocenie podlegali oni indywidualnie, na podstawie

przypisywanych im wartości kryteriów charakteryzujących poszczególne osoby. Wadą takiego podejścia jest m.in. stosowanie różnych i niepowiązanych ze sobą zbiorów kryteriów dla różnych kategorii ekspertów, np. osób doświadczonych, młodych pracowników nauki, przedstawicieli mediów. Tworzenie grup o pożądanych własnościach polega w tym podejściu na wstępnym ustalaniu limitów (kwot) reprezentantów dla poszczególnych dziedzin nauki i technologii. Podejście to nie uwzględnia łączenia wiedzy w różnych dyscyplinach przez ekspertów, wydaje się jednak, że dominuje ono w dotychczasowej praktyce klasyfikacji w nauce polskiej.

Problem oceny wyboru grupy ekspertów

Nie jest oczywiście ani możliwa, ani uzasadniona rezygnacja z indywidualnej oceny ekspertów, natomiast rozwiązanie przedstawionego wyżej problemu zapewnienia pożądanego składu grupy ekspertów polegać może na odpowiednim powiązaniu kryteriów grupowych z kryteriami indywidualnymi [4].

Wybór grupy związany jest bezpośrednio ze spełnieniem wymienionego w punkcie A powyżej warunku tematycznego pokrycia wyznaczonej tematyki. Pojęcia ‘pokrycia tematycznego’ należy do zbioru metod zwanego ‘S&T Mapping’, uznawanego za jeden z filarów procesów foresight i często stosowanego w procesach foresightu technologicznego w Unii Europejskiej. Podejście to w zastosowaniu do procedury wyboru ekspertów polegałoby na tym, że przypisanie pracownika nauki czy eksperta do określonej dziedziny wiedzy zastąpione byłoby ilościowym, opartym o metody scjentometryczne i bibliometryczne opisem jej/jego dorobku badawczego w obszarach bardzo szczegółowych zagadnień, reprezentowanych przez zestawy słów kluczowych. Następnie zagadnienia te grupuje się przy pomocy algorytmów grupujących (*clustering*), otrzymując indywidualny profil dorobku eksperta. Zbiór zagadnień nazywamy pokryty ze wskaźnikiem g przez panel ekspertów, gdy dla każdego zagadnienia z zespołu suma wskaźników pokrycia jest większa lub równa od g. Natomiast przez krotność pokrycia danego zagadnienia rozumiemy ilość ekspertów posiadających dorobek należący do tego zagadnienia.

Otwarta metoda rekrutacji

Opis ogólny metody:

Ideą tej metody jest pozyskiwanie możliwie dużej ilości zgłoszeń, a następnie ich wstępna automatyczna filtracja. Ocena indywidualna bierze pod uwagę przydatność eksperta w grupie, tj. pokrycie wszystkich poszukiwanych specjalności lub umiejętności. Dalsze kroki procedury wyboru, oparte na weryfikacji danych i ocenie merytorycznej przez Komitet Sterujący mogą być podobne, przy czym część porównawczą oceny zacieśnia się do pól zbliżonych do dyscypliny ocenianego kandydata.

Założenia techniczne:

Wskazane jest stworzenie aplikacji internetowej do rejestracji kandydatów spełniającej odpowiednie wymogi ergonomii i bezpieczeństwa. Można oprzeć się

na systemie zgłoszeń kandydatów na ewaluatorów 7PR UE. Aplikacja taka musi umożliwiać przekazywanie i archiwizację plików pomocniczych, takich jak zeskanowane świadectwa, dyplomy, publikacje, patenty, raporty, referencje itp. Dopuszczalna jest także rejestracja ekspertów przy pomocy tradycyjnych formularzy. W obu przypadkach kandydaci muszą wyrazić zgodę na przetwarzanie ich danych osobowych do celów związanych z realizacją Projektu.

Procedura rejestracji kandydatów i wyboru ekspertów

Krok 1. Wszyscy kandydaci (także ci nominowani i rekomendowani) dokonują wpisu swoich danych korzystając z internetowego systemu rejestracji lub off-line. W kroku pierwszym kandydat wpisuje swoje curriculum zawodowe z dokładnym opisem doświadczenia i umiejętności. Każda z wprowadzonych publikacji, raportów, ekspertyz i patentów zostaje sklasyfikowana przez wprowadzającego przy pomocy ustalonej liczby (propozycja : maks. 5) słów kluczowych.

Krok 2. W oparciu o wprowadzone dane, system automatycznie wylicza dwa syntetyczne wskaźniki: 'moc osądu naukowego', opartą o dane i metody scjentometryczne oraz 'spodziewaną innowacyjność' kandydata. Komitet Sterujący określa progowe wartości tych wskaźników, kandydaci których ocena wyrażona w co najmniej jednym ze wskaźników pozostaje poniżej wartości progowych są odrzucani. Dla pozostałych wyznaczana jest ich lokalizacja w badanym obszarze tematycznym oraz względny ranking w tym obszarze. Pod uwagę brana jest także ocena specjalizacji 'horyzontalnej' (w rozumieniu 7.PR), np. zarządzanie technologiami. Ta druga bierze też pod uwagę różnorodność ekspertyzy, a więc i interdyscyplinarność zainteresowań kandydata. Jednolite i alternatywne dla każdego kandydata potraktowanie specjalności 'horyzontalnych' i 'wertykalnych' stworzy dla każdego z nich podwójną szansę kwalifikacji i usunie konieczność agregacji wskaźników oceniających walory 'horyzontalne' i 'wertykalne'. Komitet Sterujący określi pożądaną 'grubość pokrycia' każdej specjalności, g(s), która określać będzie pośrednio również maksymalną łączną liczbę aktywnych ekspertów. Kandydaci, których względny ranking mieścić się będzie wśród najlepszych g(s) kandydatów otrzymają automatycznie wygenerowaną przez aplikację wiadomość z zaproszeniem do przysyłania dokumentów źródłowych.

Ocena kandydatów, którzy złożą komplet dokumentów, będzie weryfikowana przez członków Panelu Głównego lub ekspertów Komitetu Sterującego. Weryfikacji podlegać będzie specjalność naukowa kandydata, prawdziwość podanych danych, ponadto ocenianych może być np. 5 najlepszych publikacji. Kandydaci zweryfikowani pozytywnie zostaną wpisani do rejestru aktywnych ekspertów. Podanie nieprawdziwych danych wyłącza kandydata z dalszego procesu, tworzony jest również rejestr takich kandydatów.

W miarę dalszych zgłoszeń tworzona jest również lista h(s) kandydatów rezerwowych w każdej specjalności. Wpisujący są na nią zweryfikowani pozytywnie eksperci, którzy przesunięci zostali na pozycję wyższą niż g(s) poprzez rejestrację nowego kandydata o wyższym rankingu.

W miarę potrzeb powołuje się panele ekspertów spośród kandydatów o najwyższym rankingu w odpowiednich specjalnościach. W przypadku niedyspozycyjności ekspertów z listy aktywnej zapytania wysyła się do ekspertów z listy rezerwowej. Alternatywnie, powoływanie ekspertów do zespołów może być dokonywane drogą losowania z jednej lub obu list. W losowaniu można uwzględniać ranking eksperta poprzez przypisanie większych prawdopodobieństw wylosowania do wyższych rankingów.

Alternatywna metoda powoływania zespołu ekspertów

Alternatywna metoda selekcji, tzw. metoda kaskadowa [5] polega na tym, że kolejni zaakceptowani eksperci proponują następnych, eksperci Komitetu Sterującego (EKS) dokonują weryfikacji biorąc pod uwagę „łączną wagę” nominacji, przy czym każdy nominujący ma przypisany pewien współczynnik, zależny od trafności wcześniejszych nominacji (potwierdzonych wcześniejszymi decyzjami EKS) oraz od własnej zagregowanej oceny uzyskanej od EKS. W ten sposób pracochłonność każdej następnej grupy oceny ekspertów maleje wraz ze wzrostem wagi obliczanej automatycznie oceny trafności nominacji. Wskaźniki oceny zweryfikowanych ekspertów są dynamiczne, tj. uwzględniane są zarówno informacje dodatkowe dostarczane przez kandydata, jak i ocena przez KS wykonanych prac i trafność opinii wyrażonych w procesie foresightu.

W procesie *Foresight* istotna jest rola członków wąskiej grupy ekspertów własnych Komitetu Sterującego. Powinni oni być członkami paneli tematycznych i mieć prawo uczestniczyć w zebraniach dowolnego panelu w charakterze obserwatorów. Komitet Sterujący – oprócz innych zadań przy selekcji ekspertów bądź instytucji – powinien wykorzystywać tę grupę w charakterze recenzentów wewnętrznych przebiegu i wyników procesu *Foresight*, a także do określania współczynników wiarygodności ekspertów.

2.5. Analiza wiarygodności odpowiedzi i respondentów

Każdy z ekspertów biorących udział w badaniu ma dla każdego pola badawczego przypisany pewny współczynnik liczbowy z przedziału (0,1), zwany współczynnikiem wiarygodności.

Początkowa wartość tego współczynnika określona zostaje na podstawie ewaluacji danych podanych przez kandydata na eksperta, a także biorąc pod uwagę samoocenę ekspertów, bowiem właściwą ankietę poprzedza wypełnienie arkusza samooceny eksperta. Respondenci oceniają swoje kompetencje w następujących obszarach, wyszczególnionych w tabeli 2.1:

Tabela 2.1 Obszary samooceny ekspertów biorących udział w badaniach delfickich

Technologia		Ekonomika		Ochrona		Badania		Badania	
chemiczna: procesy- produkty-odpady		przemysłu – rynk		i inżynieria środowiska		społeczno- ekologiczne		i rozwój	
Teoria	Praktyka	Teoria	Praktyka	Teoria	Praktyka	Teoria	Praktyka	Teoria	Praktyka

Samoocenie kompetencji ekspertów w skali od 1 do 5 przypisane są następujące określenia werbalne:

1. Nie interesuję się tymi zagadnieniami.
2. Posiadam tylko ogólne wiadomości na ten temat.
3. Znam dobrze tylko niektóre zagadnienia związane z tym tematem.
4. Posiadam aktualną wiedzę z tej tematyki.
5. Jestem specjalistą w tej dziedzinie.

Powyższą samoocenę korygował Komitet Sterujący projektu na podstawie analizy ankiet po I rundzie badania Delphi. Za poszczególne tezy przypisane do w/wym. zakresów kompetencji ekspert dostaje „+” lub „-”, lub 0. Oceny „-”, przyznawane są odpowiedzi „nie mam zdania” oraz za brak odpowiedzi otwartych (uzasadnij). Oceny „+” przyznawane są za logiczne uzasadnienie decyzji eksperta, niezależnie od tego, czy jego opinia jest zbieżna z intencją pytającego (potwierdza tezę) czy też nie.

Powyższa metoda zakłada ocenę wiarygodności już po dopuszczeniu eksperta do badania delfickiego. Mogła ona zostać z powodzeniem zastosowana w Projekcie ze względu na stosunkowo niewielką liczbę kandydatów (114 zakwalifikowanych osób). W przypadku badań dotyczących wielu dziedzin i wymagających zaangażowania znacznie większej ilości ekspertów, celowe jest określenie tzw. wiarygodności początkowej, tzn. przed rozpoczęciem badania. Współczynnik ten można określić na kilka sposobów:

- Można dokonać kategoryzacji ekspertów ze względu na kryteria formalne zawarte w CV (wykształcenie, patenty, publikacje, doświadczenie w przemyśle), na podstawie danych podanych przez kandydatów, weryfikowanych jedynie wrywkowo,
- Wiarygodność może być określona poprzez przyjęcie danych z innych badań, prowadzonych przez inne instytucje,
- Można też przyjąć jednakową wiarygodność początkową ekspertów we wszystkich polach, w których zgłosili swoje kompetencje, ograniczając analizę wiarygodności jedynie do oceny udziału w naszym badaniu.

Dalsze modyfikacje wartości współczynnika wiarygodności zależą od:

- spójności odpowiedzi w ankietach,
- trafności samooceny kompetencji w poszczególnych poddziedzinach,
- ocen innych ekspertów.

Aktualizacja współczynników może być dokonywana po zakończeniu każdej rundy badań, a także być elementem rundy kolejnej lub prac panelu.

Wykorzystanie współczynników wiarygodności

Wiarygodność ekspertów powinna posłużyć do wskazania tych odpowiedzi, które zostałyby odrzucone w przypadku zastosowania metod statystycznych. Można tu zastosować metodę sum ważonych oraz metody klasteryzacji.

2.6. Zakres tematyczny badań

Jednym z najważniejszych zagadnień będących przedmiotem badania delfickiego jest określenie kluczowych technologii odzysku i unieszkodliwiania odpadów grupy 06 [6]. Związane jest to z wysoce niezadawalającym poziomem odzysku w Polsce wynoszącym obecnie jedynie ok. 18 % (wagowo) ilości wytwarzanej. Poziom odzysku jest przy tym bardzo różny dla poszczególnych odpadów i wynosi od 97,17% dla niektórych osadów z zakładowych oczyszczalni ścieków do 0% dla fosfogipsów wymieszanych z żużłami, popiołami paleniskowymi, i pyłami z kotłów (podgrupa 06 09 81) czy dla wodorotlenku wapniowego [7]. Szczegółowy zakres badań podany jest w tabeli 2.2.

Tabela 2.2. Systematyzacja działów badania delfickiego w Projekcie

Polityka-ekologia	Rozszerzenie Dyrektywy KE nr 2008/1/WE-wzmocnienie roli BAT
	REACH-konieczność rejestracji w systemie odpadu, który podlega odzyskowi w sposób inny niż prosty recykling
	Pakiet klimatyczny-limity emisji, koszty, ograniczenia
	Ocena oddziaływania technologii na środowisko-koszty i zalety
	Skutki przemieszczania zanieczyszczeń pomiędzy komponentami środowiska
	Interwencje gospodarcze: dopłaty/opłaty środowiskowe
	Polityka rolna (nawożenie, uprawy ekologiczne, dopłaty)
Otoczenie ekonomiczne	Kryzys światowy/cykle koniunkturalne
	Dynamika popytu na produkty nieorganiczne
	Ceny rynkowe/koszty-konkurencyjność
	Ceny paliw i energii (gaz)
	Konkurencja pozaunijna
Otoczenie społeczne	Akceptacja uciążliwości przemysłu-miejsca pracy a czystość ekologiczna najbliższej okolicy
	Gospodarka odpadowa na poziomie lokalnym i samorządowym
	Świadomość ekologiczna pracowników i mieszkańców
	Akceptacja dla zakładów/procesów odzysku i unieszkodliwiania odpadów w pobliżu miejsca zamieszkania
Rynek	Rynek surowców mineralnych
	Rynek nawozowy, podaż popyt, okresowość
	Rynek bazowych chemikaliów nieorganicznych
	Import/eksport technologii nieorganicznych
	Powiązania międzybranżowe

Odpady jako produkty	Fosfogips-największy obecnie odpad nieorganiczny (tonażowo)
	Słabo zbywalne produkty około-sodowe
	Siarczan żelazawy/odpady z produkcji bieli tytanowej
	Odpadowy kwas siarkowy
	Osady z zakładowych oczyszczalni ścieków przemysłu chemicznego
	Dynamika i zmiany struktury wagowej powyższych odpadów
Technologie	Kwas fosforowy i skoncentrowane nawozy fosforowe i NPK
	Soda
	Biel tytanowa
	Kwas siarkowy, w tym pometalurgiczny
	Pozostałe technologie nieorganiczne
Badania i rozwój	Badania związane z procesami odzysku i unieszkodliwiania odpadów
	Procesy odzysku/recyklingu odpadów nieorganicznych
	Utylizacja odpadów i rekultywacja terenów poodpadowych
	Nowoczesne techniki separacji (np. nanofiltracja, techniki membranowe)
	Badania związane z komplementarnymi produktami, procesami i schematami zużycia
	Biotechnologie produktów nieorganicznych
	Nanotechnologie
	Badania nad zwiększaniem przyswajalności składników nawozowych
	Zamienniki funkcjonalne (inne związki do tych samych zastosowań)
	Technologie wyspecjalizowanych produktów niskotonażowych o wysokiej wartości dodanej
	Badania związane ze zmniejszeniem oddziaływania na środowisko istniejących procesów produkcyjnych

Pytania ankiet delfickich odnoszące się do poszczególnych zagadnień wymienionych w tabeli 2.2. mają charakter złożony i zawierają zarówno elementy strukturyzowane (tzw. semafore logiczne, pola wyboru), jak i możliwość wpisywania narracyjnych uzasadnień. Ankieta jest z zasady anonimowa, tzn. analizowane jest zbior wypowiedzi, a nie poszczególne głosy ekspertów, jednak respondenci mogą zaznaczyć, że zgadzają się na cytowanie swoich opinii wyrażonych w narracyjnych uzasadnieniach poszczególnych tez. Przykłady złożonych pytań ankietowych, pokazane są na rysunkach 2.2 i 2.3.

INNOWACJA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

ANKIETA RUNDY 1

TEZA nr 1: Nowa ustawa o odpadach, stanowił będzie transpozycję dyrektywy Parlamentu Europejskiego (kody 2008/541/WE) w sprawie odpadów i zastąpi dotychczasową ustawę o odpadach z 2001 r. Nowa ustawa wprowadzi mechaniczny sortowanie odpadów zgodnie z zasadami interesownego recyklingu, w tym prowadzące do zwiększenia odzysku odpadów.

Pytanie 1: Czy Pana/Pani zdaniem zmiana ustawy pozwoli na osiągnięcie zakładanych celów wzrost odzysku przy jednoczesnym uproszczeniu i uproszczeniu systemu zagospodarowania, szczególnie odpadów nieorganicznych (grupa 05)?

Pytanie 2: W jakim kierunku czasowym założenia ustawy spowodują wzrost udziału procesów odzysku?

Pytanie 3: Czy ewista Pań/Pani, że proponowane w nowej ustawie o odpadach zmniejszenie obciążań firm poprzez likwidację niektórych decyzji administracyjnych w gospodarce odpadami oraz wprowadzenie procedur uznawania substancji za produkt chemiczny i zmiany statusu odpadów ułatwi obrót produktami i wprowadzi wzrost konkurencyjności i przedsiębiorczości?

Pytanie 4: Czy Pana/Pani zdaniem wprowadzenie systemów kontrolnych w procedurach uznawania substancji za produkt chemiczny i zmiany statusu odpadów ułatwi obrót substancjami i odpadami i jednocześnie ograniczy występowanie sytuacji niepożądanych?

Pytanie 5: W jakim kierunku czasowym założenia ustawy pozwolą na uproszczenie obrotu odpadami?

Pytanie 6: Czy Pana/Pani zdaniem proponowane zmiany systemu opłat za składowanie odpadów pozwolą na zwiększenie ich roli w serwisie procesami gospodarczymi odpadami i kierunku uzyskania większych stopni odzysku?

Odpowiedzi:

- Tak
- Raczej tak
- Nie mam zdania
- Raczej nie
- Nie

Rys. 2.2. Przykład pytań ankiety – teza delficka dotycząca nowej ustawy dotyczącej odpadów [8]

INNOWACJA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

ANKIETA RUNDY 1

TEZA nr 5: Według danych z województwa łódzkiego dla odpadów z grupy 06 (darmowemu tak 2009) procentowa utylizacja (praktycznie nie ma) składowania) podaje się 8,2% ilości wytworzonych odpadów, pozostałe 1,8% procentem odzysku.

Pytanie 1: Czy znane procesy odzysku odpadów są w Polsce dobrze wykorzystane?

Pytanie 2: Czy zwiększenie opłat środowiskowych zmieni stopień ilości odpadów poddanych procesowi odzysku?

Pytanie 3: W jakiej perspektywie czasowej to nastąpi?

Odpowiedzi:

- Tak
- Raczej tak
- Nie mam zdania
- Raczej nie
- Nie

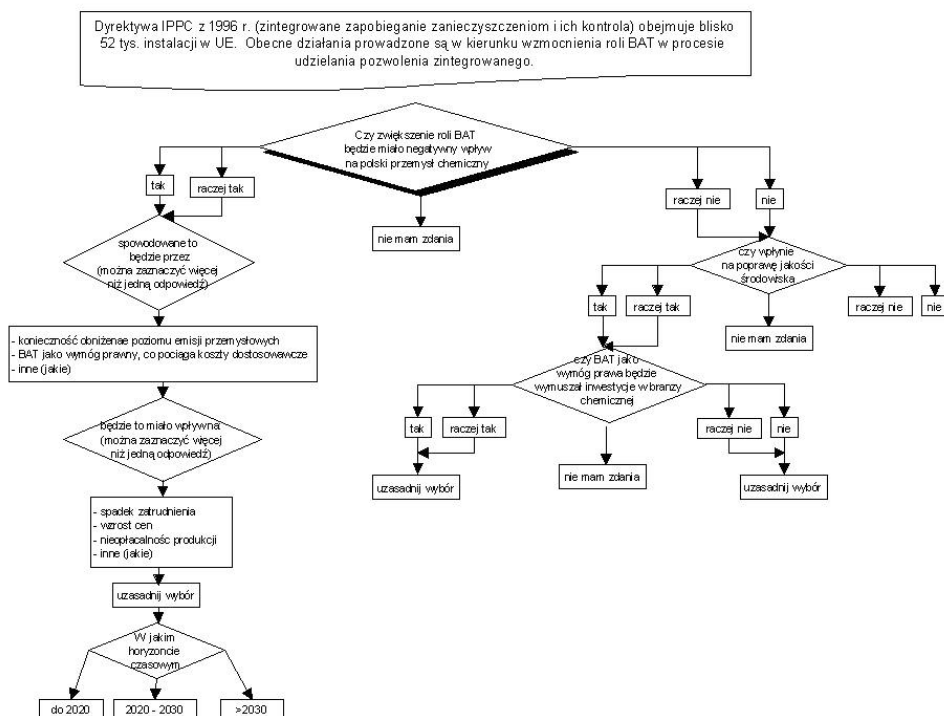
Koniec bieżącej tezy. Czy przejść do następnej tezy?

Odpowiedzi:

- tak
- nie

Rys. 2.3. Przykładowe pytania ankiety – teza delficka dotycząca trendów w zakresie procesów odzysku odpadów [8]

Struktura logiczna powyższych pytań może być przedstawiona graficznie na schemacie blokowym określającym powiązania i kolejność pytań. Przykład takiego schematu podany jest na rysunku. 2.4.



Rys. 2.4. Schemat pytań i odpowiedzi dotyczących wpływu zwiększenia roli tzw. Best Available Techniques (BAT) na polski przemysł chemiczny

2.7. Analiza ankiet delfickich

Zgodnie z przyjętymi założeniami, całokształt procesu badań delfickich monitorowany był przez Komitet Sterujący i Panel Główny Projektu, natomiast szczegółowa analiz wyników badań dokonana została przez panele tematyczne.

Statystyczna analiza odpowiedzi na ankiety delfickie, oparta na estymacji wartości oczekiwanych w przypadku foresightu nie ma sensu, gdyż celem naczelnym foresightu jest wykrycie zdarzeń i trendów nieoczekiwanych, których parametry sytuują się zawsze poza średnimi i artykułowane są przez stosunkowo niewielkie grono ekspertów.

Stosowana często w polskich badaniach foresightowych analiza statystyczna może zatem służyć jedynie do scharakteryzowania respondentów jako grupy (jest to celem badań opinii publicznej), gdy tymczasem celem foresightu jest scharakteryzowanie przedmiotu badań, w naszym przypadku przyszłych uwarunkowań dynamiki strumieni odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego.

Aby należycie wykorzystać informacje pozyskane podczas analiz delfickich, konieczne jest zastosowanie jednej lub kilku z następujących metod:

- a. Przypisanie poszczególnym deskryptywnym odpowiedziom ekspertów wartości liczbowych, po czym obliczenie średnich ważonych współczynnikami wiarygodności, a następnie powrót do oceny deskryptywnej poprzez znalezienie deskryptora najbliższego obliczonej wartości liczbowej.
- b. Identyfikacja elementów modelu rozwoju technologii, do których odnoszą się poszczególne tezy, z podziałem na zmienne egzogenne, czynniki sprawcze, bezpośrednią ocenę wartości zmiennych endogennych.
- c. Konstrukcja wskaźników ilościowych na podstawie ilości odpowiedzi prostych (np. TAK/NIE lub wybór z pola wyboru) na poszczególne pytania tezy, ważonych współczynnikami wiarygodności. W ten sposób określić można np. trend logistyczny dla dystrybucyjności rozkładu prawdopodobieństwa zajścia pewnego zdarzenia w przyszłości, gdy eksperci odpowiadali na pytanie typu: „Czy zdarzenie X zajdzie przed rokiem Y1/Y2.../Y_K”.

Modele analityczne wykorzystujące dane uzyskane z badań delfickich

Przed rozpoczęciem badań delfickich należy ustalić przewidywany sposób i zakres wykorzystania tych danych, w szczególności planowane w dalszej analizie klasy modeli trendów i sprzężeń pomiędzy analizowanymi wielkościami i zjawiskami. Pytania w ankietach delfickich powinny umożliwić co najmniej identyfikację współczynników tych modeli, a w przypadku bardziej zaawansowanych uczestników – także postać strukturalną tych modeli. Bardzo istotne jest też odkrycie lub potwierdzenie przez uczestników badań związków przyczynowo-skutkowych pomiędzy zdarzeniami, trendami i zmiennymi. Związki takie mogą być opisane jakościowo, np. jako silne, słabe, dodatnie, ujemne, lecz podczas ankietowania powinno być możliwe uzyskanie także wstępnych ocen ilościowych.

W szczególności, na strumienie odpadów przemysłu nieorganicznego wpływ ma wielkość produkcji oraz stosowane technologie. Z kolei zapotrzebowanie na produkty tego przemysłu zależy od wielu czynników makroekonomicznych i społecznych, których oficjalne prognozy są dostępne w dokumentach strategicznych. Natomiast charakter wzajemnych zależności tych czynników, np. zależność współczynnika zużycia nawozów mineralnych na jednostki produkcji roślinnej od zastosowania odpowiednich agrotechnik i alternatywnych sposobów nawożenia, tylko w części poddaje się metodom modelowania ilościowego i stanowi wyzwanie dla zastosowania metod modelowania jakościowego rozwoju technologii. Dla przykładu, rozwój biotechnologii będzie miał istotny wpływ na zmniejszenie ilości wytwarzanych odpadów przy produkcji nawozów mineralnych, jednak – ze względu na brak danych ilościowych – odpowiedni model rozwoju musiałby mieć charakter jakościowo-heurystyczny.

W niniejszym projekcie możliwe jest zastosowanie trendów ilościowych do prognozowania strumieni odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego przy założeniu zastosowania określonego modelu technologicznego tego sektora. Alternatywne scenariusze będą wynikiem zmian modelu produkcji i zastępowania obecnie dominujących technologii przez technologie alternatywne, proekologiczne i biotechnologie wskazane przez ekspertów. Modele ewolucji technologicznej są modelami jakościowymi, a niezbędne informacje powinny być pozyskane od ekspertów właśnie podczas badań delfickich i dyskusji panelowych. W szczególności, modele ewolucyjne stosowane mogą być do badania technologii produkcji nawozów mineralnych, biorąc pod uwagę możliwości zastosowania nowych, lub znanych już, lecz jeszcze niestosowanych procesów chemicznych do produkcji znanych związków, a także możliwość zastosowania istotnie nowych związków bazowych i odpowiadających im procesów (model jakościowy substytucji technologii). Do określenia jakościowych własności takich modeli (i ewentualnie brakujących elementów ilościowych) zastosowane mogą być metody heurystycznego pozyskiwania danych od ekspertów w ramach analizy delfickiej i prac paneli.

Właściwy model prognostyczny będzie uwzględniać oba wymienione wyżej aspekty modelowania technologii i popytu, poprzez zastosowanie metody scenariuszy foresightowych do modelowania zmian jakościowych oraz odpowiednich modeli ilościowych stosowanych w analizie trendu, która będzie pomocna przy budowie scenariuszy. W szczególności, zmienne których wartości nie zostały określone w analizie literaturowej i statystycznej posłużyły do zdefiniowania części zapytań ankiety delfickiej.

W rezultacie, bazę wiedzy dla modeli stosowanych przy wyznaczaniu scenariuszy i rekomendacji stanowić będą zarówno szeregi czasowe dotyczące produkcji, cen i zużycia nawozów mineralnych, półproduktów i związków chemicznych stosowanych w procesach produkcyjnych, strumieni odpadów i ich ilości na składowiskach, a także informacje ilościowe i jakościowe pozyskane podczas analizy delfickiej, dotyczące technologii produkcji i modeli rynku wraz z systemem umożliwiającym aktualizację, ekstrakcję i wizualizację informacji zawartych w bazie. Na podstawie tych informacji możliwe jest przeprowadzenie analizy trendów w zakresie procesów technologicznych oraz związanych z cenami i produkcją oraz generowaniem odpadów (metoda *trend impact analysis* – pol.: warunkowej analizy trendów - WAT), wykonanie analizy SWOTC (patrz: rozdział 3, część II niniejszego opracowania), oraz metody badania sprzężeń trendów i zdarzeń (analiza strukturalna trendów, AST).

Powyższe modele posłużą do wygenerowania scenariuszy elementarnych, które następnie pozwolą na wyodrębnienie 3-5 scenariuszy głównych, opisujących najważniejsze alternatywy rozwoju sektora chemii nieorganicznej do roku 2030. Wyznaczane będą prognozy warunkowe, gdzie warunkami będą założenia definiujące scenariusze główne, co zapewni optymalne dopasowanie foresightowego modelu scenariuszowego do prognoz. Efektem końcowym będzie raport zawierający wyniki

analizy scenariuszy foresightowych z wnioskami dla instytucji zainteresowanych wdrożeniem rezultatów projektu.

2.8. Wnioski końcowe

Badania delfickie są w świecie nauki i w wielu branżach przemysłu w świecie uznana metodą badania perspektyw rozwojowych nauki i technologii, a nieodpłatny udział w nich jest powszechnie akceptowany i traktowany jako wkład do wspólnego wysiłku badawczego, z którego korzyści odniosą wszyscy interesariusze, podobnie jak ma to miejsce w przypadku recenzji artykułów w czasopismach naukowych. Eksperti – uczestnicy badania uzyskują dostęp do wyników badań, a ponadto symboliczne uhonorowanie respondentów np. poprzez umieszczenie listy ekspertów, którzy wzięli udział w badaniu w monografii projektu, czy też na stronie www, pozwala wykazać wielkość mobilizacji i zaangażowania środowiska naukowo-profesjonalnego w badania perspektywiczne w danej dziedzinie.

Całość badań realizowanych w ramach wspomnianego w niniejszym rozdziale projektu foresightowego dotyczącego strumieni odpadów nieorganicznych podsumowana zostanie opublikowaniem raportu końcowego zawierającego wyniki analizy scenariuszy foresightowych z wnioskami dla firm i instytucji zainteresowanych wdrożeniem rezultatów Projektu. Do sformułowania alternatywnych scenariuszy rozwoju przemysłu nieorganicznego i gospodarki odpadami w tym przemyśle będą wykorzystane odpowiedzi na pytania postawione w ramach analizy delfickiej i następnie opracowane metodami charakterystycznymi dla badań foresightowych.

Dotychczasowe doświadczenia z zakresu zastosowań prognoz, scenariuszy, rankingów technologii kluczowych i innych rezultatów foresightu w przemyśle wskazują na dużą przydatność tzw. roadmappingu technologicznego [9, 10] jako metody tworzenia planów inwestycyjnych i strategicznych. Zainteresowane przedsiębiorstwa mogą liczyć na wsparcie tego rodzaju procesów wdrożeniowych ze środków Programów Operacyjnych (np. POIG, działania 1.4-4.1, 5.2 i spodziewane analogiczne programy w kolejnym okresie programowania 2014-2020). Natomiast eksperci biorący udział w badaniach delfickich – poprzez dostęp do rezultatów badań – zyskają wiedzę niezbędną do prowadzenia prac wdrożeniowych w zainteresowanych firmach.

Literatura

1. Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – foresight technologiczny. *Materiały konferencyjne z sesji 3 XI Ogólnopolskiej Szkoleniowej Konferencji Naukowo Technicznej „NOWOCZESNE PROGRAMY EKOLOGICZNE: OCHRONA Środowiska przepisy, interpretacje, Rozwiązania, trendy” organizowanej przez realizatorów Projektu „Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – foresight technologiczny”*. Chemik 2010, 63, nr 12, s. 831-837
2. Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – foresight technologiczny. *Panel technologiczny. Relacja z dyskusji panelowej*. Chemik 2011, 65, nr 5, s.

457-465

3. Galar, R., Skulimowski, A.M.J, Wierzbicki, A.P. (2003). Zasady procedury wyboru paneli ekspertów oraz instytucji prowadzących konsultacje społeczne dla procesu Foresight. Ekspertyza Grupy Inicjatywnej Procesu *Foresight* w MNiI, listopad 2003
4. Skulimowski, A.M.J. *On the use of regional objectives in multicriteria decision making*, International Conference on MCDM, Semmering, 2002
5. Galar, R., Skulimowski, A.M.J, Wierzbicki, A.P. (2003). Zasady procedury wyboru paneli ekspertów oraz instytucji prowadzących konsultacje społeczne dla procesu Foresight. Ekspertyza Grupy Inicjatywnej Procesu *Foresight* w MNiI, listopad 2003
6. Cichy B., Skulimowski, A.M.J. *Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego w Polsce*. Przemysł Chemiczny 2010, 89, nr 10, s. 1319-1323
7. Praca zbiorowa „Problem odpadów nieorganicznych a rozwój przemysłu chemicznego w Polsce. Gliwice, kwiecień 2010; www.inorganicwaste.eu
8. Strona projektu „Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – foresight technologiczny”, www.inorganicwaste.eu
9. Skulimowski, A. M. J. *Metody roadmappingu i foresightu technologicznego — Methods of technological roadmapping and foresight*. Chemik 2009, 42, nr 5, s. 197-204
10. Skulimowski, A.M.J. *Freedom of Choice and Creativity in Multicriteria Decision Making*. W: Thanaruk Theeramunkong, Susumu Kunifuji, Cholwich Nattee, Virach Sornlertlamvanich (Editors) “Knowledge, Information, and Creativity Support Systems: KICSS2010 Revised Selected Papers”, Springer 2011, LNAI, vol. 6746, s. 190-203

ROZDZIAŁ 3

METODY ANALIZY SWOTC (STRENGTHS- WEAKNESSES- OPPORTUNITIES- THREATS- CHALLENGES)

ANDRZEJ M.J. SKULIMOWSKI¹

3.1. Charakterystyka analizy SWOTC

Analiza SWOTC (ang. Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats, Challenges) jest rozszerzeniem [1] powszechnie znanej metody analizy strategicznej SWOT, zorientowanym na nowe rodzaje zastosowań, m.in. w foresighcie technologicznym. Analiza SWOTC została opracowana w Fundacji Progress and Business w Krakowie i zastosowana po raz pierwszy w projekcie foresightowym finansowanym ze środków 5. Programu Ramowego UE FISTERA (*Foresight of the Information Society in European Research Area*) [1]. Ze względu na koordynację merytoryczną projektu FISTERA przez Komisję Europejską – DG JRC IPTS, zaproponowana i zaakceptowana przez KE nowa metodyka znalazła zastosowanie w podobnych analizach prowadzonych przez DG JRC. SWOTC doczekała się kolejnych zastosowań w wielu krajach świata i dalszych modyfikacji [2], bowiem charakterystyczną cechą SWOTC, w wyższym stopniu, niż ma to miejsce w przypadku SWOT, jest elastyczność tej metody, oznaczająca jednak konieczność dostosowywania jej do różnorodnych potrzeb. SWOTC zwiększa także kreatywność uczestników procesu planowania strategicznego [3]. Jedną z takich modyfikacji SWOTC, opracowaną na potrzeby foresightu odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego, przedstawiona jest w niniejszym rozdziale. Pozwala ona na jednolitą ocenę grupy obiektów (w naszym przypadku technologii) względem grupy tych samych kryteriów, a następnie zarówno na wyciągnięcie syntetycznych wniosków z połączonej analizy wszystkich obiektów, jak i na indywidualną analizę ewaluacji tych obiektów. Innymi cechami charakterystycznymi obecnej wersji SWOTC są m.in.

- implementacja on-line,
- możliwość analitycznego badania powiązań (S W) ↔ (O T C) w specjalnej tabeli TOWSC,
- możliwość przekształcenia ocen S-W w kryteria, a ocen O-T-C w miary niepewności, a następnie zastosowania analizy wielokryterialnej do oceny

¹AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica, Katedra Automatyki, Al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Centrum Nauk o Decyzji i Prognozowania, Fundacja Progress and Business, 30-041 Kraków, ul. Miechowska 5B

technologii,

- możliwość kwantyfikacji ocen ekspertów dla każdego kryterium i w każdej kategorii SWOTC.

Podobnie jak SWOT, SWOTC jest podstawą tworzenia każdej koncepcji strategicznej, pozwala także na diagnozę stanu (firmy, sektora przemysłowego, technologii, programu badawczego itp.). Zgodnie z nazwą, jest analizą słabych i mocnych stron oraz szans, zagrożeń i wyzwań. Wyróżnia się w niej obok możliwości i zagrożeń, jako czynniki egzogenne działające w przyszłości również Wyzwania (Challenges), których cechą charakterystyczną jest to, że mogą przekształcić się zarówno w możliwości jak i w zagrożenia, w zależności od podejmowanych decyzji lub zdarzeń niezależnych od decydenta. Pozwala ona na wyodrębnienie czynników i szans zależnych od właściwego podejmowania decyzji, czy dobrego rozpoznania i monitorowania warunków otoczenia. Dlatego też rozszerzenie to jest szczególnie przydatne w foresightcie korporacyjnym i sektorowym, gdzie istota metody sprowadza się do wskazania stanu przedsiębiorstwa (sektora, technologii stosowanych w sektorze/przedsiębiorstwie) oraz określenia, jak na jego rozwój wpływają czynniki zewnętrzne (otoczenie) i wewnętrzne (potencjał własny). Przypomnijmy, że słabe i mocne strony określane są w odniesieniu do czynników wewnętrznych, natomiast szanse, zagrożenia i wyzwania mają źródła poza badanym obszarem. Analiza SWOT lub SWOTC często stanowi podstawowy materiał do budowania strategii rozwoju, czy strategii konkurencji.

3.2. Zastosowania praktyczne SWOTC

Metoda SWOTC jest oparta na prostym schemacie klasyfikacji: wszystkie czynniki mające wpływ na bieżącą i przyszłą pozycję organizacji dzieli się na:

- wewnętrzne pozytywne – mocne strony (S),
- wewnętrzne negatywne – słabe strony (W),
- zewnętrzne pozytywne – szanse (O),
- zewnętrzne negatywne – zagrożenia (T),
- czynniki przyszłe, mogące przekształcić się w szanse lub zagrożenia – wyzwania (C).

W swojej najprostszej postaci metoda SWOTC polega na wypełnianiu przez każdego eksperta pięciopolowej tabeli, zawierającej wypunktowane silne strony, słabości oraz szanse, zagrożenia i wyzwania. Inny wariant metody – TCOWS, gdzie silne i słabe strony tworzą jedną oś układu współrzędnych, a zagrożenia, wyzwania i szanse – drugą, pozwala na określenie rodzaju związków pomiędzy silnymi i słabymi stronami – jako czynnikami obecnymi, na zidentyfikowane czynniki przyszłe. W naszej implementacji TCOWS nie stanowi odrębnej analizy, lecz może być użyta w celu doprecyzowania związków pomiędzy zidentyfikowanymi cechami SWOTC (rysunek 3.1).

Metoda SWOTC pozwala na stosunkowo łatwe przejście od etapu gromadzenia danych i ocen eksperckich do etapu planowania strategicznego. Wyróżnienie czynników niezależnych od poziomu kapitału firmy, czy od możliwości przeprowadzenia badań

i prac rozwojowych wskazuje na warunki brzegowe, które trzeba brać pod uwagę przy projektowaniu wizji rozwoju. Z analizy SWOTC można też wywnioskować, w jakim stopniu wyzwania mogą stać się słabą stroną, zagrożeniem, czy szansą. Z kolei tabela TOWSC pozwala na identyfikację zależności pomiędzy wyzwaniami, a silnymi lub słabymi stronami, jako efekt przekształcenia się wyzwań w odpowiednio szanse lub zagrożenia.

Struktura kryteriów SWOTC w każdym z analizowanych obszarów (S, W, O, T lub C) jest często zgodna ze schematem PEEST (lub STEEP, występującym także w uproszczonym wariancie jako PEST). Akronim PEEST oznacza czynniki Polityczno – Ekonomiczno - Ekologiczno – Społeczno – Technologiczne badanego otoczenia. PEEST/PEST jest typową metodą analizy otoczenia zewnętrznego, jednak mogą być użyte także do oceny cech wewnętrznych analizowanego obiektu, poprzez ich powiązania z otoczeniem.

Analiza SWOTC stwarza szanse wykorzystania mocnych stron badanego obiektu (technologii, przedsiębiorstwa itp.) i unikania słabych stron w tych obszarach, w których pojawiają się możliwości oraz zabezpieczenia przed zagrożeniami.

3.3. SWOTC w zastosowaniu do oceny technologii przemysłu nieorganicznego

W systemie do analizy SWOTC on-line opracowanym w Centrum Nauk o Decyzji i Prognozowania Fundacji Progress and Business eksperci dokonują oceny poszczególnych technologii podając cechy charakteryzujące obiekt w każdej z pięciu kategorii czynników strategicznych (silne strony, słabe strony, szanse, zagrożenia, wyzwania). Każda z tych kategorii posiada zestaw cech zdefiniowanych przez autorów analizy, przy czym istnieją odrębne zestawy cech dla silnych i słabych stron oraz wspólny zestaw cech dla szans, zagrożeń i wyzwań. Jednak każda z cech w kategoriach S i W może być przypisana do kryterium oceny wspólnego dla S i W, np. cecha (W) „brak odpowiedniej ilości zatrudnionych inżynierów” i cecha (S) „mocny własny ośrodek badawczo-rozwojowy” mogą być przyporządkowane do jednego kryterium „sytuacja kadrowa firmy”.

Oprócz możliwości wyboru cech zdefiniowanych, w każdej kategorii eksperci mogą również podawać swoje własne propozycje, których nie ma na liście cech. Dla każdej wybranej z listy lub zdefiniowanej cechy możliwe jest ustalenie współczynnika istotności określającej w jakim stopniu dana cecha wpływa zdaniem eksperta na analizowany obiekt. Po zebraniu danych z analiz wykonanych przez ekspertów dla poszczególnych obiektów możliwe jest określenie zbiorczej krotności występowania cech, które zostały przyporządkowane do danych grup oraz uśrednionej istotności oddziaływania danej cechy.

Na podstawie najczęściej wybieranych przez ekspertów cech oraz ich istotności poszczególne grupy czynników można poddać analizie wzajemnych powiązań TOWSC. Przykład tabeli TOWSC podany jest na rysunku 3.1.

		Szanse: O					Zagrożenia: T				
		1	2	3	↑	10	1	2	3	↑	10
Silne strony: S	1	A									
	2		A	B				A			
	3		A	A		B			B		
	·										
	10		A								
Słabe strony: W	1						C				
	2	C									
	3			C				D			
	·										
	10		D								
Wyzwania											

Rys. 3.1 Tabela powiązań TOWSC dla czynników strategicznych SWOTC

W zamieszczonym na rysunku 3.1 przykładzie występują następujące zależności:

- w segmencie S-O: A – silna strona szczególnie sprzyja szansie; B – silna strona sprzyja szansie,
- w segmencie S-T: A – silna strona bardzo łagodzi zagrożenie; B – silna strona łagodzi zagrożenie,
- w segmencie W-S: C – słaba strona poważnie przeszkadza szansie; D – słaba strona przeszkadza szansie,
- w segmencie W-T: C – Słaba strona potęguje zagrożenie; D – słaba strona zwiększa zagrożenie,
- niewypełnione pola tabeli oznaczają brak powiązania.

Ogólnie, analiza powiązań TOWSC sprowadza się to do odpowiedzi na następujące pytania:

- Czy dana mocna strona pozwoli wykorzystać daną szansę?
- Czy dana mocna strona pozwoli zniwelować dane zagrożenie?
- Czy dana mocna strona pozwoli na przekształcenie danego wyzwania na szansę?
- Czy dana słaba strona ogranicza możliwość wykorzystania danej szansy?
- Czy dana słaba strona potęguje ryzyko związane z danym zagrożeniem?
- Czy dana słaba strona zwiększa prawdopodobieństwo przekształcenia danego wyzwania w zagrożenie?

Analizując podane przez ekspertów cechy dotyczące wyzwań i porównując ich istotność oraz występowanie z analogicznymi cechami przypisanymi dla szans lub zagrożeń określić można, które z nich mogą przekształcić się w szansę lub zagrożenie.

3.4. Przykład analizy SWOTC

Tworząc analizę SWOTC wygodnie jest odpowiedzieć na zestaw przykładowych pytań, charakterystyczny dla klasy ocenianych obiektów. Przykład zestawu, który może być wykorzystany do zaprojektowania analizy typowego przedsięwzięcia ekonomicznego podany jest w tabeli 3.1.

Tabela 3.1. Przykład zagadnień służących do zdefiniowania cech obiektu SWOTC

SILNE STRONY	SŁABE STRONY
<ul style="list-style-type: none"> • Korzyści z przedsięwzięcia? • Możliwości? • Przewaga konkurencyjna? • <i>Unique selling points</i> (USP) czyli unikalne cechy, ważne dla nabywcy, których nie posiada oferta konkurencji? • Zasoby, aktywa, ludzie? • Doświadczenie, wiedza, dane? • Rezerwy finansowe, przewidywane zyski? • Marketing – dostępność, dystrybucja, świadomość? • Aspekty innowacyjne? • Lokalizacja i położenie geograficzne? • Cena, wartość, jakość? • Akredytacje, kwalifikacje, certyfikacje? • Procesy, systemy, w tym informatyczne, komunikacja? • Aspekty kulturowe, postawa, postępowanie? • Stan kadry kierowniczej, możliwe awanse i zmiany? 	<ul style="list-style-type: none"> • Wady przedsięwzięcia? • Brak możliwości rozwoju? • Brak siły konkurencyjnej? • Słaba reputacja? • Aspekty finansowe? • Własne, znane wrażliwe punkty? • Nieterminowa realizacja zamówień? • Przepływy pieniężne, brak środków finansowych na nowe przedsięwzięcie? • Nietrwałość łańcucha dostaw? • Zakłócenia podstawowej działalności? • Wiarygodność danych, mała przewidywalność planu? • Aspekty etyczne, brak zaangażowania, słabe przywództwo? • Brak akredytacji, itp.? • Procesy i systemy, itp.? • Stan kadry kierowniczej, możliwe awanse i zmiany?
SZANSE	ZAGROŻENIA
<ul style="list-style-type: none"> • Wydarzenia na rynku? • Słabe strony konkurentów? • Tendencje w branży lub stylach życia? • Rozwój i nowe technologie? • Wpływy globalne? • Nowe rynki, horyzontalne, wertykalne? • Rynki dla produktów niszowych? • Aspekty geograficzne, eksport, import? • Nowe cechy pojawiających się produktów? • Taktyka – korzystne nieprzewidywalne zmiany na rynku, główne kontrakty, itp.? • Rozwój przedsiębiorstwa i produktu? • Rynek badań, dostępność informacji? 	<ul style="list-style-type: none"> • Wpływ polityki? • Zmiany w prawie? • Wpływ środowiska naturalnego? • Rozwój systemów komputerowych? • Zamiary konkurencji? • Możliwa współpraca, przedstawicielstwa, dystrybucja? • Wielkość rynku, pojemność, podaż? • Aspekty związane z sezonowością, pogoda, wpływem mody? • Rosnące wymagania rynku? • Nowe technologie, usługi, pomysły? • Istotne umowy i partnerzy? • Czynniki hamujące rozwój? • Bariery wejścia na rynek? • Nie do pokonania czynniki zewnętrzne? • Utrata kluczowych pracowników? • Brak stałego wsparcia finansowego? • Stan gospodarki – krajowej, zagranicznych? • Sezonowość, wpływ pogody?

WYZWANIA

Wyzwania - czynniki przyszłe, które mogą się przekształcić w szanse lub zagrożenia (analizujemy wszystkie zdefiniowane wcześniej szanse i zagrożenia pod kątem możliwości ich przekształceń), ponadto:

- Pojawienie się nowych technologii, materiałów itp.
- Zmiany preferencji klientów
- Zmiany warunków realizacji przedsięwzięcia
- Pojawienie się nowych możliwości finansowania przedsięwzięcia

(kompilacja opracowań nt. SWOT, m.in. PUP Warszawa, Wyzwania wg PBF)

Poniżej przedstawiono przykładowe analizy eksperckie wypełnione w systemie SWOTC on-line na stronie www.foresight.pl dla pięciu technologii chemicznych wskazanych przez INS, Oddział Chemii Nieorganicznej „ICHN” w Gliwicach.

SILNE STRONY		SŁABE STRONY	
Cechy zdefiniowane:		Cechy zdefiniowane:	
1. Stały i przewidywalny rynek zbytu	Istotność: trudno określić	1. Brak odbiorców produktów ubocznych	Istotność: trudno określić
2. Rozwinięta infrastruktura krajowych odbiorców produktu technologii	Istotność: trudno określić	2. Szkodliwe oddziaływanie na środowisko	Istotność: trudno określić
3. Własne lub tanie i dostępne zaplecze badawczo-rozwojowe	Istotność: trudno określić	3. Konieczność składowania lub unieszkodliwiania powstającego odpadu	Istotność: trudno określić
4. Ustalona marka producentów/zaufanie odbiorców	Istotność: trudno określić	4. Wysokie koszty/opłaty środowiskowe	Istotność: trudno określić
SZANSE		ZAGROŻENIA	
Cechy zdefiniowane:		Cechy zdefiniowane:	
1. Nowe, innowacyjne technologie	Istotność: trudno określić	1. Zmienność kursów walut	Istotność: trudno określić
2. Nowe instalacje produkcyjne o niższym poziomie środowiskowym poza Europą	Istotność: trudno określić	2. Aktywne organizacje ekologiczne	Istotność: trudno określić
3. Dostępny krajowy potencjał badawczo-wdrożeniowy związany z technologią	Istotność: trudno określić	3. Zaostrzenie kryteriów emisji z instalacji (nowe BAT)	Istotność: trudno określić
4. Koszt transportu surowców	Istotność: trudno określić	Własne propozycje eksperta:	
		1. Nowe, innowacyjne technologie	Istotność: trudno określić
WYZWANIA			
Cechy zdefiniowane:			
1. Globalizacja			Istotność: trudno określić
2. Wdrażanie nowych BAT			Istotność: trudno określić
3. Wprowadzenie GHS/CLP			Istotność: trudno określić
4. Konkurencja krajów rozwijających się (Azja, Rosja, Ameryka Południowa)			Istotność: trudno określić
5. Zaostrzenie prawa środowiskowego w UE			Istotność: trudno określić

Rys. 3.2. Analiza SWOTC technologii przemysłu chemii nieorganicznej – kwas siarkowy [4]

Wszystkie cechy predefiniowane (S,W,O,T,C) opracowane zostały również przez Oddział Chemii Nieorganicznej „IChN” w Gliwicach przy współpracy z Fundacją Progress and Business. Są one identyczne dla wszystkich ocenianych technologii.

SILNE STRONY		SŁABE STRONY	
Cechy zdefiniowane:		Cechy zdefiniowane:	
1. Wykształcona i stabilna kadra	Istotność: trudno określić	1. Szkodliwe oddziaływanie na środowisko	Istotność: trudno określić
2. Stały i przewidywalny rynek zbytu	Istotność: trudno określić	2. Techniczne zużywanie się istniejących instalacji	Istotność: trudno określić
3. Rozwinięta infrastruktura krajowych odbiorców produktu technologii	Istotność: trudno określić	3. Niekorzystna lokalizacja zakładów, np. bliskość miast lub obszarów chronionych	Istotność: trudno określić
4. Ustalona marka producentów/zaufanie odbiorców	Istotność: trudno określić	4. Konieczność składowania lub unieszkodliwiania powstającego odpadu	Istotność: trudno określić
SZANSE		ZAGROŻENIA	
Cechy zdefiniowane:		Cechy zdefiniowane:	
1. Nowe, innowacyjne technologie	Istotność: trudno określić	1. Globalizacja	Istotność: trudno określić
2. Wprowadzenie GHS/CLP	Istotność: trudno określić	2. Zaostrzenie kryteriów emisji z instalacji (nowe BAT)	Istotność: trudno określić
3. Monopolizacja podstawowych technologii	Istotność: trudno określić	3. Koniunktura popytu na bazowe chemikalia spowodowana zmianami na rynku produktów rynkowych (konsumenckich)	Istotność: trudno określić
4. Monopolizacja (ograniczenie) dostępu do zagranicznych surowców mineralnych	Istotność: trudno określić	4. Wzrost świadomości ekologicznej społeczeństwa	Istotność: trudno określić
WYZWANIA			
Cechy zdefiniowane:			
1. Aktywne organizacje ekologiczne			Istotność: trudno określić
2. Konkurencja krajów rozwijających się (Azja, Rosja, Ameryka Południowa)			Istotność: trudno określić
3. Ingerencje organów UE w gospodarkę			Istotność: trudno określić
4. Coraz mniej dostępnych obszarów na składowanie odpadów			Istotność: trudno określić
5. Koszt transportu surowców			Istotność: trudno określić

Rys. 3.3. Analiza SWOTC technologii przemysłu chemii nieorganicznej – soda [4]


SILNE STRONY		SŁABE STRONY	
Cechy zdefiniowane:		Cechy zdefiniowane:	
1. Ustabilizowana pozycja produktu na rynku krajowym	Istotność: trudno określić	1. Brak odbiorców produktów ubocznych	Istotność: trudno określić
2. Stały i przewidywalny rynek zbytu	Istotność: trudno określić	2. Brak środków na wdrażanie procesów innowacyjnych	Istotność: trudno określić
3. Wzrost innowacji w technikach sterowania i kontroli procesów i operacji technologicznych	Istotność: trudno określić	3. Techniczne zużywanie się istniejących instalacji	Istotność: trudno określić
		4. Wysokie koszty/opłaty środowiskowe	Istotność: trudno określić
SZANSE		ZAGROŻENIA	
Cechy zdefiniowane:		Cechy zdefiniowane:	
1. Wdrażanie nowych BAT	Istotność: trudno określić	1. Nowe instalacje produkcyjne o niższym reżimie środowiskowym poza Europą	Istotność: trudno określić
2. Zaostrzenie kryteriów emisji z instalacji (nowe BAT)	Istotność: trudno określić	2. Konkurencja krajów rozwijających się (Azja, Rosja, Ameryka Południowa)	Istotność: trudno określić
3. Dostępny krajowy potencjał badawczo-wdrożeniowy związany z technologią	Istotność: trudno określić	3. Zaostrzenie prawa środowiskowego w UE	Istotność: trudno określić
WYZWANIA			
Cechy zdefiniowane:			
1. Nowe, innowacyjne technologie			Istotność: trudno określić
2. Wzrost świadomości ekologicznej społeczeństwa			Istotność: trudno określić
3. Dostępny krajowy potencjał badawczo-wdrożeniowy związany z technologią			Istotność: trudno określić
4. Rozporządzenia REACH i jego skutki			Istotność: trudno określić

Rys. 3.4. Analiza SWOTC technologii przemysłu chemii nieorganicznej - biel tytanowa [4]

Po wypełnieniu formularzy przez wszystkich ekspertów biorących udział w analizie, zbiorcze wyniki badania przedstawiane są w tabelach podsumowujących (rysunek 3.5). W zależności od rodzaju badania (z możliwością indywidualnego określania współczynników istotności cech, lub bez tej opcji), w tabeli podsumowującej podane są sumy ocen ekspertów dla każdej z cech, lub krotności wystąpień danej cechy w odpowiedziach ekspertów. W tabeli podane są także wszystkie cechy zdefiniowane indywidualnie dla danego obiektu.

Grupa Analiz:

Obiekt:





Tytuł analizy:	Analiza SWOTC technologii chemicznych
Oceniany obiekt:	Soda
Ilość ekspertów biorących udział w ocenie:	17
Okres w którym przeprowadzana była ocena:	06.04.2011 - 07.05.2011
Projekt:	Projekt WND-POIG.01.01.01-00-009/09 "Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego - foresight technologiczny"

Silne strony	
Cechy zdefiniowane:	ilość wskazań
Wieloletnie doświadczenie technologiczne	14
Ustabilizowana pozycja produktu na rynku krajowym	12
Dostępność surowców na rynku lokalnym	11
Lokalizacja zakładów w pobliżu źródeł surowcowych	7
Stąły i przewidywalny rynek zbytu	6
Wykształcona i stabilna kadra	5
Ustalona marka producentów/zaufanie odbiorców	4
Własne lub tanie i dostępne zaplecze badawczo-rozwojowe	3
Rozwinięta infrastruktura krajowych odbiorców produktu technologii	3
Wzrost innowacji w technikach sterowania i kontroli procesów i operacji technologicznych	3
Wzrost poziomu wykształcenia i świadomości ekologicznej kadry	1
Proces/technologia bezodpadowa	1
Stąły lub różnorodny rynek zbytu na produkty uboczne lub/i produkty z odpadu technologicznego	1

Rys. 3.5. Tabela podsumowująca dla silnych stron wybranej technologii przemysłu nieorganicznego [4]

Możliwy jest również wydruk tabeli wyników do formatu PDF:

 Analiza SWOTC on-line 	
©Andrzej Skulimowski, Centrum Nauk o Decyzji i Prognozowania Fundacji „Progress & Business”	
Tytuł analizy:	Analiza SWOTC technologii chemicznych
Oceniany obiekt:	Biel tytanowa
Ilość ekspertów biorących udział w ocenie:	16
Okres, w którym przeprowadzona była ocena:	06.04.2011 - 07.05.2011
Projekt:	Projekt WND-POIG.01.01.01-00-009/09 "Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego - foresight technologiczny"
Silne strony	
Cechy zdefiniowane:	Ilość wskazań
Ustabilizowana pozycja produktu na rynku krajowym	13
Wieleletnie doświadczenie technologiczne	12
Stąły i przewidywalny rynek zbytu	9
Rozwinięta infrastruktura krajowych odbiorców produktu technologii	8
Wyszkolona i stabilna kadra	7
Wzrost innowacji w technikach sterowania i kontroli procesów i operacji technologicznych	6
Wzrost poziomu wykształcenia i świadomości ekologicznej kadry	4
Stąły lub różnorodny rynek zbytu na produkty uboczne lub/i produkty z odpadu technologicznego	4
Własne lub tanie i dostępne zaplecze badawczo-rozwojowe	3
Ustalona marka producentów/zufanie odbiorców	3
Dostępność technologii/innowacji technologicznych	1
Własne propozycje ekspertów:	
Korzystne powiązania technologiczne	1
jedyna fabryka w Polsce oparta na dobrej technologii	1
jedyny wytwórca w Polsce	1
Słabe strony	
Cechy zdefiniowane:	Ilość wskazań
Brak krajowego surowca	9
Wysokie koszty/opłaty środowiskowe	7
Konieczność składowania lub unieszkodliwiania powstającego odpadu	6
Szkodliwe oddziaływanie na środowisko	5
Procesy jednostkowe technologii wymagają zmian	5
Brak środków na wdrażanie procesów innowacyjnych	5
Techniczne zużywanie się istniejących instalacji	5
Wysokie koszty dostosowania instalacji do nowych standardów emisyjnych	5

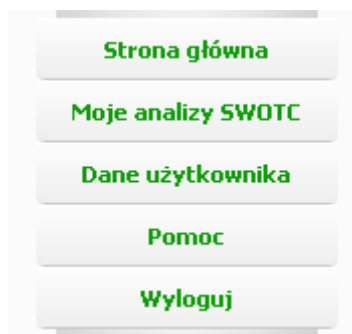
Strona: 1/4

Rys. 3.6. Przykładowy wydruk wyników analizy SWOTC w formacie PDF [4]

3.5. Opis implementacji metody

Interfejs użytkownika – Menu

Zalogowani użytkownicy systemu posiadają dostęp do menu głównego, dzięki któremu mają dostęp do wypełnianych przez siebie analiz SWOTC oraz danych podanych przy rejestracji.



Rys. 3.7. Menu główne analizy SWOTC [4]

Zakładka: Moje analizy SWOTC

W sekcji „Moje analizy SWOTC” eksperci mają możliwość zarządzania wypełnianymi przez siebie analizami. Wszystkie wypełniane przez nich analizy przedstawione są w tabeli:

Analizy SWOTC użytkownika									
Lp.	Nazwa	Grupa	Status	Data edycji	Data wysłania	Wyślij	Edytuj	Podgląd	PDF
1.	Kwas siarkowy	Analiza SWOTC technologii chemicznych	W trakcie edycji	2011-03-17 13:11:23	Brak				
2.	Gips z odsiarczania spalin	Analiza SWOTC technologii chemicznych	W trakcie edycji	2011-03-17 13:11:19	Brak				
3.	Biel tytanowa	Analiza SWOTC technologii chemicznych	W trakcie edycji	2011-03-17 13:02:05	Brak				
4.	Kwas fosforowy	Analiza SWOTC technologii chemicznych	Wysłano	2011-03-03 12:23:59	2011-03-03 12:23:59				
5.	Soda	Analiza SWOTC technologii chemicznych	Wysłano	2011-02-25 17:25:32	2011-03-03 12:24:07				

Rys. 3.8. Tabela z wypełnianymi analizami [4]

W tabeli przedstawione są tylko analizy, które już ekspert wypełniał, więc dla nowych użytkowników jest ona niewidoczna. W celu rozpoczęcia wypełniania formularza konkretnej analizy należy wybrać jej nazwę z listy:

Weź udział w analizie SWOTC:

- Analiza SWOTC technologii chemicznych :
 - Soda
 - Kwas fosforowy
 - Biel tytanowa
 - Kwas siarkowy
 - Gips z odsiarczania spalin

Rys. 3.9. Lista analiz SWOTC dostępnych do wypełnienia w ramach projektu „Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – foresight technologiczny”

Opis kolumn tabeli:

Lp.	- kolejny numer analizy. Przedstawione analizy wyświetlane są według daty ostatniej edycji formularza
Nazwa	- nazwa konkretnej analizy SWOTC
Grupa	- pole przedstawiające nazwę grupy do której należy analiza
Status	- analiza może przyjąć jeden z dwóch statusów: „W trakcie edycji” - użytkownik ma możliwość edycji formularza analizy, „Wysłano” - analiza została wysłana i nie istnieje już możliwość dokonywania zmian w formularzu
Data edycji	- data i godzina ostatniej edycji formularza
Data wysłania	- data i godzina wysłania formularza
Wyślij	- przycisk umożliwiający wysłanie formularza. Po wysłaniu formularza nie będzie można go już edytować. Nazwa wysłanej analizy zniknie także z listy znajdującej się pod tabelą
Edytuj	- przycisk umożliwiający przejście do formularza dla danej analizy oraz kontynuację jego wypełniania. Opcja ta jest niedostępna dla wysłanych analiz
Podgląd	- opcja umożliwiająca podgląd wyników analizy
PDF	- po wybraniu tego przycisku, wygenerowany zostanie dokument PDF z daną analizą, który można wydrukować

Dane użytkownika

Sekcja „dane użytkownika” pozwala na wgląd oraz zmianę informacji podanych podczas rejestracji do systemu.

Formularz analizy SWOTC

Formularz analizy SWOTC podzielony jest na 5 części dotyczących kolejno silnych stron, słabych stron, szans, zagrożeń oraz wyzwań dla każdego ocenianego obiektu. W każdej części ekspert ma możliwość dodania 5 cech z listy zdefiniowanej przez

autorów analizy oraz wpisania 5 własnych pojęć. Pola cech dodawane są dynamicznie przez użytkownika. Wygląd formularza przed przystąpieniem do jego wypełniania przedstawiony jest na rysunku 3.11.

W celu dodania cechy z listy zdefiniowanej przez autorów analizy należy przycisnąć przycisk **Dodaj z listy**. Pojawi się lista ze zdefiniowanymi cechami. Należy wybrać interesującą cechę, klikając jej nazwę. Lista cech zdefiniowanych może być różna dla poszczególnych części formularza i zależy od autorów analizy. W podstawowej wersji rozróżniane są oddzielne listy cech zdefiniowanych dla silnych i słabych stron oraz wspólna lista dla szans, zagrożeń i wyzwań. Przykładowa lista z cechami zdefiniowanymi przedstawiona jest na rysunku 3.12.

Rys. 3.10. Formularz z danymi użytkownika [4]

Rys. 3.11. Formularz SWOTC przed rozpoczęciem oceny technologii [4]

technologia: Soda - proszę wybrać silną stronę z listy:

CECHY ZDEFINIOWANE DLA SILNYCH STRON:
1. Wykształcona i stabilna kadra
2. Zbyt na produkty/główny produkt
3. Stabilny rynek krajowy i zagraniczny
4. Ustabilizowana pozycja produktu na rynku krajowym
5. Stały i przewidywalny rynek zbytu
6. Wieloletnie doświadczenie technologiczne
7. Proces/technologia bezodpadowa
8. Dostępność surowców na rynku lokalnym
9. Wzrost poziomu wykształcenia i świadomości ekologicznej kadry
10. Zmniejszenie się zatrudnienia w produkcji bezpośredniej
11. Rozwinięta infrastruktura krajowych odbiorców produktu technologii
12. Wzrost innowacji w technikach sterowania i kontroli procesów i operacji technologicznych
13. Lokalizacja zakładów w pobliżu źródeł surowcowych
14. Stały lub różnorodny rynek zbytu na produkty uboczne lub/i produkty z odpadu technologicznego
15. Dostępność technologii/innowacji technologicznych
16. Własne lub tanie i dostępne zaplecze badawczo-rozwojowe
17. Ustalona marka producentów/zaufanie odbiorców

Powrót

Rys. 3.12. Przykładowa lista cech zdefiniowanych [4]

Po wybraniu odpowiedniej cechy zostanie ona zamieszczona w odpowiedniej części formularza:

SILNE STRONY	
Silne strony wybrane przez eksperta z listy cech:	
1. Silna strona:	Uwagi:
Wykształcona i stabilna kadra	
Istotność: trudno określić	X Usun
Dodaj z listy	
Własne propozycje eksperta:	
Nie podano własnych propozycji	
Dodaj własną propozycję	

Rys. 3.13. Widok części formularza z wybraną cechą zdefiniowaną [4]

Ekspert powinien określić istotność wybranej cechy poprzez wybór odpowiedniej opcji z listy rozwijanej. Dla każdej cechy istnieje możliwość dopisania własnych uwag. Maksymalna liczba cech definiowana jest przez administratora systemu SWOTC

i domyślnie wynosi 5. Po wyborze pięciu cech zniknie możliwość dodania nowej.

Analogicznie przebiega proces dodawania własnych cech. Po naciśnięciu przycisku **Dodaj własną propozycję**, w formularzu pojawiają się pola umożliwiające wpisanie własnej propozycji eksperta. W tym przypadku pole z nazwą cechy jest odblokowane, należy podać w nim własną propozycję i podobnie jak dla cech zdefiniowanych określić jej istotność.

Liczba własnych propozycji jest również ograniczona i zdefiniowana przez autorów analizy. Podobnie jak dla cech zdefiniowanych domyślnie wynosi 5 dla każdej części formularza. Po zakończeniu wypełniania formularza za pomocą przycisków na umieszczonych w jego dolnej części można go zapisać do późniejszej edycji **Zapisz do edycji** (w tym przypadku należy pamiętać o późniejszym wysłaniu analizy z poziomu sekcji „Moje analizy SWOTC”) lub od razu wysłać **Wyślij**. W każdej chwili ekspert ma możliwość rozpoczęcia wypełniania innej analizy dostępnej w ramach danej grupy.

SILNE STRONY

Silne strony wybrane przez eksperta z listy cech:

1. Silna strona: Wykształcona i stabilna kadra

Uwagi:

Istotność: trudno określić

Usuń

Dodaj z listy

Własne propozycje eksperta:

1. Silna strona: własna propozycja

Uwagi: uwaga

Istotność: trudno określić

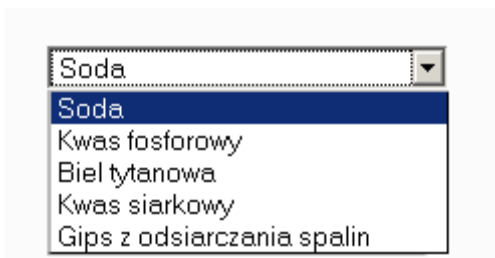
Usuń

Dodaj własną propozycję

trudno określić
poniżej średniej
średnia
wysoka
bardzo wysoka

Rys. 3.14. Widok części formularza z dodaną przez eksperta własną cechą [4]

Wybór obiektu do analizy odbywa się poprzez listę rozwijaną umieszczoną w górnej części formularza



Rys. 3.15. Wybór obiektu analizy SWOTC do wypełnienia w ramach projektu „Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – foresight technologiczny”

Przy zmianie formularza aktualnie wypełniana analiza zostanie automatycznie zapisana. Na liście wyboru odblokowane są tylko te pozycje, które nie zostały jeszcze wysłane przez eksperta.

3.6. Zastosowania wyników analizy SWOTC

W przypadku oceny wielu obiektów przy pomocy tych samych kryteriów i przez ten sam zespół ekspertów pojawia się naturalna możliwość porównania technologii i zastosowania analizy wielokryterialnej do wyboru pewnego podzbioru posiadającego pożądane własności.

Porównania można dokonać grupując silne i odpowiadające im słabe strony w kryteria. Kryteriom przypisywane są wartości zależące od liczby ekspertów, którzy wskazali odpowiednią silną lub słabą stronę i od ich ocen dotyczących istotności danych cech. Wartość kryterium f_i dla obiektu a_j wyrażona może być wtedy jako

$$f_i(a_j) := \sum_{k \in S(i,j)} e_+(k) - \sum_{k \in W(i,j)} e_-(k) \text{ dla } i=1, \dots, N, j=1, \dots, M \quad (3.1)$$

gdzie:

M – ilość ocenianych obiektów,

N – ilość kryteriów oceny utworzonych z tabeli SWOTC,

$S(i,j)$ – zbiór ekspertów, którzy wskazali cechę odpowiadającą i -temu kryterium jako silną stronę,

$W(i,j)$ – zbiór ekspertów, którzy wskazali cechę odpowiadającą i -temu kryterium jako słabą stronę,

$e_+(k) := e_+(i,j,k)$ – istotność i -tej cechy j -tego obiektu wskazana przez k -tego eksperta jako silną stronę,

$e_-(k) := e_-(i,j,k)$ – istotność i -tej cechy j -tego obiektu wskazana przez k -tego eksperta jako słabą stronę.

Łączenie cech odpowiadających słabym i silnym stronom można rozszerzyć do tych elementów listy szans, zagrożeń lub wyzwań, które wpływają na poprawę (szanse), pogorszenie (zagrożenia) lub zwiększenie niepewności (wyzwania) wartości kryterium odpowiadającej powiązanym cechom typu S i W. Gdy analiza TOWSC ma charakter

ilościowy lub kategoryzacyjny, tak jak w przykładzie na rysunku 3.1, wówczas wyznaczyć można sumaryczną wartość współczynnika niepewności danego kryterium, który może zostać potraktowany jako dodatkowe kryterium spełniając podobną rolę jak ryzyko w klasycznej analizie portfeli aktywów finansowych. Możliwe jest także utworzenie łącznej oceny dowolnej kombinacji obiektów ocenianych przy pomocy tych samych kryteriów i przez ten sam zespół ekspertów [1]. Dokonać tego można poprzez proste sumowanie ocen dla tych samych cech. Otrzymujemy w ten sposób 2^M - M nowych ocen, a łączna liczba porównywanych obiektów wynosi 2^M . W przypadku oceny technologii chemicznych operacja taka prowadzi do oceny portfeli technologicznych zawierających od 1 do M technologii. Gdy $M=5$, wtedy ilość obiektów, dla których można wygenerować ocenę SWOTC w opisany wyżej sposób wzrasta do 32. Pozwala to na wyodrębnienie efektywnych portfeli technologicznych, jako niezdominowanych elementów zbioru portfeli.

Dalsze metody analizy danych pozyskanych podczas badania SWOTC, łącznie z wynikami badań delfickich, przedstawione są w rozdziałach 4 i 5 (część II) niniejszego opracowania. W szczególności, dzięki zastosowaniu metod dynamicznych rankingów opisanych w rozdziale 5 (część II) niniejszego opracowania możliwe jest wyznaczenie prognoz względnych wzajemnych ważności kluczowych technologii przemysłu chemii nieorganicznej.

Literatura

1. Skulimowski, A.M.J. *Framing New Member States and Candidate Countries Information Society Insights*. W: R. Compano i C. Pascu (Red.) *Prospects For a Knowledge-Based Society In The New Members States And Candidate Countries*, Publishing House of the Romanian Academy 2006, s. 9-51
2. Okoń-Horodyńska, E., Skulimowski, A.M.J. Wykorzystanie rezultatów badawczych foresightu przy wspomaganiu decyzji strategicznych w przedsiębiorstwach. *Chemicz* 2010, 64, nr 6, s. 440-450
3. Skulimowski, A.M.J. (2011). Freedom of Choice and Creativity in Multicriteria Decision Making In: Thanaruk Theeramunkong, Susumu Kunifuji, Cholwich Nattee, Virach Sornlertlamvanich (Editors) "Knowledge, Information, and Creativity Support Systems: KICSS2010 Revised Selected Papers", Springer, LNAI, Vol. 6746, s. 190-203
4. Wydruk z aplikacji SWOTC on-line na stronie www.foresight.pl, projekt graficzny D.Kluz

ROZDZIAŁ 4

PODSTAWY ANALIZY TRENDÓW I KONSTRUKCJA SCENARIUSZY STRUMIENI ODPADÓW NIEORGANICZNYCH SEKTORA CHEMICZNEGO

ANDRZEJ M.J. SKULIMOWSKI¹

4.1. Model ewolucji zdarzeń

W proponowanym tutaj podejściu podstawą wyznaczania scenariuszy procesów technologicznych i socjoekonomicznych związanych z przyszłym kształtowaniem się strumieni odpadów jest badanie związków kauzalnych pomiędzy zdarzeniami oraz zdarzeniami i trendami. Zależność pomiędzy zdarzeniami jest modelowana za pomocą systemu zdarzeń dyskretnych z nadzorem (tzw. *supervisory control*) [1], który określony jest jako automat

$$P=(Q,V,\delta,Q_0,Q_m) \quad (4.1)$$

gdzie:

Q - zbiór stanów systemu,

V - skończony zbiór operacji,

$\delta : S \times Q \rightarrow Q$ - funkcja przejścia pomiędzy stanami,

Q_0 - zbiór potencjalnych stanów początkowych procesu,

Q_m - wyróżniony zbiór stanów (z reguły planowanych do osiągnięcia lub końcowych).

Para stanów (q_1, q_2) , takich, że $q_2 = \delta(s, q_1)$ dla pewnego $s \in V$ nazywana jest *zdarzeniem*. Zbiór zdarzeń w systemie (1) oznaczać będziemy przez E .

Dla celów analizy scenariuszy założymy dodatkowo, że operacje V mogą być:

- Wynikiem decyzji zewnętrznego decydenta nadzorującego proces opisywany równaniem (4.1).
- Zewnętrznym zdarzeniem, na które modelowani decydenci nie mają wpływu.
- Rezultatem deterministycznej dynamiki systemu.
- Operacje i zdarzenia pojawiają się jako realizacja pewnego procesu losowego.

W pierwszym wypadku operacje będziemy nazywać *sterowaniami*. Założymy ponadto, że dla każdego momentu t określony jest wektor $X(t, Q)$ jakościowych lub ilościowych

¹AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica, Katedra Automatyki, Al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Centrum Nauk o Decyzji i Prognozowania, Fundacja Progress and Business, 30-041 Kraków, ul. Miechowska 5B

charakterystyk stanów systemu Q . Charakterystyki te mogą być deterministyczne, przedziałowe, stochastyczne, rozmyte, opisowe itp. Również ze zbiorem operacji V można skojarzyć wektor kryteriów $G=(G_p, \dots, G_k): E \rightarrow \mathbb{R}^k$, przy czym jedna ze współrzędnych G może być identyfikowana z czasem.

Elementarnym scenariuszem s w systemie (4.1) nazywać będziemy ciąg zdarzeń (e_p, \dots, e_k) , takich, że jeśli $e_i=(q_p, q_{i+1})$ wtedy $e_{i+1}=(q_{i+1}, q_{i+2})$ dla pewnego $v \in V$ takiego, że $q_{i+2}=\delta(v, q_{i+1})$ oraz każde ze zdarzeń może zajść co najwyżej jednokrotnie.

Przez *scenariusz* w badaniu foresightowym rozumiemy grupę (klaster) elementarnych scenariuszy, gdzie grupowanie dokonywane jest w oparciu o ustalone reguły podobieństwa (klasteryzacji) stosowane do scenariuszy elementarnych. Scenariusz często jest identyfikowany z wartościami $X(t, Q)$ dla $t=t_k$ lub dla wybranych wartości czasu $t=t_p, t_q, \dots, t_k$.

Łatwo zauważyć, że w systemach zdarzeń dyskretnych scenariusze elementarne są przyczynowo-skutkowymi łańcuchami zdarzeń; mogą one też być identyfikowalne z trajektoriami systemu (4.1).

Modelem matematycznym systemu (4.1) przydatnym dla celów obliczeniowych jest multigraf o strukturze zależnej od czasu, którego wierzchołki reprezentują osiągnięte stany rozważanego obiektu, parametryzowane przez wartości wszystkich kryteriów. Do wygenerowania scenariuszy oraz niezdominowanych rozwiązań problemu wyboru i implementacji strategii foresightowych, w pierwszym etapie rozwiązania można zatem zastosować uogólnienie algorytmu najkrótszej ścieżki wielokryterialnej (oparte o zasadę programowania dynamicznego) dla sieci o zmiennej strukturze [1, 2]. Następnie zaproponowaliśmy algorytm klasyfikacji wielokryterialnej wyznaczający ranking stanów modelowanego obiektu. Korzystając dodatkowo z estymacji rozkładów prawdopodobieństwa zdarzeń zewnętrznych i każdego z rozważanych scenariuszy, otrzymujemy oczekiwane uszeregowanie scenariuszy z punktu widzenia priorytetów dla okresu planowania.

Ogólny schemat sposobu wykorzystania wiedzy eksperckiej pozyskanej na etapie akwizycji wiedzy w procesie foresightu do konstrukcji scenariuszy i dynamicznego rankingu rekomendacji dla decydentów podany jest niżej. Zakładamy, że w procedurze wspomagania decyzji zastosowane będą zarówno wartości oczekiwane wskaźników ilościowych, jak i informacje jakościowe charakteryzujące każdy ze scenariuszy.

Procedura 4.1.

Krok 1. Określenie celów i wskaźników istotnych dla procesu foresightu.

Krok 2. Określenie punktów odniesienia na podstawie wskazań ekspertów. Konstrukcja zbiorów odniesienia. Początkowy (dla $t=t_0$) ranking celów przy pomocy metody MREF [3].

Krok 3. Uzgodnienie z decydentem początkowego (dla $t=t_0$) rankingu sposobów osiągnięcia celów określonych w kroku 1.

Krok 4. Analiza wskaźników (ekonomicznych, demograficznych, socjalnych itp.)

przy pomocy metod prognostycznych dla różnych kombinacji trendów i ich wzajemnych oddziaływań metodami *trend-impact* i *cross-impact* oraz łańcuchów zdarzeń (zewnętrznych i wewnętrznych), które mają wpływ na cele oraz możliwość i sposoby ich osiągnięcia.

Krok 5. Dynamiczny ranking celów w oparciu o analizę spodziewanych wartości wskaźników oraz charakterystyk jakościowych.

Krok 6. Konstrukcja scenariuszy elementarnych dla systemu (4.1).

Krok 7. Klasteryzacja scenariuszy elementarnych.

Krok 8. Ocena scenariuszy przez decydentów oraz ekspertów-ewaluatorów.

Wskazanie elementów do poprawy. Przejście do odpowiedniego etapu konstrukcji scenariuszy (Krok 1-7 powyżej) celem dokonania aktualizacji, w kolejności od najwcześniejszego do ostatniego w niniejszej procedurze.

W przypadku akceptacji scenariuszy następuje zakończenie procedury.

Do wyznaczenia wartości wskaźników jakości stosowanych np. do oceny technologii, ich wpływu na środowisko, konstrukcji scenariuszy, prognozowania długoterminowych tendencji rozwoju i możliwości pojawienia się nowych technologii, można zastosować modele traktujące przyszłe niepewne zdarzenia jako rezultaty nieznanymi decyzji podejmowanych przez innych decydentów. Przekształca to problem generowania scenariuszy w zagadnienie teorii gier, a w szczególnym, lecz najczęściej spotykanym przypadku „gry z przyrodą”, umożliwia stosowanie metod teorii sterowania, zwłaszcza sterowania optymalnego.

4.2. Metody analizy trendu: Warunkowa i Strukturalna Analiza Trendu

Jedną z klasycznych metod foresightu jest analiza trendu i jej rozszerzenia. Metodę tę stosuje się do danych ilościowych w postaci szeregów czasowych o ograniczonej zmienności z zakłóceniami o znanych estymatorach momentów 1 i 2 rzędu. W badaniach foresightowych zachodzi często potrzeba przeprowadzenia analizy wpływu zdarzeń na trendy np. wpływu pojawienia się określonych innowacji technologicznych na wskaźniki ekonomiczne. Na wstępie przedstawimy założenia metody warunkowej analizy trendów (*trend-impact analysis*) (TIA), po czym omówiona zostanie metoda zmodyfikowana, zwana Warunkową Analizą Trendu (WAT) oraz metoda wzajemnego oddziaływania trendów, zwana również metodą krzyżowej analizy trendów (*cross-impact analysis*). Przedstawimy tu jej uproszczoną wersję, zwaną Analizą Strukturalną Trendów (AST). Analiza trendów zostanie wykorzystana do wyznaczenia scenariuszy strumieni odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego w Polsce. Można ją też zastosować do wyznaczenia tzw. map drogowych i trajektorii technologicznych i połączyć z wynikami dynamicznej analizy SWOTC (patrz: rozdział 3, część II niniejszego opracowania).

Analiza trendu jest równocześnie jedną z klasycznych metod stosowanych przy prognozowaniu rozwoju gałęzi przemysłu i zapotrzebowania na surowce lub energię oraz oddziaływania produkcji na środowisko. Metody te łączone są często z badaniem funkcji produkcji oraz tzw. *Cost-Benefit Analysis* w zastosowaniu do analizowanych

technologii.

Na wstępie przedstawimy założenia metody warunkowej analizy trendów, po czym, w dalszej części rozdziału, omówiona zostanie metoda wzajemnego oddziaływania trendów, zwana również metodą analizy strukturalnej trendów, która z kolei oparta jest na idei *cross-impact analysis*.

4.2.1. Warunkowa analiza trendów (WAT)

Badanie (ekstrapolacja) danych obserwacyjnych okazuje się odpowiednią metodą badania zapotrzebowania na surowce, produkty lub odpady przemysłu chemii nieorganicznej.

Głównym problemem w klasycznej analizie trendów jest wybór funkcji zapewniającej najlepsze dopasowanie do danych historycznych. Spośród wielu możliwych typów funkcji aproksymujących należy wybrać ten typ, który zapewnia zarówno najlepsze dopasowanie, jak i wymaga najmniejszej ilości informacji. Dla ustalonej sparametryzowanej klasy krzywych aproksymujących należy znaleźć parametry krzywej o najlepszym dopasowaniu, a następnie przeprowadzić jej ekstrapolację w celu wygenerowania prognozy. Funkcje (krzywe) różnych klas, które są w podobnym stopniu dopasowane do danych historycznych mogą generować różne prognozy, wybór klasy krzywych determinuje więc prognozę.

Motywacją do rozszerzenia klasycznej analizy trendu było – po pierwsze – zapewnienie wyższej elastyczności metod analizy trendu poprzez możliwość zmiany krzywej dopasowanej w zależności od obserwowanych wartości realizacji prognozowanego procesu, po drugie zaś - spostrzeżenie, że metody ilościowe oparte na danych historycznych używane do prognozowania ignorują wpływ bezprecedensowych zjawisk, które mogą zmienić dotychczasowe modele i zakłócić historyczne trendy.

Analiza *trend-impact*, której modyfikacja zwana tu będzie warunkową analizą trendów (WAT) została wprowadzona w latach 70-tych ubiegłego wieku [4]. WAT jest metodą prognozowania, która umożliwia ekstrapolację historycznych trendów zmodyfikowanych z uwzględnieniem spodziewanych przyszłych zjawisk. Metoda ta pozwala na włączenie do modelu trendu wpływów potencjalnie możliwych przyszłych zdarzeń, wpływających na zmienne modelowane przy pomocy trendu. Modelować można w ten sposób m.in. nagłe zmiany trendów ekonomicznych, technologicznych, politycznych i społecznych. Metoda TIA zakłada jednak zbyt uproszczony mechanizm wpływu zdarzeń na trendy, poprzez po prostu procentowe zmniejszenie lub zwiększenie odpowiedniej zmiennej. Podejście to nie pozwala na bardziej dogłębne zbadanie mechanizmu wpływu zdarzeń na modelowane wielkości i z tego względu wprowadziliśmy tu taką modyfikację klasycznej analizy TIA, która umożliwi zastosowanie systemów zdarzeń dyskretnych do modelowania zmian parametrów modeli trendu. W ten sposób zmiany modelowanych wielkości są wynikiem obliczeń dla zmodyfikowanych modeli.

Podstawą zarówno analizy TIA jak i WAT jest dopasowanie krzywej do danych historycznych w celu określenia przyszłego trendu i identyfikacja zbioru przyszłych

bezprecedensowych zdarzeń. Analiza WAT, zmodyfikowana w stosunku do TIA i zawierająca elementy symulacji systemów zdarzeń dyskretnych, przebiega następująco:

Procedura 4.2.

Krok 1. Wybieramy istotne dla dalszej analizy zmienne stanu modelu i odpowiadające im szeregi czasowe.

Krok 2. Dobieramy rodzaj i współczynniki trendu dopasowane do danych historycznych, po czym przeprowadzamy ekstrapolację trendu w założonym horyzoncie czasowym.

Krok 3. Na podstawie wskazań ekspertów pochodzących np. z badań delfickich tworzymy listę zdarzeń, które mogą wpłynąć w istotny sposób na zmianę trendu, zapisujemy je w tabeli w formacie:

[początek(n), koniec(n), zdarzenie(n), opis wpływu(n)],

gdzie: początek i koniec(n) są granicami przedziału czasowego prawdopodobnego wystąpienia n-tego zdarzenia przy założeniu, że znany jest rozkład prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia n na przedziale [początek(n), koniec(n)].

Krok 4. Określamy prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia w poszczególnych podokresach okresu prognozowania oraz wpływ (w klasycznej metodzie TIA wpływ procentowy) na krzywą trendu (wpływ dodatni, ujemny).

Krok 5. Dla każdego zdarzenia wybieramy losowo liczbę z przedziału (0,1). Jeżeli prawdopodobieństwo zdarzenia w danym roku przekracza wartość zmiennej losowej, wówczas przyjmujemy, że zdarzenie występuje. Poprzez zsumowanie wartości wpływów ze wszystkich występujących zdarzeń w danym roku otrzymujemy wartość odchylenia od krzywej trendu (ekstrapolowanej) oraz nową funkcję trendu. Operację tę wykonujemy dla wszystkich zdarzeń z listy (n-krotnie).

Krok 6. Przeprowadzamy analizę statystyczną wyników otrzymanych w kroku 5, wyznaczając dla każdego podokresu prognostycznego medianę oraz górny i dolny kwartyl.

Istnieje wiele wariantów przedstawionego wyżej algorytmu. Dla przykładu, w krokach 3-4 powyższego algorytmu można także określić dowolny rozkład prawdopodobieństwa wystąpienia każdego ze zdarzeń od razu na całym okresie prognozowania oraz zastosować rozmyte (a nie procentowe) współczynniki wpływu na każdy z trendów. W zastosowanym przez nas podejściu zdarzenia wpływać mogą nie tylko na wartości, lecz przede wszystkim na współczynniki trendu. Możliwe są też „przełączenia” pomiędzy różnymi trendami.

Na podstawie przeprowadzonej analizy można sprawdzić, czy wyróżnione w kroku 2 zdarzenia wpływają na trend i w jaki sposób. WAT jest potężnym narzędziem prognostycznym, względnie prostym i łatwym w użyciu, zwiększającym użyteczność

i dokładność ekstrapolacji trendu. Modelowane zdarzenia i ich oceny składają się na scenariusze elementarne, dlatego też dzięki wykorzystaniu WAT możliwe jest zwiększenie zakresu stosowania modeli ilościowych w analizie scenariuszy. W przypadku modelowania wpływu wielu zdarzeń przy pomocy metody WAT w jednym scenariuszu zapewniona jest odpowiednia chronologia wpływów poszczególnych zdarzeń. Ponadto jeśli w modelu wyznaczyliśmy wcześniej kilka scenariuszy, to prawdopodobieństwo wpływu skojarzone z danym zdarzeniem może być zależne od scenariusza. Oprócz zalet, WAT ma również wady. Przede wszystkim lista wyróżnionych zdarzeń może okazać się nieadekwatna, poprzez pominięcie istotnych zdarzeń. Istnieje też problem subiektywności prawdopodobieństw pojawienia się poszczególnych zdarzeń w określonym okresie i ocen ich wpływu na parametry trendu. Jednakże o ile TIA była zaprojektowana do modyfikacji prostej ekstrapolacji trendu, o tyle WAT pozwala na model bardziej adekwatny i odporny za wpływ subiektywnych ocen.

Główna koncepcja włączania postrzegania zjawisk zachodzących w przyszłości jako zdarzeń w modelu WAT będzie podstawą budowy scenariuszy i modeli strumieni odpadów. W podobny sposób zastosowana zostanie analiza strukturalna trendów, której podstawą jest metoda *cross-impact analysis* przedstawiona [4].

4.2.2. Analiza strukturalna trendów (AST)

AST stanowi modyfikację metody *cross-impact analysis* [4], która pozbawiona jest wad tej metody związanych z subiektywnością ocen prawdopodobieństw i brakami formalnymi modelu probabilistycznego metody CIA. AST jest również analizą wzajemnego wpływu trendów, jednak metoda analizy polega na traktowaniu trendów jako zdarzeń, polegających na zmianie wartości modelowanych zmiennych zgodnie z wyznaczonymi współczynnikami trendu, a następnie na zastosowaniu metody WAT do analizy tak otrzymanych zdarzeń. Interakcja przyszłych zdarzeń jest następnie modelowana jako sterowany system zdarzeń dyskretnych. W ten sposób metoda AST pozwala ocenić również wzajemne oddziaływania różnorodnych zmiennych, modelowanych jako trendy.

Pierwszym krokiem AST jest zdefiniowanie zdarzeń i trendów, które będą brane pod uwagę. Włączenie nieistotnych zmiennych skomplikuje całą analizę i może negatywnie wpłynąć na adekwatność otrzymanych wyników. AST jest uproszczona, jeśli zdarzenia są od siebie niezależne. Następnym krokiem jest oszacowanie początkowych prawdopodobieństw dla każdego zdarzenia, równoznacznych z prawdopodobieństwami wystąpienia tych zdarzeń w przyszłości w określonym horyzoncie prognostycznym. Wyboru trendów i zdarzeń oraz oszacowania ich prawdopodobieństw dokonują eksperci z danej dziedziny, można również skorzystać z większości danych uzyskanych w badaniu delfickim (patrz: rozdział 2, część II niniejszego opracowania).

Początkowe prawdopodobieństwa oszacowywane są przy założeniu, że inne trendy i zdarzenia występują i są wzajemnie zależne. W tym przypadku AST może być użyta do modyfikacji początkowych prawdopodobieństw innych zdarzeń

w podobny sposób, jak ma to miejsce w przypadku zdarzeń przyszłych. Zatem przy oszacowaniu prawdopodobieństw każdego zdarzenia możliwość zaistnienia pozostałych zdarzeń brana jest pod uwagę od początku analizy. W tym przypadku AST jest stosowana do określenia czy oceny (opinie ekspertów) dotyczące początkowych i warunkowych prawdopodobieństw są spójne. Wykorzystując AST można również określić, jak wystąpienie nowego nieoczekiwanego zdarzenia (nie uwzględnionego w zdefiniowanym zbiorze N zdarzeń) wpłynie na prawdopodobieństwa wystąpienia wszystkich zdefiniowanych zdarzeń.

Jeżeli przy oszacowaniu prawdopodobieństwa zdarzenia Z_i uwzględnia się możliwość wystąpienia pozostałych zdarzeń, to prawdopodobieństwo P_i można wyrazić jak funkcję prawdopodobieństw zdarzeń pozostałych

$$P_i = P_i(P_1, P_2, \dots, P_{i-1}, P_{i+1}, \dots, P_N) \text{ dla } k=1, \dots, N, k \neq i \quad (4.2)$$

Powyższa funkcja może również zawierać dodatkowe zmienne wyrażające wpływ zdarzeń niezdefiniowanych pierwotnie w zbiorze zdarzeń początkowych.

W kolejnym kroku oszacowujemy prawdopodobieństwa warunkowe dla każdej kombinacji różnych trendów i zdarzeń. Są one zdefiniowane jako „nowe prawdopodobieństwo zdarzenia A pod warunkiem wystąpienia zdarzenia B ”. Dla każdej pary zdarzeń lub trendów można przy tym uwzględnić ograniczenia na dopuszczalne wartości prawdopodobieństw warunkowych.

Jeżeli wystąpi zdarzenie Z_k wpływające na prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia Z_i , to zmiana prawdopodobieństwa P_i opisana jest równaniem:

$$\delta P_i = \sum_{k \neq i} \frac{\partial P_i}{\partial P_k} \delta P_k + \frac{\partial P_i}{\partial \beta} \delta \beta \quad \text{dla } i=1, \dots, N, \quad (4.3)$$

gdzie: β jest miarą wpływu zdarzeń nieuwzględnionych w początkowym zbiorze N zdarzeń. Dla każdej pary zdarzeń $A, B \in \{Z_1, \dots, Z_N\}$, prawdopodobieństwo początkowe zdarzenia A można przedstawić jako:

$$P(A) = P(B) \cdot P(A|B) + P(B') \cdot P(A|B')$$

Zastępując najmniejszą wartość $P(A|B')$ przez 0 oraz największą wartość $P(A|B')$ przez 1 oraz korzystając z prawdopodobieństw początkowych, dla każdej kombinacji N zdefiniowanych zdarzeń początkowych otrzymamy ograniczenia na prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia A pod warunkiem wystąpienia zdarzenia B :

$$\{P(A) - 1 + P(B)\} / P(B) \leq P(A|B) \leq P(A) / P(B) \quad (4.4)$$

Następnie w oparciu o zależność (4.4) dokonywana jest kalibracja macierzy strukturalnej [4].

4.3. Obliczeniowe aspekty analizy trendu

W zastosowanych do obliczeń modelach trendu występują dwa rodzaje prognoz: prognozy wygasłe (prognozy generowane za okresy przeszłe, na okres który już upłynął w celu testu jakości metody poprzez porównanie rzeczywistych wartości prognozowanego procesu z wartościami pochodzącymi z prognozy), które służą do optymalizacji parametrów modelu, oraz prognozy bieżące, będące celem konkretnej analizy. Przyjmując oznaczenia:

n – długość szeregu czasowego,

t_l – długość okresu prognozowania,

k – ilość danych historycznych uwzględniana przy wyznaczaniu każdej z prognoz,

t_0 – początek okresu branego pod uwagę w analizie prognostycznej,

wówczas do wyznaczenia optymalnych parametrów modelu prognostycznego możemy wykorzystać maksymalnie

$$q = n - t_l - \max(t_0, k)$$

prognoz wygasłych. W tym celu stosuje się najczęściej kryterium błędu *ex-post* prognoz wygasłych. Spośród wielu definicji błędów *ex-post* proponujemy zastosowanie:

- błędu średniokwadratowego,
- średniego błędu bezwzględnego (wartości bezwzględne odchyłeń).

na przedziale dyskretnym $[t, t + t_l]$, dla $t \leq n - k$.

Optymalne parametry metod prognostycznych wyznaczyć korzystając z procedur zawartych w Matlab Optimization Toolbox, np. metodami Nelder-Mead i gradientu sprzężonego (*conjugate gradient*), dla parametrów metody ARMA w powiązaniu z jedną z metod programowania całkowitoliczbowego. Natomiast do wyboru metody prognostycznej można wykorzystać porównanie wyników uzyskanych różnymi metodami dla tych samych szeregów czasowych, przy optymalnych parametrach metod.

W ramach zadania 4 projektu opracowano projekt i specyfikację informatyczną specjalistycznej aplikacji do analizy trendów na potrzeby foresightu odpadów przemysłu nieorganicznego. Aplikacja, zaimplementowana w środowisku Matlab umożliwia:

1. Zarządzanie szeregami czasowymi przy wykorzystaniu Matlab Database Toolbox, z funkcjami takimi jak import i eksport plików .xls, edycja danych, opis źródeł danych, możliwość wyboru do współbieżnej analizy dowolnej ilości szeregów czasowych z bazy.
2. Zarządzanie analizą (Database Toolbox): nadawanie nazw ciągom obliczeń, zapisywanie wyników częściowych wraz z wykonanymi operacjami, linki do zastosowanych szeregów czasowych.
3. Obliczanie współczynników trendów czasowych (zwłaszcza logistycznych,

które mogą modelować zajście zdarzeń), testy istotności.

4. Obliczanie współczynników trendów adaptacyjnych (metoda Holta-Wintersa [5]), optymalizacja współczynników na podstawie prognoz wygasłych.
5. Metoda ARMA/ARIMA, badanie stacjonarności szeregów czasowych, testy autokorelacji cząstkowej i in.
6. Generowanie prognoz dla ustalonego horyzontu czasowego: jednoczesna analiza różnych szeregów czasowych określonych na tym samym przedziale, różnymi metodami.
7. Zapis przyszłych zdarzeń (do metody TIA i WAT): edycja zdarzeń z klawiatury, wczytywanie zapisanych ciągów zdarzeń, definiowanie zdarzeń poprzez spełnienie warunków dotyczących przyszłych wartości trendów.
8. Przeprowadzenie trend-impact analysis i uproszczonej wersji cross-impact analysis.
9. Generowanie kaskady zdarzeń: zdarzenie k powoduje zmianę trendu j , taką że wygenerowane zostaje nowe zdarzenie i , które powoduje zmianę współczynników trendu q itd.

Korzystanie z aplikacji ułatwia odpowiedni interfejs użytkownika (GUI).

Metody optymalizacji w opracowanym wariantcie aplikacji mogą być stosowane do wyznaczania parametrów α i β w metodzie Holta, α , β i γ w metodzie Holta-Wintersa oraz parametrów autoregresji średniej kroczącej m i n dla metody ARMA. Parametr integracji l w metodzie ARIMA wyznaczamy metodą kolejnych testów stacjonarności dla $I=2,3$ lub 4.

W ogólnym przypadku, dla metod wykładniczego optymalizowanym parametrem jest także długość okresu historii branego pod uwagę przy wyznaczaniu prognoz wygasłych, a dla wszystkich metod również całkowity okres historii brany pod uwagę w analizie. Wynika to z faktu zmienności charakteru analizowanych szeregów czasowych, które – po pierwsze – mogą tracić stacjonarność przy analizie dłuższych szeregów, a po drugie – przy ustalonym horyzoncie czasowym prognozy zbyt długa historia nie zawsze powoduje poprawę jakości prognozowanych wartości.

4.4. Scenariusze

Analiza trendu może być podstawą do wygenerowania scenariuszy przyszłych zdarzeń i trendów w określonym horyzoncie czasowym. Scenariusz łączący opis przyszłości (ograniczonej horyzontem foresightu lub prognozy) z obecnymi realiami, powinien być sformułowany w sposób wyraźny i wewnętrznie spójny, by decydent mógł jasno zobaczyć i zrozumieć problemy, wyzwania oraz szanse [6, 7]. Scenariusz opisujący możliwe wzajemne interakcje trendów i zdarzeń jest jednocześnie obrazem tego, co może wydarzyć się w przyszłości. Jego celem jest systematyczne tworzenie, przetestowanie i wyjaśnienie przyszłych uwarunkowań. Do tworzenia scenariuszy stosowane są liczne metody ilościowe i jakościowe, zarówno proste jak i skomplikowane. Metody te wykazują wiele podobieństw, jednak każda z nich ma swoją terminologię

i unikalne cechy. Większość z tych metod wymaga zrozumienia rozważanego systemu i zidentyfikowania krytycznych dla systemu trendów, zdarzeń i kwestii.

Konstrukcja przykładowego scenariusza dla potrzeb projektu przebiega w czterech etapach:

1. Przygotowanie – zdefiniowanie przestrzeni scenariusza:
 - a. Zdefiniowanie dziedziny zainteresowań (np. tylko odpady fosforowe, lub tylko wybrane regiony kraju).
 - b. Określenie przez analityków kluczowych niezależnych czynników wpływających na przyszłość danej dziedziny; od ich liczby zależy liczba scenariuszy. Takie zdarzenia i zmienne dla foresightu odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego są powiązane ze wskaźnikami ilościowymi obliczanymi na podstawie badań delfickich ((patrz: rozdział 2, część II niniejszego opracowania), a zmienne egzogenne i czynniki sprawcze (drivers) mogą być identyfikowane z procesami ekonomicznymi i społecznymi.
2. Rozwój:
 - a. Zdefiniowanie miar dla kluczowych trendów i zdarzeń - wewnątrz każdego scenariusza opisane są pewne miary kluczowe takie jak: produkcja przemysłu chemii nieorganicznej, wzrost ekonomiczny, środowisko prawne, rozprzestrzenianie się technologii i inne; powinny one znacząco wpływać na wynik scenariusza. Każdy scenariusz w zbiorze scenariuszy głównych powinien zawierać przewidywania tych samych zmiennych, które w różnych scenariuszach różnić się będą wartościami,
 - b. Zdefiniowanie zdarzeń - w każdym scenariuszu pojawiają się zdarzenia wpływające na jego kształt, a także na miary kluczowe oraz zmieniające łańcuch przyczynowo-skutkowy; prawdopodobieństwa zdarzeń są różne w różnych scenariuszach i zależą od ich pozycji w przestrzeni scenariusza,
 - c. Przewidywanie miar kluczowych np. za pomocą analizy trendów adaptacyjnych, a następnie WAT.
3. Przygotowanie opisów – scenariusze przygotowywane są na podstawie ilościowych prognoz miar opartych na probabilistycznym opisie wpływu zdarzeń lub też na formalizmie teorii możliwości (*possibility theory*) [8],
4. Wizualizacja rezultatów – w wielu przypadkach najlepszą dokumentacją jest szereg wykresów i opisów przyszłych wydarzeń zawartych w poszczególnych scenariuszach, które mogą być wykorzystane do testowania wielu polityk. Atrakcyjne, lecz wymagające więcej wysiłku jest zastosowanie animacji komputerowych.

Algorytm konstrukcji scenariuszy

Kolejność poniższych etapów algorytmu ustalona została zgodnie z Procedurą 4.1.

- Etap 1.** Ustalenie wielkości (zmiennych) $X(Q, t_0 \dots t_k) \in \mathbb{R}^{m1}$, które są istotne z punktu widzenia wytwarzania odpadów nieorganicznych w kraju i w związku z tym ich wartości powinny zostać włączone do scenariusza opisowego,
- Etap 2.** Ustalenie wielkości (zmiennych) $Y(t_0 \dots t_k) \in \mathbb{R}^{m2}$, które są istotne z punktu widzenia wytwarzania odpadów nieorganicznych w kraju, a ich wartości mogą zostać oszacowane na podstawie wskazań ekspertów (w naszym przypadku ankiet delfickich),
- Etap 3.** Ustalenie zależności wielkości (zmiennych) $X(Q, t_0 \dots t_k)$ od wartości $Y(t_0 \dots t_k)$, w postaci

$$X(Q, t_i) = A(t_i) Y(t_i) \text{ dla } i=0, \dots, k, \quad (4.5)$$

gdzie: $A(t_i)$ jest macierzą o wymiarach $m1 \times m2$,

- Etap 4.** Analiza tez delfickich w celu wyodrębnienia zbioru przyszłych zdarzeń istotnych z punktu widzenia wytwarzania odpadów nieorganicznych w kraju $Z := \{z_p \dots, z_{q_i}\} \subset E$, analiza wypowiedzi ekspertów (ankiet delfickich) w celu określenia spodziewanego czasu oraz prawdopodobieństwa wystąpienia tych zdarzeń,
- Etap 5.** Analiza wypowiedzi ekspertów (II etap ankiet delfickich) w celu wyodrębnienia informacji II rzędu (przyrosty i trendy) istotnych z punktu widzenia wytwarzania odpadów nieorganicznych w kraju, spodziewanego okresu oraz prawdopodobieństw występowania tych trendów,
- Etap 6.** Agregacja informacji uzyskanych w wyniku badań wartości wskaźników X , zdarzeń Z i trendów, utworzenie scenariuszy elementarnych,
- Etap 7.** Klasteryzacja scenariuszy elementarnych w celu utworzenia kilku (na ogół 3-5) scenariuszy opisowych,

Jako elementy przydatne do konstrukcji scenariuszy należy też uwzględnić informacje statystyczne i oficjalne prognozy pochodzące z urzędów państwowych, takich jak GUS, NBP, agencje i ministerstwa. dotyczy to zwłaszcza tych wskaźników, które nie były ujęte w formularzach delfickich.

4.5. Wpływ ewolucji technologii na wytwarzanie odpadów nieorganicznych w przemyśle chemicznym

Z ekonomicznego punktu widzenia technologię produkcji opisuje zależność pomiędzy czynnikami produkcji używanych do wytworzenia określonego wyrobu lub wartości niematerialnej. Zależność taką nazywamy *funkcją produkcji*. W uproszczonym ujęciu jako czynniki produkcji rozważa się nakłady pracy, kapitału i know-how (to ostatnie nie cieszyło się uznaniem w klasycznej ekonomii ubiegłego stulecia).

Technologię angażującą stosunkowo dużo kapitału rzeczowego nazywamy technologią kapitałochłonną, technologię opartą na stosunkowo dużym nakładzie pracy – technologią pracochłonną, a technologię, która wymaga stosunkowo dużo wiedzy

technicznej, licencji, innowacji i stosowania innych technologii, zwłaszcza związanych z intensywnym przetwarzaniem informacji – technologią zaawansowaną (high-tech).

Z punktu widzenia wytwarzania odpadów w procesach produkcyjnych, najistotniejsze są ilość i szkodliwość odpadów oraz energochłonność technologii. Przy analizie takich technologii należy rozważyć bardziej szczegółowe funkcje produkcji odwołujące się do fizycznego przebiegu procesu produkcji, tj. funkcje typu

$$P=f(p_p, \dots, p_r, h, k_h, lb) \quad (4.6)$$

gdzie:

p_p, \dots, p_r – ilość jednostek głównych surowców i półproduktów,

h – ilość jednostek energii na jednostkę produkcji,

c – amortyzacja kapitału zainwestowanego w środki produkcji w jednostce czasu,

k_h – kapitał zainwestowany w know-how (badania, licencje, szkolenia, doradztwo technologiczne),

lb – łączne nakłady pracy,

P – ilość produktów finalnych wytworzona przy pomocy wymienionych wyżej czynników produkcji.

Wprowadźmy oznaczenie $\alpha := [p_p, \dots, p_r, h, c, k_h, lb]$. Technologię $P=f(\alpha)$ nazywamy efektywną w α , jeśli:

$$\forall \alpha': [\alpha' < \alpha \Rightarrow f(\alpha') < f(\alpha)].$$

Analogicznie definiuje się technologie efektywne kosztowo, efektywne ze względu na którykolwiek z czynników produkcji, lub efektywne ekologicznie.

W pewnym uproszczeniu można stwierdzić, że bezpośrednia jednostkowa (tj. przeciętna wartość na jednostkę produkowanego wyrobu) szkodliwość produkcji dla środowiska może być zdefiniowana jako pewna funkcja ilości wytwarzanych odpadów różnego rodzaju oraz wielkości zużycia energii na jednostkę wyrobu. Jest to funkcja charakterystyczna dla danej technologii. Oddziaływanie na środowisko uwzględniające skutki pośrednie definiuje się w sposób bardziej skomplikowany. Technologia jest efektywna względem czynnika produkcji p , gdy nie można zmniejszyć jej chłonności na ten czynnik produkcji dla tej samej ilości produktu finalnego. Podobnie, technologia jest efektywna ekologicznie, gdy nie istnieje technologia komplementarna o mniejszej szkodliwości dla środowiska.

Proste zagadnienie wyboru technologii produkcji powstaje wtedy, gdy istnieją różne technologie dające w wyniku identyczny produkt. Wybór portfela technologii może być wówczas dokonany w oparciu o kryteria ekonomiczne (jednostkowy koszt lub dochód na jednostkę produkcji), ekologiczne (zdefiniowana wyżej funkcja oddziaływania bezpośredniego produkcji na środowisko lub oddziaływanie uwzględniające skutki pośrednie) oraz społeczne (np. stopa bezrobocia w regionie). Ze złożonym zagadnieniem

wyboru technologii produkcji mamy do czynienia wtedy, gdy rozważamy technologie dające w efekcie wyroby komplementarne lub takie, których wynikiem są półprodukty różne, lecz mogące być stosowane w dalszych cyklach technologicznych dających produkty te same lub komplementarne. W każdym wypadku wybór portfela technologii jest złożonym zagadnieniem wielokryterialnym.

Literatura

1. Skulimowski, A.M.J. *Decision Support Systems Based on Reference Sets*. Kraków: AGH, 1996, Monografie nr 40, s.167
2. Cuhls, K. *From Forecasting to Foresight processes - New participative Foresight Activities in Germany*. Journal of Forecasting 2003, nr 22, s. 93-111
3. Skulimowski, A.M.J. *Methods of Multicriteria Decision Support Based on Reference Sets*. W: *Advances in Multiple Objective and Goal Programming, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*. Red. R. Caballero, F. Ruiz, R.E. Steuer, Berlin-Heidelberg-New York: Springer-Verlag, 1997, nr 455, s. 282-290
4. Gordon, T.J. *Cross-impact analysis*. AC/UNU Millennium Project 2004, Chapter 7
5. Zeliaś, A., Pawełek, B., Wanat, S. (2003). *Prognozowanie ekonomiczne. Teoria, przykłady, zadania*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, s. 380
6. Glen, J.C. *Scenarios*. AC/UNU Millennium Project, 2004
7. Godet, M. *Creating Futures – Scenario Planning as a Strategic Management Tool*. Economica 2001, London
8. Dubois, D., Prade, H. *Symbolic Kalman Filter*, 2005, unpublished

ROZDZIAŁ 5

METODY PROGNOZOWANIA SCENARIUSZOWEGO RANKINGÓW

ANDRZEJ M.J. SKULIMOWSKI¹

5.1. Wprowadzenie

W niniejszym rozdziale przedstawimy podstawy teoretyczne oraz wynikające z nich praktyczne algorytmy rozwiązywania istotnej klasy wielokryterialnych problemów decyzyjnych, występujących przy podejmowaniu decyzji inwestycyjnych w oparciu o rankingi celów i priorytetów będących rezultatami badań foresightowych. Metodyka określania priorytetów technologicznych czy ekologicznych, a także społecznych, gospodarczych i in. w kontekście prognoz i scenariuszy uzyskanych w wyniku badań foresightowych wymaga zdefiniowania (najczęściej w kontekście celów średnioterminowych) wskaźników ilościowych oraz funkcji estymujących korzyści socjalne, gospodarcze i ekologiczne. Następnie konieczne jest uwzględnienie aktualnych warunków ekonomicznych wdrażania strategii związanych z rozwojem technologicznym i wynikających z nich ograniczeń dla parametrów finansowych i ekonomicznych w rozpatrywanym horyzoncie czasowym prognozy. Takie podejście prowadzi do sformułowania wielokryterialnego zagadnienia decyzyjnego jako problemu optymalizacji wektorowej ze zbiorem kryteriów opisujących socjalne, ekonomiczne i ekologiczne czy technologiczne preferencje interesariuszy danego przedsięwzięcia [1]. Równolegle formułowany jest pomocniczy problem wielokryterialnego uszeregowania obiektów ze względu na powiązany zbiór kryteriów [2]. Wybór portfela obiektów (np. projektów technologicznych czy infrastrukturalnych, patrz: rozdział 3, część II niniejszego opracowania [3, 4]) wpływa na wyniki optymalizacji rozwiązania problemu nadrzędnego, np. wybór określonych technologii proekologicznych, których wdrażanie w przedsiębiorstwach wspierane jest ze środków Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko ma bezpośredni wpływ na wartości kryteriów ekologicznych, ekonomicznych i społecznych charakteryzujących region, w którym realizowane są przedsięwzięcia.

Z powyższego wprowadzenia wynika, że podstawowym źródłem danych dla prognoz rankingowych będzie analiza SWOTC (rozdział 3, część II niniejszego opracowania). Nawiązując do struktury problemu i terminologii stosowanej w dalszej

¹AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica, Katedra Automatyki, Al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Centrum Nauk o Decyzji i Prognozowania, Fundacja Progress and Business, 30-041 Kraków, ul. Miechowska 5B

części niniejszego rozdziału, decydentami – odbiorcami rekomendacji projektu – będą z reguły centralne urzędy branżowe lub władze regionów. Lista ich priorytetów strategicznych zawarta jest w narodowej, lub odpowiednio - regionalnej strategii rozwoju, powstałej w odniesieniu do Narodowej Strategii Spójności, natomiast rankingi priorytetów dotyczących technologii kluczowych czy proekologicznych, a także projektów technologicznych i infrastrukturalnych tworzone są przez ekspertów projektu foresightowego. Po przekazaniu decydentom będą one poddane odpowiednim procedurom i zatwierdzane przez odpowiednie gremia. Interesariuszem jest w tym przypadku ogół społeczeństwa rozważanego terytorium reprezentowany przez instytucje i organizacje nadzorujące procesy alokacji wsparcia. Szczególnie ważna jest umiejętność zastosowania metod wielokryterialnych w procesach decyzyjnych związanych z prognozowaniem efektywnego rozdziału środków finansowych na poszczególne obszary polityki ekologicznej, naukowo-badawczej lub rozwojowej.

Przypomnijmy, że problem optymalizacji wielokryterialnej może być sformułowany następująco:

$$(F: U \rightarrow E) \rightarrow \min(\theta) \quad (5.1)$$

gdzie: U i E to odpowiednio przestrzeń decyzji i przestrzeń kryteriów tj. zbiór, w którym wartości przyjmuje funkcja kryterialna F , $F=(F_1, \dots, F_n)$ jest wektorową funkcją celu, θ jest domkniętym i wypukłym stożkiem, wprowadzającym częściowy porządek w E [5, 6]. Porządek ten będzie oznaczany jako \succsim_θ , z definicji

$$x \succsim_\theta y \text{ wtedy i tylko wtedy gdy } y-x \in \theta.$$

W najczęstszym przypadku, analizowanym również i w tym opracowaniu, $E = \mathbb{R}^n$, a θ jest dodatnim stożkiem, lub θ jest izomorficzny z dla pewnej izometrii η . Ten ostatni warunek gwarantuje, że zawsze można znaleźć takie kombinacje liniowe G_p, \dots, G_n kryteriów (F_p, \dots, F_n) , że problem (5.1) jest równoważny problemowi $(F: U \rightarrow E) \rightarrow \min$, gdzie minimum określone jest przez naturalny stożek, któremu odpowiada naturalny porządek częściowy „ \leq ” wyznaczony przez porównanie kolejnych współrzędnych wektorów x i y , tj.

$$x \leq y \Leftrightarrow x_i \leq y_i \text{ dla } i=1, \dots, n.$$

Zbiór punktów niezdominowanych w problemie (5.1.) będzie oznaczany jako $P(U, F, \theta)$, z definicji $x \in P(U, F, \theta)$ wtedy i tylko wtedy, gdy

$$\forall y \in U [y \leq x \Rightarrow x=y]$$

W pewnych sytuacjach problem znalezienia rankingu elementów zbioru X_0 może zostać sformułowany jako sekwencja wielokryterialnych problemów decyzyjnych typu (5.1)

$$(F: X_k \rightarrow \mathbb{R}^n) \rightarrow \min(\theta_k) \quad (5.2)$$

$$(\varphi_k: P(X_k, F_k, \theta_k) \rightarrow \mathbb{R}) \rightarrow \min \quad (5.3)$$

$$X_k := X_{k-1} \setminus \operatorname{argmin}\{(\varphi_{k-1} \circ F_{k-1})(X_{k-1})\} \quad (5.4)$$

dla $k=1, \dots, K-1$, gdzie (5.3.) jest problemem optymalizacji wielokryterialnej typu (5.1.), $X_0 := X$ jest zbiorem alternatyw o liczności większej od K , $F_0 := F = (f_1 \dots f_n), \dots, F_k = (f_{1,k} \dots f_{n,k})$ są wektorami funkcji kryterialnych dla k -tego problemu, $k=1, \dots, K$, a θ_k jest stożkiem definiującym porządek częściowy w \mathbb{R}^n . Każdy z tych problemów opisuje preferencje interesariuszy, jak również stopień osiągnięcia celów osób podejmujących decyzje.

Problem szeregowania spełniający warunek (5.4.) będzie nazywany *bezkontekstowym*. W problemach portfelowych tego typu wybór jednego z obiektów do portfela jest niezależny od wyboru dowolnego z pozostałych obiektów [7]. Dla zapewnienia obiektywności tworzenia rankingu założymy dodatkowo, że:

$$\forall k \in \{1, \dots, K\}, F_k := F, \varphi_k := \varphi \text{ na } X_0 \text{ i } \theta_k = \theta.$$

Gdy U jest zbiorem ocenianych technologii, wtedy rozwiązaniem problemu (5.1.) (a właściwie ciągu takich problemów) może być ranking priorytetów technologicznych, które mogą wchodzić w skład różnych strategii. Aby ranking priorytetów uczynić możliwym do wdrożenia praktycznego, należy precyzyjnie zdefiniować zależność pomiędzy metodyką rankingu, a celami praktycznymi. Tak zdefiniowane priorytety są zwykle stosowane w celu przydziału zasobów dla różnych przedsięwzięć badawczych lub wdrożeniowych. Innym zastosowaniem analizy priorytetów jest wykorzystanie przez decydentów rankingu do wskazania hierarchii czasowej, tak aby cele scharakteryzowane przez priorytety o wyższym rankingu były realizowane wcześniej, niż te o niższym priorytecie.

Wadą dotychczas stosowanych podejść jest statyczny model priorytetów, w którym początkowe rangi obiektów, np. technologii kluczowych zostają określone dla całego okresu wdrażania, przy czym brakuje zobiektywizowanego mechanizmu ich modyfikacji w zależności od zmieniającej się sytuacji zewnętrznej (gospodarczej, ekologicznej, czy socjalnej) lub w przypadku wcześniejszego od zakładanego osiągnięcia określonych celów strategicznych. W najczęściej stosowanym w praktyce podejściu, nowe priorytety technologiczne i odpowiadające im strategie wdrożeniowe redefiniowane są po zmianie decydentów. Wtedy też tworzone są nowe prognozy i scenariusze, często bez powiązania z wcześniejszymi badaniami. Ponadto istniejące modele przyszłości stosowane w procesach wspomagania decyzji technologicznych nie uwzględniają na ogół w wystarczający sposób powiązań pomiędzy celami dotąd osiągniętymi, a tymi, które mają być osiągnięte w przyszłości, wskutek czego rozbieżności pomiędzy prognozami a rzeczywistością często zaskakują decydentów.

Innowacyjność metody dynamicznych rankingów priorytetów polega na tym, że wzajemne wpływy zdarzeń tworzących i wpływających na przyszłe scenariusze są analizowane w jednym wspólnym modelu. Wzajemne zależności między zdarzeniami

mogą być modelowane jako sterowany system zdarzeń dyskretnych, dzięki czemu można zaprezentować sieć przyszłych zdarzeń i przyczynowych relacji między nimi na grafie o zmiennej strukturze zależnej od czasu. Wierzchołki grafu interpretowane są jako stany rozważanych obiektów, parametryzowane przez wartości optymalizowanych kryteriów.

5.2. Dynamiczne rankingi a foresight

Metodologia badań foresightowych [1, 8], których wyniki można zastosować w określaniu obiektywnego przydziału zasobów, zdobywa szybko popularność jako podejście wspierające podejmowanie strategicznych decyzji na różnych szczeblach. Jednym z możliwych celów prognozowania na wszystkich tych poziomach jest utworzenie rankingu celów strategicznych i zarekomendowanie ich osobom podejmującym decyzje. Horyzont czasowy foresightu jest relatywnie długi i zawiera się zazwyczaj w przedziale 15-50 lat [1]. Zakładamy, iż priorytety technologiczne są rezultatem prognoz ekonomiczno-finansowych, społecznych i technologicznych i że przedstawione są one w formie rekomendacji i rankingów względnej ważności. Należy zaznaczyć, iż odmiennie jak w przypadku indywidualnych rankingów projektów, priorytet technologiczny nie jest jednoznacznie zdefiniowanym terminem, więc pojęcie to musi zostać powiązane z planem konkretnych działań, wdrożeń, ekonomicznych lub ekologicznych.

Powyższe ustalenia prowadzą do sformułowania hierarchicznego wielokryterialnego problemu decyzyjnego, który uwzględnia wyniki prognoz i badań foresightowych za pomocą niezależnych kryteriów opisujących społeczne, ekonomiczne, ekologiczne i technologiczne preferencje interesariuszy i decydentów oraz stopień osiągnięcia celów strategicznych zatwierdzonych przez władze legislacyjne i będących elementem polityki naukowo badawczej, rozwojowej lub regionalnej.

Hierarchiczna procedura przydziału funduszy na wdrożenie priorytetów technologicznych może zostać scharakteryzowana przez następujące reguły:

- Na najwyższym poziomie decyzyjnym dynamiczne rankingi są używane do szeregowania obszarów polityki.
- Na niższych poziomach szeregowane są kolejno cele pośrednie i szczegółowe, a następnie technologie i projekty technologiczne, na które przydzielane są środki.
- Uporządkowanie na poziomie niższym musi uwzględniać rankingi z wyższego poziomu, dodatkowe charakterystyki projektów (każdy projekt może być powiązany z kilkoma obszarami polityki) i wielkość funduszy przeznaczonych do przydziału na projekty (zbyt duże projekty mogą nie otrzymać finansowania pomimo wyższej pozycji w rankingu od projektów niżej ocenianych, lecz mieszczących się w limicie środków do podziału).

Każdy przydział środków traktowany jest jako funkcja czasu (np. kwartalny plan finansowania w okresie realizacji projektu) i zewnętrznych zmiennych logicznych, które

reprezentują zmiany w rankingach wyższego poziomu i stanów zewnętrznego otoczenia politycznego, ekonomicznego, ekologicznego, społecznego i technologicznego (PEEST). Dodatkowo alokacja środków może być uzależniona od stopnia osiągnięcia celów strategicznych określonych na wyższych szczeblach podejmowania decyzji.

Charakterystyczną cechą przedstawionego tu podejścia, które należy do ważnych elementów metodyki foresightu, jest adaptacyjne stosowanie scenariuszy do ustalenia przyszłych rankingów. Mianowicie, opierając się na estymacji prawdopodobieństw zdarzeń wpływających na spełnienie się scenariuszy w chwili t_0 , możemy wyliczyć prawdopodobieństwo poszczególnych scenariuszy, a poprzez zależność rang od wskaźników je opisujących, traktowanych jako kryteria, możliwa jest budowa wariantowych prognoz także i przyszłych rankingów. Pozwala to uwzględnić w planowaniu przydziału funduszy więcej wiedzy *ex-ante* niż w zazwyczaj stosowanych, statycznych podejściach, ograniczających się do analizy potrzeb w chwili początkowej.

Poza usprawnieniem finansowania projektów rozdzielanego w drodze konkursów, dynamiczne rankingi mogą być pomocne przy określaniu optymalnej struktury organizacyjnej i charakterystyk zasobów ludzkich instytucji wdrażających takie projekty. Prognoza kształtowania się przyszłych priorytetów może być też wykorzystana do planowania potrzeb budżetowych w przyszłości i działań, które należy podjąć w odpowiedzi na przewidywane zdarzenia zewnętrzne niezależne od decydenta. Rankingi obiektów wyższego poziomu mogą służyć do konstrukcji rankingów na niższych (operacyjnych) poziomach decyzyjnych, np. cele unijnej polityki ekologicznej czy preferowane kierunki ekspansji inwestycyjnej wpływają na rankingi technologii w przemyśle chemicznym, które z kolei są uwzględniane w regionalnych programach operacyjnych przy rozdziale środków na projekty technologiczne przedsiębiorstw, obszary akcji prewencyjnych, strategii inwestycji komunalnych itp.

Przykład zastosowania opisanego tu podejścia do konstrukcji dynamicznych rankingów polityki regionalnej jest przedstawiony w kolejnej sekcji.

5.3. Opis metody dynamicznych rankingów

Zależności pomiędzy zdarzeniami zachodzącymi w rozpatrywanym systemie, sterowaniami wewnętrznymi, wpływem decyzji zewnętrznych i zdarzeń losowych mogą być modelowane jako sterowany automat deterministyczny, nazywany systemem zdarzeń dyskretnych [9]. Pozwalają tym samym na utworzenie modelu sieci przyszłych zdarzeń i relacji między nimi jako grafu o strukturze zależnej od czasu, gdzie wierzchołki interpretowane są jako stany obiektów, a krawędzie jako sterowania (czyli akcje podejmowane przez decydentów), z parametrami odpowiadającymi wartościom optymalizowanych kryteriów.

Przypomnijmy, że system zdarzeń dyskretnych może być przedstawiony jako układ

$$P = (Q, V, \delta, Q_0, Q_m) \quad (5.5)$$

gdzie:

Q – skończony zbiór stanów systemu,

V – zbiór dopuszczalnych operacji na stanach systemu (sterowań),

$\delta: V \times Q \rightarrow Q$ – funkcja przejścia definiująca wyniki operacji na stanach,

Q_0 – zbiór stanów początkowych analizowanych procesów,

Q_m – zbiór (potencjalnych) stanów końcowych.

Para stanów $e := (q_1, q_2)$, takich, że $q_2 = \delta(v, q_1)$ będzie nazywana *zdarzeniem*, co oznacza, że do stanu q_2 przechodzimy ze stanu q_1 na skutek wystąpienia zdarzenia (operacji) v ze zbioru V . Zbiór wszystkich dopuszczalnych zdarzeń w systemie (5.5) będzie oznaczany jako E . Zakładamy, że operacje ze zbioru V są albo konsekwencjami decyzji podejmowanych przez decydenta odpowiadającego za funkcjonowanie systemu (5.5), akcjami zewnętrznych decydentów nad Q , albo że mogą pojawiać się spontanicznie, jako skutki losowych procesów. W pierwszym przypadku, operacje $v \in V$ będą nazywane sterowaniami. Zakładamy ponadto, że istnieje zbiór $X(Q)$, zawierający ilościowe bądź porządkowe charakterystyki zbioru stanów Q , który może być deterministyczny, stochastyczny, rozmyty itp. Podobnie, do zdarzeń może być przypisany zbiór kryteriów $G = (G_p, \dots, G_k): E \rightarrow \mathbb{R}^k$. Jedna ze współrzędnych G może (ale nie musi) być interpretowana jako czas.

Systemy typu (5.5) mogą być bezpośrednio powiązane z obiektami będącymi przedmiotem badań foresightowych. W tym celu zdefiniujemy scenariusze zdarzeń w systemie (5.5).

Definicja 1. *Scenariuszem elementarnym* s nazywamy sekwencję zdarzeń (e_p, \dots, e_p) , takich że jeśli $e_i = (q_p, q_{i+1})$, to $e_{i+1} = (q_{i+1}, q_{i+2})$.

Scenariusz elementarny jest zatem trajektorią systemu (5.5), określoną przez pewien ciąg decyzji i zdarzeń losowych v_p, \dots, v_p . Należy przy tym pamiętać, że dowolna sekwencja stanów nie musi być trajektorią systemu (5.5), gdyż poszczególne pary kolejnych stanów nie muszą tworzyć zdarzeń.

Zauważmy, że przez *scenariusz* ekspert foresightu rozumie zazwyczaj pewne uśrednione charakterystyki przyszłych procesów, zależne od określonych przyczyn. W badaniu foresightowym scenariuszy takich definiuje się z reguły od dwóch do pięciu, jest ich zatem znacznie mniej, niż scenariuszy elementarnych w typowym systemie zdarzeń dyskretnych. Dla zachowania zgodności z powyższą, przyjętą powszechnie interpretacją scenariusza foresightowego, wprowadzimy operację klasteryzacji scenariuszy elementarnych, która w przedstawionym tu podejściu polega na zdefiniowaniu odległości pomiędzy scenariuszami elementarnymi, a następnie na tworzeniu klastrow, przy czym grupowanie odbywa się według dodatkowych zasad spójności grupy scenariuszy elementarnych. Tak utworzone scenariusze są zazwyczaj identyfikowane przez średnie wartości charakterystyk ilościowych ze zbioru $X(Q)$ w określonym zbiorze momentów w przeszłości.

Systemy zdarzeń dyskretnych mogą określać ewolucję systemu zdarzeń w otoczeniu PEEST instytucji, która tworzy lub wdraża strategię technologiczną. Model takiego systemu, a zwłaszcza związki przyczynowo-skutkowe i sprzężenia zwrotne,

stanowi narzędzie do konstruowania scenariuszy elementarnych, które pojawiają się jako wyróżnione trajektorie systemu (5.5). W konsekwencji, używając aparatu metodologicznego systemów zdarzeń dyskretnych, do generowania niezdominowanych scenariuszy, strategii lub polityk można zastosować uogólnienie wielokryterialnego algorytmu wielokryterialnej najkrótszej ścieżki dla grafów o zmiennej strukturze, zależnej od sposobu dojścia do określonego wierzchołka (stanu). Idee rozwiązania tej klasy problemów pochodzą bezpośrednio z zasady programowania dynamicznego Bellmana [10, 11, 12]. Możemy użyć tej metody do uporządkowania stanów obiektu dla każdej chwili końcowej procesu modelowania, biorąc pod uwagę ilościowe charakterystyki wyznaczone przez algorytm najkrótszej ścieżki wielokryterialnej. Przypisując dodatkowe prawdopodobieństwa do każdego rozważanego zdarzenia zewnętrznego, możemy wyprowadzić oczekiwany ranking priorytetów dla każdej chwili z okresu modelowania. Wyniki mogą być przedstawione w postaci wykresu priorytetów jako funkcji czasu (przykład podany jest na rysunku 5.2.), przy założeniu wystąpienia w przyszłości określonych zdarzeń.

Główne etapy procedury wspomagania decyzji zwracającej wyniki zarówno ilościowe (oczekiwane przyszłe wartości wskaźników w obrębie każdego scenariusza) jak też i jakościowe (ranking priorytetów), są przedstawione poniżej:

Nadrzędne cele polityczne, wskaźniki i dane makroekonomiczne są określone podczas fazy gromadzenia wiedzy.

Początkowe rankingi są konstruowane przy pomocy metody analizy wielokryterialnej wybranej przez ekspertów wspomagających proces decyzyjny i przedyskutowane z osobami podejmującymi decyzje. W szczególności, do tworzenia rankingów rekomendowana jest metoda wielu punktów odniesienia, MREF, oraz metoda zbiorów odniesienia – REFSET [6], chociaż stosowane mogą być także inne metody rankingowe, w tym oparte o wyznaczenie współczynników liniowej agregacji kryteriów (scoring) [13, 14].

Po zdefiniowaniu obszarów polityki technologicznej A_j , $j=1, \dots, K$, do każdego z nich przyporządkowany może być początkowy Wskaźnik Relatywnej Ważności $\omega_j(t_0) \in (0, 1]$, w oparciu o wytyczne zatwierdzone przez władze. Wskaźnik ten umożliwia wstępne uporządkowanie obszarów interwencji w oparciu o preferencje polityczne (wyniki głosowań organów wybieralnych, badania opinii społecznej, preferencje władz nadrzędnych itp.).

Do opisu dynamiki rankingów i wyznaczenia rankingu docelowego konieczne jest uwzględnienie ewolucji wskaźników [15] i innych charakterystyk ilościowych rozważanych w badaniach foresightowych oraz analizy możliwości i tempa osiągnięcia celów strategicznych.

Ilościowe prognozy rozwoju zasobów ludzkich, wzrostu ekonomicznego, preferencji społecznych i przyszły budżet mogą być opracowywane przy zastosowaniu adaptacyjnej analizy trendu, w oparciu o dostępne dane statystyczne. Należy scharakteryzować zbiór zdarzeń zewnętrznych, mogących wpłynąć na implementację projektów i ich dynamikę oraz przyszłe scenariusze i ich związki ze wskaźnikami ilościowymi zdarzeń (zbiór $X(Q)$).

Konstrukcja rankingu, który jest częścią powyższej procedury może być zatem przedstawiona ogólnie jako:

Algorytm 1

- Krok 1:** Zdefiniuj obiekty, które mają być uporządkowane (ten krok może być częścią poprzednich etapów analizy i prognozowania),
- Krok 2:** Przypisz obiektom kryteria i określ ich wartości. Uwzględnij wstępne Wskaźniki Relatywnej Ważności obiektów, $\omega_j(t_0)$, jako jedno z kryteriów ilościowych,
- Krok 3n:** Zbierz i zaprezentuj wiedzę o przyszłości (trendy, scenariusze szacunki ekspertów, prognozy i ich wzajemne zależności) oraz jej wpływ na wartość kryteriów i innych elementów struktury preferencji decydentów,
- Krok 4n:** Zbuduj ranking w chwili (t_0) do zastosowania na przedziale $[t_0, T)$ używając wybranej metody rankingowej,
- Krok 5n:** Przełóż rezultaty rankingu na rekomendacje ekspertów, jakie zostaną przedstawione osobom podejmującym decyzje,
- Krok 6:** Powtórz kroki 3n-5n po każdej zmianie decydentów, prognoz, parametrów lub okoliczności zewnętrznych.

5.4. Zastosowania metody DPR

Stosując przedstawioną wyżej procedurę i metody tworzenia rankingów opartej o zbiory odniesienia (REFSET [6]), możemy utworzyć dynamiczny ranking ważności priorytetów jako funkcji czasu.

Ogólna procedura opisana w algorytmie 1 może zostać uszczegółowiona poprzez dokładniejszy opis elementów dynamicznych naszkicowanych w poprzedniej sekcji. W rezultacie otrzymamy:

Algorytm 2 (Dynamiczne rankingi priorytetów)

- Krok 1:** Zdefiniuj obiekty, jakie mają być uszeregowane oraz opisz dynamikę ich ewolucji w okresie prognozowania rang,
- Krok 2:** Przypisz obiektom kryteria i określ ich wartości jako funkcje czasu. Dla początkowej chwili $n := t_0$ uwzględnij wstępne Wskaźniki Relatywnej Ważności obiektów, $\omega_j, j = 1, \dots, K$, jako jedno z kryteriów ilościowych (jeśli nie są określone, wówczas można przyjąć $\omega_j = 1$ dla wszystkich j),
- Krok 3:** Zbierz i zaprezentuj wiedzę o przyszłości (trendy, zdarzenia, scenariusze, szacunki ekspertów, prognozy oraz ich wzajemne relacje oraz wpływ komponentów tej wiedzy na wartości kryteriów rankingowych, osiąganie celów strategicznych i innych elementów struktury preferencji decydentów (np. tzw. progi weta w metodzie ELECTRE Iv. [2, 16],
- Krok 4n:** Dla $n = t_0, \dots$, Nopisz ilościowo zależność rankingów priorytetów w chwili $(n+1)$ od rankingu w chwili n , uwzględniając zmiany wartości kryteriów, zmiany struktury preferencji będące rezultatem kroku 3 oraz – dodatkowo - inercję rankingu, opisaną jako dodatkowe kryterium kosztowego, proporcjonalnego od odległości H rankingu w chwilach n i $(n+1)$ zdefiniowanej wzorem:

$$H(r(n), r(n+I)) := \sum_{1 \leq k \leq K} s_k |r(n, k) - r(n+I, k)| / P(K), \quad (5.6)$$

gdzie $r(n, k)$ oznacza rangę k -tego obiektu w rankingu $r(n)$ w chwili n , a $P(K) = K(K-1)/2$ jest maksymalną odległością dwóch rankingów K obiektów. Współczynniki proporcjonalności $s_k > 0$ zależą od rzeczywistych kosztów zmiany rankingu poszczególnych obiektów (np. koszty publikacji ogłoszeń itp.). Mogą też zależeć od wartości $r(n, k) - r(n+I, k)$, różniąc się np. dla dodatnich i ujemnych wartości tej różnicy,

Krok 5n: Zbuduj ranking $r(n)$ dla chwili n przy pomocy wybranej wielokryterialnej metody rankingowej (rekomendowana metodą jest metoda zbiorów odniesienia REFSET). Następnie w oparciu o $r(n)$ i rezultaty Kroku 4n dla $n+I$ utwórz ranking $r(n+I)$. Kontynuuj aż osiągnięty zostanie horyzont planowania N ,

Krok 6: Utwórz ranking dynamiczny $r(t_q, \dots, N)$. Wizualizuj zależność rang w $r(t_q, \dots, N)$ od czasu dla wybranych obiektów.

Ranking – pomimo znaczenia poznawczego – nie jest zazwyczaj ostatecznym celem analizy. Dlatego też rezultaty rankingów $r(t_q, \dots, N)$ powinny zostać przełożone na rekomendacje ekspertów, jakie zostaną przedstawione osobom podejmującym decyzje o przydziale środków finansowych na przedsięwzięcia powiązane z szeregowanymi technologiami lub projektami, biorąc pod uwagę także rezultaty innych metod analitycznych stosowanych w planowaniu oraz wcześniej osiągnięte cele polityki regionalnej. Rekomendacje takie mogą mieć formę np. struktury preferencji dla obiektów umiejscowionych w hierarchii polityki rozwojowej niżej od obszarów polityki lub nadrzędnych celów polityki [17], np. dla finansowania regionalnych projektów infrastrukturalnych.

Otrzymany ranking $r(t_q, \dots, N)$ powinien być aktualizowany zgodnie ze zdefiniowanymi wcześniej zasadami polityki regionalnej za każdym razem, gdy osiągnięty zostanie jeden z celów strategicznych lub w przypadku istotnej zmiany warunków zewnętrznych.

Przed implementacją części obliczeniowej algorytmu 2, w celu uzyskania adekwatnych procedur wspomagania decyzji należy zbudować model struktury informacyjnej opisanej w kroku 4 algorytmu 2. W szczególności, należy odpowiednio zinterpretować zależności ilościowe oraz uwzględnić wpływ zmian technologicznych i wyników badawczych na populację lub badany zbiór obiektów [15] w modelu optymalizacji wielokryterialnej.

Ważnym elementem procedury wspomagania decyzji jest odpowiednia wizualizacja otrzymanych rezultatów w postaci wykresu rang priorytetyzowanych obiektów w funkcji czasu. Wykres taki może zostać rozszerzony o wskaźniki pokazujące, również jako funkcje czasu dla tego samego okresu, stopień społecznego i ekonomicznego wpływu na osiągnięcie szeregowanych celów polityki technologicznej.

Dla zilustrowania idei dynamicznych rankingów przedstawionych w niniejszym rozdziale mniej istotny jest wybór metody rankingowej stosowanej w każdym kroku algorytmu 2. W związku z tym, dla uproszczenia, w poniższym przykładzie założymy, że statyczne rankingi tworzone w każdym kroku procedury dynamicznej oparte są na

najprostszej metodzie scoringowej (przegląd takich metod podany jest w literaturze [16]), chociaż ogólne zasady postępowania podane w algorytmie 2 pozwalają stosować także metody niekompensacyjne typu Electre czy Promethee [16]. Najprościej zastosować kryterium scoringowe o interpretacji „dobrobyt ogółu mieszkańców regionu” i założyć istnienie pewnych wag umożliwiających utworzenie sumy ważonej ze wskaźników charakterystycznych dla każdego z „obszarów” polityki. W przykładzie 5.1 zastosujemy ponadto dalsze uproszczenia:

- Koszt „inercji” rankingu nie powinien być zbyt wysoki, z każdym priorytetyzowanym obszarem polityki regionalnej powiązany jest jeden cel reprezentowany przez jeden wskaźnik ilościowy.
- W każdej chwili dostępny jest tylko jeden scenariusz.
- Wykorzystywane przy aktualizacji rankingów prognozy dotyczą jedynie czasów i stopnia osiągnięcia celów związanych z każdym z priorytetyzowanych obszarów polityki regionalnej.

Przykład 5.1. Metody obliczeniowe i wizualizacja rezultatów priorytetyzacji prorozwojowej polityki technologicznej w jednym z regionów.

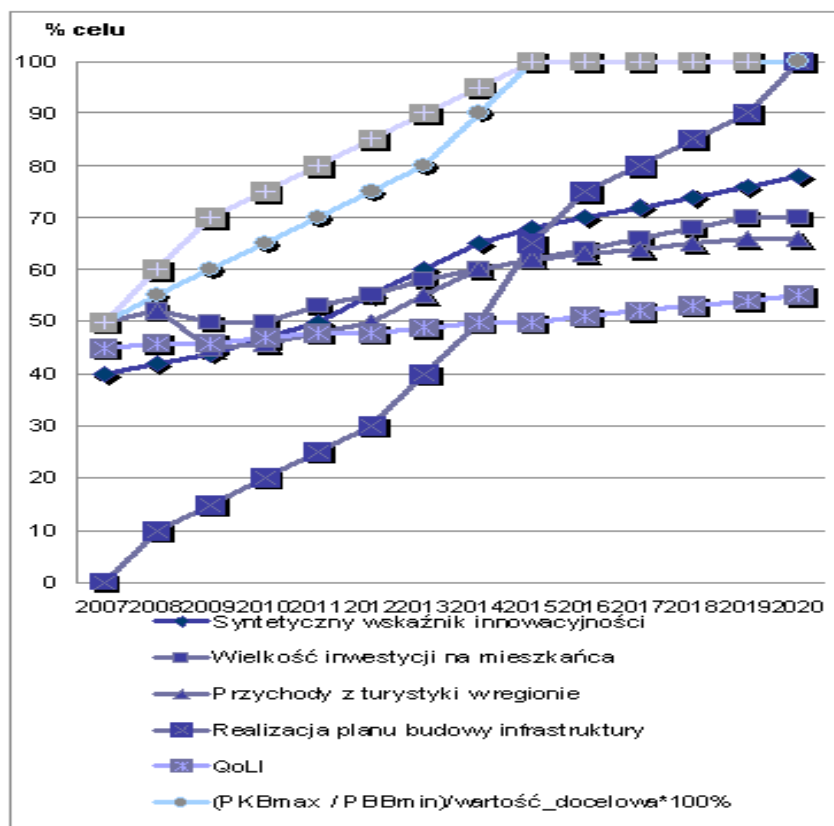
A. Priorytetyzowane obszary polityki, cele i wskaźniki

Tabela 5.1. Przykład celów politycznych mających wpływ na ocenę technologii

<i>Obszar polityki regionalnej</i>	<i>Cel polityki / rodzaj celu</i>	<i>Syntetyczny wskaźnik ilościowy</i>
Warunki dla rozwoju społeczeństwa opartego na wiedzy	Osiągnięcie wskaźników charakteryzujących najbardziej rozwinięte regiony w UE (wielowskaźnikowy)	Suma ważona ilości patentów, sprzedaży produktów zaawansowanych technologii, ilości doktoratów itp.
Gospodarka regionalnej szansy	Trajektoria wartości inwestycji, w tym w sektorze high-tech	Wartość inwestycji na mieszkańca
Turystyka i kultura	Trwały wzrost wpływów z turystyki, osiągnięcie ustalonego opisowo poziomu usług turystycznych i kulturalnych	Trajektoria wpływów z turystyki w regionie w okresie planowania
Infrastruktura dla rozwoju gospodarczego	Realizacja szczegółowego planu budowy infrastruktury komunikacyjnej i telekomunikacyjnej	Procentowy (rzeczowy) stopień realizacji planu budowy infrastruktury komunikacyjnej i telekomunikacyjnej
Rozwój Obszaru Metropolitalnego	Zwiększenie atrakcyjności centrum metropolitalnego	Wskaźnik jakości życia (QoLI wg the Economist)
Spójność wewnątrzregionalna	Zmniejszenie różnicy poziomu życia i PNB na mieszkańca pomiędzy gminami regionu do 50%	Stosunek PNB na mieszkańca w wieku produkcyjnym pomiędzy gminami regionu
Infrastruktura ochrony środowiska	Osiągnięcie zbioru wartości charakteryzujących czystość wód, powietrza, udział recyklingu i odpadów sortowanych itp.	Regionalny indeks oddziaływania na środowisko (suma ważona indeksów cząstkowych dla rodzajów oddziaływań i gmin)

B. Założenia

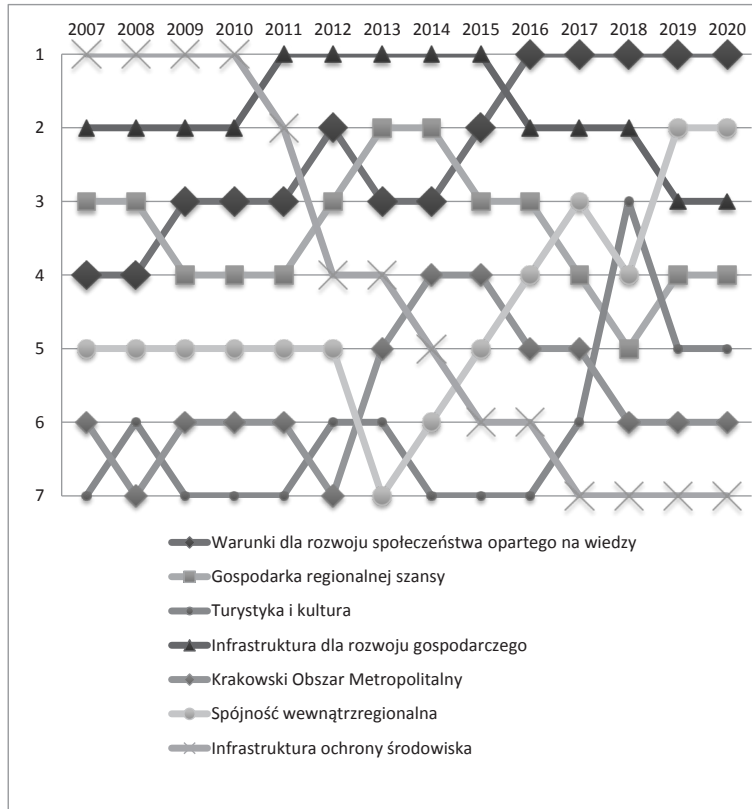
- Dostępne prognozy: dla każdego celu związanego z obszarem polityki zakładamy znajomość trajektorii jego osiągnięcia tj. wartości powiązanego syntetycznego wskaźnika jako funkcji czasu (rysunek 5.1.).



Rys. 5.1. Założone wartości wskaźników osiągnięcia celów regionalnych zastosowane w metodzie DPR dla analizy priorytetów zrównoważonego rozwoju jednego w okresie 2007-2020 (w % wyznaczonego celu)

- Chwilowe wartości współczynników „ważności obszaru polityki” $\omega_j(t)$, $0 < \omega_j(t) \leq 1$, $j=1, \dots, 7$, $2007 \leq t \leq 2020$, zależą liniowo od procentowego stopnia osiągnięcia odpowiedniego wskaźnika w danej chwili (im więcej, tym są mniejsze) oraz od wartości początkowych dla $t=2007$.
- Wartości wszystkich wskaźników ilościowych są znormalizowane i należą do przedziału $[0;1]$.
- Funkcja skoringowa, służąca do porządkowania obszarów polityki regionalnej dla każdego t , ma postać sumy poszczególnych wskaźników ilościowych ważonej przez współczynniki $\omega_j(t)$.

- Inercja rankingów obliczana jest według wzoru (5.6.), przy czym wszystkie wartości $s_k(t)$ są równe 0,01.



Rys. 5.2. Przykład zastosowania metody DPR dla analizy priorytetów w okresie 2007-2020

Wykres dynamicznych rang priorytetów obszarów polityki regionalnej, będących wynikiem zastosowania algorytmu 2 do powyższej struktury danych przedstawiony jest na rysunku 5.2.

5.5. Zastosowanie rezultatów priorytetyzacji technologii do alokacji środków

Wyniki Algorytmu 2 oraz opisane wyżej podejście dynamicznego rankingowania mogą być zastosowane w następującej procedurze alokacji zasobów na projekty technologiczne, która wykorzystuje systemy zdarzeń dyskretnych do modelowania niezależnych od decydenta zjawisk i procesów wpływających na alokację:

Algorytm 3

Struktura danych:

Charakterystyka stanu obecnego regionu, gdzie wdrażana jest strategia – w postaci wektora $X(Q)$, którego współrzędne są wartościami odpowiednich wskaźników.

Ograniczenia na wysokość alokacji środków, łącznie, w odniesieniu do branż i podregionów oraz w każdym okresie planowania.

Zbiór $S(0)$ scenariuszy początkowych przyszłych stanów systemu rozpoczynających się w ustalonym podzbiorze Q_0 stanów początkowych systemu Q w chwili t_0 , będącej zakładanym początkiem wdrażania strategii (gdy chwila t_0 jest bliska chwili tworzenia strategii, wówczas najczęściej $Q_0 = \{q\}$). Scenariusze i prognozy są rezultatem przeprowadzonych wcześniej badań foresightowych [10].

Reguła tworzenia rankingu projektów η w zależności od rankingu priorytetowych celów strategicznych $R := (C_1, \dots, C_l)$. Zakładamy przy tym, że realizacja każdego projektu p jest działaniem zmieniającym stan systemu Q w ten sposób, że możliwe jest ilościowe określenie $\varphi_i := \varphi(C_i)$ (np. jako wskaźnik procentowy) stopnia osiągnięcia każdego z celów priorytetowych C_i po zakończeniu projektu. Zakładamy ponadto, że dla każdego celu strategicznego C_i z rankingu R określona jest funkcja $\alpha_i(t)$ interpretowana jako (dodatni) współczynnik istotności celu C_i i spełniająca warunek:

$$C_i \triangleleft C_j \Rightarrow \alpha_i(t) < \alpha_j(t),$$

gdzie: „ \triangleleft ” jest porządkiem w rankingu celów strategicznych (zależnym od czasu). Reguła η może być wówczas zdefiniowana przez warunek:

$$\sum_{1 \leq i < j \leq l} \alpha_i(t) [\varphi_i(p_k) - \varphi_i(p_l)] < 0 \Leftrightarrow p_k \leq_t p_l$$

z wynikowym porządkiem „ \leq_t ” stosowanym w rankingu projektów r .

Reguła alokacji funduszy na projekty γ w zależności od rankingu projektów r . Obowiązuje ogólna zasada, że środki otrzymują projekty najwyżej ocenione, jednak γ musi uwzględniać zarówno ograniczenia budżetowe w każdym z okresów, jak i ograniczenie na łączną wysokość alokowanych środków. Ponadto zakładamy, że rezygnacja z projektu, będąca wynikiem zmiany rankingu, związana jest z pewną stratą zależną od stanu realizacji projektu (brak opcji rezygnacji), oraz że strata ta może być agregowana z jednym z kryteriów oceny projektów.

Kryterium ewaluacyjne G , określające jakość alokacji środków w całym okresie planowania.

Krok 1: Przy pomocy wybranej metody analizy wielokryterialnej znajdź rankingi (w funkcji scenariusza)

$$r(t_0; S(0)) := \{(p_{1,s(0)}, \dots, p_{k(0),s(0)}) : s(0) \in S(0)\}$$

dla projektów, które mają być sfinansowane w chwili $t = t_0$,

Krok 2: Zastosuj regułę alokacji funduszy γ do $(p_{1,s(t)}, \dots, p_{k(0),s(t)})$, dla scenariusza s , gdzie: $\gamma(p, s)$ jest macierzą o wymiarze $k(0) \times T$,

Krok 3n: Wyznacz wartość kryterium jakości alokacji środków $G(0)$. Zarejestruj zewnętrzne zdarzenia i zastosuj regułę sterowania δ do zdarzeń wygenerowanych przez scenariusze ze zbioru $S(n)$,

Krok 4n: Aktualizuj rankingi (w funkcji scenariusza) $r(t_0, S(0)) = (p_{1',s(t)}, \dots, p_{k(0),s(t)})$

projektów które mają być sfinansowane dla $t=t_0$ określone w kroku 1. Znajdź wartość kryterium jakości alokacji środków $G(n)$. Jeśli $G(n) \leq G(n-1)$, zbadaj zależność między wartością $G(n)-c(n,S(n))+g(n,S(n))$ a $G(n-1)$, wyznacz wartość optymalną. Zastosuj sekwencję operacji $(v(1,1), \dots, v(1,k))$, $v(i,j) \in V$ wg (5), odpowiadającą wybranemu scenariuszowi aktualizacji, wyznacz nową wartość $G'(n)$,

Krok 5n: Zastosuj regułę alokacji środków γ do $(p_{1,n(t)}, \dots, p_{k(n),n(t)})(s)$ dla scenariusza aktualizacji s ,

Krok 6n: Powtórz kroki 3n– 5n dla n zmieniającego się w okresie alokacji środków,

Krok 7: Wyznacz wartości końcowe kryteriów alokacji zasobów.

Scenariusze zastosowane w powyższym schemacie przydziału środków mogą być generowane w sposób typowy dla klasycznych metod foresightu [1]. Mogą też być rezultatem zastosowania metod generowania najpierw scenariuszy elementarnych w systemach zdarzeń dyskretnych i następnie ich klasteryzacji. Niezależnie od metody, wymagane jest by opis scenariusza był spójny z opisem systemu (5.5), $X(Q)$ oraz z parametrami celów strategicznych C_i . Możliwe jest wówczas zastosowanie metod prognozowania wskaźników systemu „wewnątrz” każdego scenariusza, tj. tworzenie prognoz warunkowych, przy założeniu zajścia zdarzeń charakteryzujących dany scenariusz. Ze względu na zazwyczaj stosunkowo niewielką liczbę danych powstałych w ten sposób, celowe jest ich wstępne wygładzenie (czyli ograniczenie wariancji) poprzez transformacje uśredniające lub agregację obwiedni ekstremalnych.

5.6. Wnioski końcowe

Opisany w niniejszym rozdziale sposób postępowania powinien zapewnić lepsze dopasowanie procedur rozdziału wsparcia publicznego do zmieniających się potrzeb i okoliczności zewnętrznych. Konkretna implementacja algorytmów, w szczególności wybór metody rankingowej stosowanej w celu konstrukcji indywidualnych rankingów w każdej chwili w okresie prognozowania, musi być dostosowany do potrzeb decydentów i specyfiki interesariuszy rankingu. Warto zauważyć, że pomimo istnienia ogólnych zasad tworzenia regionalnych strategii innowacji i obligatoryjnej zgodności ich celów z celami Narodowej Strategii Spójności, indywidualnemu doborowi w regionach podlegają metody tworzenia i charakterystyki scenariuszy, metody rankingowe, reguły uzależniające rankingi projektów technologicznych od uszeregowania priorytetów regionalnych, a także operacyjne reguły alokacji środków publicznych na projekty. W związku z tym, w celu efektywnego zastosowania przedstawionych tu podstaw dynamicznej adaptacji strategii regionalnych i opartych na nich procedur do zmiennych warunków otoczenia wskazane jest, by przed rozpoczęciem opracowywania dokumentów strategicznych decydenci nawiązali współpracę z instytucjami naukowymi zajmującymi się metodami analizy wielokryterialnej.

Oprócz problemów związanych z rozdziałem środków publicznych przedstawiona tu metodyka może być stosowana do wyboru inwestycji finansowych [17],

w szczególności do uszeregowania akcji spółek wybieranych do portfela, biorąc pod uwagę scenariusze rozwoju sytuacji na rynku kapitałowym [7]. Podobne metody zostały także zastosowane do oceny innowacji technologicznych zgłaszanych na konkursy organizowane przez Centrum Transferu Technologii Fundacji Progress and Business [18]. Należy przy tym mieć na uwadze, iż dla każdej klasy zastosowań powinna być zaprojektowana indywidualnie dostosowana architektura systemu wspomagania decyzji wielokryterialnych (DSS), z odpowiednią bazą wiedzy. Taki DSS może być zastosowany do analizy rezultatów foresightu branżowego czy regionalnego i do aktualizacji w razie potrzeby celów polityki proekologicznej na szczeblu krajowym lub regionalnym, jak również celów korporacyjnej strategii inwestycyjnej.

Literatura

1. Skulimowski, A.M.J. (2009, Red.). Priorytetyzacja celów polityki regionalnej w kontekście efektywnego wykorzystania Funduszy Strukturalnych. Raport Końcowy projektu nr POPT.03.01.00-00-002/07zrealizowanego w roku 2008 w ramach I edycji Konkursu Dotacji Fundusze Europejskie na poziomie NSS, Kraków, 2009
2. Trzaskalik, T. (2011). Metody rankingowe w wielokryterialnym podejmowaniu decyzji. W: A.M.J. Skulimowski (Red.) „Metody wielokryterialnego wyboru i konstrukcji rankingów projektów finansowanych ze środków publicznych”, Wydawnictwo Progress and Business, Kraków, s. 31-55
3. Medaglia, A.L., Hueth, D., Mendieta, J.C., Sefair, J.A. (2008). A multiobjective model for the selection and timing of public enterprise projects. *Socio-economic Planning Sciences*, 42, 31-45
4. Salo, A., Mild, P., Pentikäinen, T. (2006). Exploring causal relationships in an innovation program with Robust Portfolio Modeling. *Technological Forecasting and Social Change*, 73, 1028-1044
5. Kaliszewski, I. (2008). Wielokryterialne podejmowanie decyzji. Obliczenia miękkie dla złożonych problemów decyzyjnych, WNT, Warszawa, s. 154
6. Skulimowski, A.M.J. (1997). Methods of Multicriteria Decision Support Based on Reference Sets. W: R. Caballero, F. Ruiz, R.E. Steuer (Red.) *Advances in Multiple Objective and Goal Programming, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, 455, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, s. 282-290
7. Skulimowski, A.M.J. (2008) Application of dynamic rankings to portfolio selection. W: J.O. Soares, J.P. Pina, M. Catalão-Lopes (Red.): *New developments in financial modelling*, Newcastle, CSP Cambridge Scholars Publishing, 2008. *Proceedings of the 41st Meeting of the Euro Working Group on Financial Modelling: Lisbon, Portugal, November 8–9, 2007*, s. 196-212
8. Skulimowski, A.M.J. (2006a). Framing New Member States and Candidate Countries Information Society Insights. W: Compano R., Pascu C. (Red.):

- Prospects for a Knowledge-Based Society in the New Members States and Candidate Countries, Publishing House of the Romanian Academy, 2006, s. 9-51
9. Skulimowski, A.M.J. (1991). Optimal Control of a Class of Asynchronous Discrete-Event Systems. W: Automatic Control in the Service of Mankind. Proceedings of the 11th IFAC World Congress, Tallinn (Estonia), Aug. 1990; Pergamon Press, London, Vol.3, s. 489-495
 10. Henig, M.I. (1985). The shortest path problem with two objective functions. *European J. Oper. Res.*, 25, 281-291
 11. Opananon, S., Miller-Hooks, E. (2006). Multicriteria adaptive paths in stochastic, time-varying networks *European J. Oper. Res.* 173 (2006) 72-91
 12. Martins, E.Q.V. (1984). On a multicriteria shortest path problem. *European Journal of Operational Research* 16, 236-245
 13. Chebotarev, P.Yu., Shamis, E. (1998). Characterizations of scoring methods for preference aggregation. *Ann. Oper. Res.*, 80, 299-332
 14. Saaty, T.L. (2006). Rank from comparisons and from ratings in the analytic hierarchy/network processes. *EJOR*, 168, 557-570
 15. Skulimowski, A.M.J. (1994). Optimizing the Structure of a Partitioned Population. W: Henry J. i Yvon J.P. (Red.) *System Modelling and Optimization. Lecture Notes in Control and Information Sciences*, Vol. 197, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, s. 771-782
 16. Bouyssou, D., Marchant, T. (2007). An axiomatic approach to noncompensatory sorting methods in MCDM. The case of two categories. *EJOR*, 178, 217-245.
 17. Skulimowski, A. M.J. (1999, Red.). Financial Modelling – Proceedings of the 23rd Meeting of the EURO WG on Financial Modelling, Cracow, October 8-10, 1998. Progress & Business Publishers, Kraków, s. 504
 18. Skulimowski, A.M.J. (2006b, Red.). *Transfer Technologii w Informatyce i Automatyce (Technology Transfer in Computer Science and Automation)*, Progress & Business Publishers, Kraków, 2006, s. 406

ROZDZIAŁ 6

WYZNACZANIE SCENARIUSZY ODPADÓW NIEORGANICZNYCH PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO W POLSCE DO ROKU 2030 NA PODSTAWIE WYNIKÓW ANKIETY DELFICKIEJ

ANDRZEJ M.J. SKULIMOWSKI¹, BARBARA CICHY²

6.1. Metodyka obliczeń

Scenariusze są zawsze jednym z głównych rezultatów badań foresightowych, dlatego też do ich wyznaczenia wykorzystana powinna być w maksymalnym stopniu wiedza zgromadzona podczas realizacji projektu (patrz: rozdziały 3, 4 i 5, część II niniejszego opracowania) w szczególności wyniki badań delfickich (patrz rozdział 2; część II), paneli ekspertów i wiedza dotycząca otoczenia ekonomiczno-społecznego przemysłu chemicznego. W zastosowanym tu podejściu scenariusze podstawowe powstają poprzez klasteryzacje scenariuszy elementarnych zgodnie z algorytmem opisanym w części metodologicznej niniejszego opracowania [1]. Z kolei źródłem scenariuszy elementarnych są wskazane przez ekspertów lub pochodzące z oficjalnych prognoz warianty przebiegu podstawowych zmiennych makroekonomicznych, wpływu przewidywanych zdarzeń technologiczno-społeczno-prawnych na strumienie odpadów nieorganicznych i na możliwości ich wykorzystania oraz dynamikę ekstrapolowanych zmiennych związanych z technologiami przemysłu chemicznego, stopniem wykorzystania odpadów nieorganicznych i dynamiką procesów ekologiczno-społecznych.

Podstawą teoretyczną badania zależności pomiędzy zdarzeniami jest teoria systemów zdarzeń dyskretnych z nadzorem (tzw. *supervisory control*, por. Ramadge i Wonham, 1987; Skulimowski, 1991, 1996, rozdz. 8). System zdarzeń dyskretnych definiowany jest jako automat

$$P=(Q,V,\delta,Q_0,Q_m) \quad (1)$$

gdzie:

Q – zbiór dopuszczalnych stanów systemu,

V – skończony zbiór operacji,

¹AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica, Katedra Automatyki, Al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Centrum Nauk o Decyzji i Prognozowania, Fundacja Progress and Business, 30-041 Kraków, ul. Miechowska 5B

²Instytut Nawozów Sztucznych, Oddział Chemii Nieorganicznej „IChN” w Gliwicach, 44-100 Gliwice, ul. Sowińskiego 11

$\delta: S \times Q \rightarrow Q$ – funkcja przejścia pomiędzy stanami,

Q_0 – zbiór potencjalnych stanów początkowych procesu,

Q_m – wyróżniony zbiór stanów (z reguły planowanych do osiągnięcia lub końcowych).

Para stanów (q_i, q_j) , takich, że $q_j = \delta(s, q_i)$ dla pewnego $s \in V$ nazywana jest *zdarzeniem*. Zbiór zdarzeń w systemie (1) oznaczać będziemy przez E .

Dla celów analizy scenariuszy założyliśmy dodatkowo, że operacje V mogą być albo

- wynikiem decyzji zewnętrznego decydenta nadzorującego proces opisywany równaniem (1), albo
- zewnętrznym zdarzeniem, na które modelowani decydenci nie mają wpływu, albo
- przyjęciem wartości wynikającej z dynamiki systemu, albo też
- operacje i/lub zdarzenia pojawiają się jako realizacja pewnego procesu losowego.

W pierwszym wypadku operacje będziemy nazywać *sterowaniami*. Założymy ponadto, że dla każdego momentu t określony jest wektor $X(t, Q)$ jakościowych lub ilościowych charakterystyk stanów systemu Q . Charakterystyki te mogą być deterministyczne, przedziałowe, stochastyczne, rozmyte, opisowe itp. Również ze zbiorem operacji V można skojarzyć wektor kryteriów $G = (G_1, \dots, G_k): E \rightarrow \mathbb{R}^k$, przy czym jedna ze współrzędnych G może być identyfikowana z czasem.

Elementarnym scenariuszem s w systemie (1) nazywać będziemy ciąg zdarzeń (e_1, \dots, e_p) , takich, że jeśli $e_i = (q_i, q_{i+1})$ wtedy $e_{i+1} = (q_{i+1}, q_{i+2})$ dla pewnego $v \in V$ takiego, że $q_{i+2} = \delta(v, q_{i+1})$ oraz każde ze zdarzeń może zajść co najwyżej jednokrotnie.

Przez *scenariusz* w badaniu foresightowym rozumiemy grupę (klaster) elementarnych scenariuszy, gdzie grupowanie dokonywane jest w oparciu o ustalone reguły podobieństwa (klasteryzacji) stosowane do scenariuszy elementarnych. Scenariusz często jest identyfikowany z wartościami $X(t, Q)$ dla $t = t_k$ lub dla wybranych wartości czasu $t = t_1, t_2, \dots, t_k$.

Łatwo zauważyć, że w systemach zdarzeń dyskretnych scenariusze elementarne są przyczynowo-skutkowymi łańcuchami zdarzeń; mogą one też być identyfikowalne z trajektoriami systemu (1).

Wyznaczanie scenariuszy procesów technologicznych i socjoekonomicznych związanych z przyszłym kształtowaniem się strumieni odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego w Polsce może być zatem opisane w postaci następującej ogólnej procedury.

Algorytm 1.

1. Identyfikacja zmiennych opisujących rozkłady odpowiedzi ekspertów na poszczególne pytania ankiety delfickiej.
2. Ekstrapolacja istotnych zmiennych ekonomicznych, demograficznych i społecznych definiujących otoczenie makroekonomiczno-społeczne dla

problemu wytwarzania odpadów nieorganicznych przez przemysł chemiczny w Polsce. Wybrane zmienne podane są w tabeli 1.

3. Identyfikacja skumulowanych rozkładów prawdopodobieństw zdarzeń, których termin zajścia i skutki dla polskiego przemysłu chemicznego określali eksperci w badaniu delfickim.

Aproksymacja dystrybuant przez funkcje logistyczne o następujących własnościach:

- poziome asymptoty 0 oraz (suma współczynników wiarygodności ekspertów, którzy nie wykluczyli zajścia zdarzenia)/(suma współczynników wiarygodności wszystkich ekspertów),
 - dystrybuanty rozkładów badane były przy tym na przedziale czasowym [2012,2035], podobnie jak wszystkie zmienne wspomniane w p. 1 wyżej.
4. Wyznaczenie prognoz wartości zmiennych na podstawie odpowiedzi ekspertów w badaniu delfickim.
 5. Badanie wzajemnych związków kauzalnych pomiędzy zmiennymi (trendami), zdarzeniami oraz zdarzeniami i trendami, przyjęcie kilku (z reguły trzech) alternatywnych wartości współczynników wpływu: minimalna, najbardziej prawdopodobna, maksymalna.
 6. Wyznaczenie skorygowanych wartości zmiennych dla wszystkich kombinacji współczynników wpływu zmodyfikowaną metodą AST.
 7. Wyznaczenie zagregowanych zmiennych opisujących produkcję przemysłu chemicznego, wielkość strumieni odpadów, stopień ich zagospodarowania, zagregowane oddziaływanie na środowisko, zagregowany wskaźnik opłacalności produkcji przemysłu chemicznego w Polsce.

Dokonanie klasteryzacji wartości zmiennych dla roku 2030 w następujących klasach:

- a. znikomy negatywny wpływ na środowisko – akceptowalny przez większość wpływ na środowisko – negatywny wpływ na środowisko,
- b. satysfakcjonująca konkurencyjność przemysłu chemicznego – krańcowa opłacalność produkcji w przemyśle chemicznym objętym badaniem – utrata konkurencyjności przez przemysł chemiczny w Polsce.

Jako dodatkowy wymiar rozważany może być wymiar społeczny: poziom bezrobocia, akceptacja dla zmian, jednak ilość klastrów nie powinna przez to ulec zwiększeniu ze względu na zasady budowy scenariuszy, które ograniczają ich ilość.

8. Wyróżnienie jako scenariuszy tych klastrów, które gromadzą co najmniej 80% symulowanych wartości zagregowanych zmiennych (zasada Pareto).

Wpływ większości zdarzeń na trendy określany jest przez pomocniczą zmienną multiplikatywną, która zwiększała wartości zmiennej podstawowej o czynnik od 1 dla momentu zajścia zdarzenia do $(1+p(i))$ dla roku 2030, gdzie $p(i)$ jest założoną wartością współczynnika wpływu.

Wzajemny wpływ analizowanych w modelu zmiennych na inne zmienne określany był analogicznie, poprzez wskazanie wartości zmiennej x , która powoduje zmianę ekstrapolowanej wartości zmiennej y począwszy od momentu, w którym zmienna x przekroczyła tę wartość progową. Takie podejście umożliwia jednolite traktowanie zmiennych i zdarzeń – w szczególności przyjęcie lub przekroczenie wartości progowej traktowane jest jak zdarzenie.

6.2. Obliczenia

W związku z faktem, że eksperci wskazywali jedynie przybliżone wartości czasu zajścia zdarzeń (zastosowano klasy: „do roku 2020”, od roku „2020 do 2030” oraz „po roku 2030”) konieczna jest konstrukcja odpowiedniej zmiennej wykorzystująca odpowiedzi jedynie wspomnianego wyżej rodzaju. W kroku pierwszym obliczane są sumy ważone wiarygodnościami środka przedziału wystąpienia podawanego w odpowiedziach ekspertów:

$$P(e) = \frac{\sum_{i=1}^n odp(i) wr(i)}{\sum_{i=1}^n wr(i)} \quad (2)$$

gdzie:

n – liczba ekspertów odpowiadająca na pytanie,

$odp(i)$ – wartość odpowiedzi (tak – 1, nie – 0, raczej tak – 0,75, raczej nie – 0,25),

$wr(i)$ – wiarygodność i -tego eksperta.

Horyzonty czasowe wyznaczyć można stosując następujące wzory:

$$p(t_1) = \frac{\sum_{i=1}^n w(e_i) odp(e_i, t_1)}{\sum_{i=1}^n w(e_i)} \quad (3)$$

$$p(t_j) = p(t_{j-1}) + \frac{\sum_{i=1}^n w(e_i) odp(e_i, t_j)}{\sum_{i=1}^n w(e_i)} \quad (4)$$

gdzie:

$p(t_j)$ – prawdopodobieństwo, że zdarzenie zajdzie w przedziale czasowym t_j ,

$odp(e_i, t_j) = 1$, gdy i -ty ekspert podaje, że zdarzenie zajdzie w i -tym przedziale czasowym w innym przypadku $odp(e_i, t_j) = 0$,

$w(e_i)$ – wiarygodność i -tego eksperta,

n – liczba ekspertów która udzieliła odpowiedzi na to pytanie.

Powyższe wzory na konstrukcję dystrybuant można stosować także dla przypadku, gdy pewna ilość respondentów stwierdzi, że zdarzenie, którego dotyczy dana teza nie zajdzie nigdy. Taka sytuacja występowała dla prawie wszystkich tez z przeprowadzonym badaniem. Należy wówczas przyjąć, że:

a) Jeśli $S(E) = \sim P(E, 2030) \geq 0,5$,

gdzie: $S(E) :=$ „Suma wiarygodności ekspertów, którzy stwierdzili, że zdarzenie E zajdzie przed rokiem 2030”; oraz

$P(E, 2030) :=$ „prawdopodobieństwo zajścia zdarzenia E do roku 2030’

wtedy zakładamy, że zdarzenie E zachodzi w tym roku (wartość oczekiwana czasu zajścia), gdy wartość estymowanej dystrybuanty $F(t)$ wynosi 0,5.

Procedura obliczania $F(t)$ jest dwustopniowa: najpierw obliczamy punkt przegięcia i asymptotę funkcji logistycznej $f(t)$ wg wartości sum wiarygodności ekspertów, którzy wskazali na zajście zdarzenia E na przedziałach czasowych [2012-2020], [2021, 2030], [po 2030], a następnie obliczamy wartość argumentu t_1 , dla której otrzymana funkcja $f(t)$ przyjmuje wartość 0,5. Asymptota $f(t)$ jest przy tym równa $S(E)$. Tak wyznaczony moment t_1 stanowi punkt przegięcia właściwej funkcji charakterystycznej zdarzenia $F(t)$, która z założenia jest również funkcją logistyczną.

b) Gdy: $S(E) = \sim P(E, 2030) < 0,5$, wtedy:

- Przyjmujemy, że wartość oczekiwana momentu zajścia zdarzenia E wynosi 2030.
- Przedstawiona wyżej procedurę dla przypadku a) powtarzamy dla skumulowanej wartości prawdopodobieństwa $P(E, t) = 0,25$ (kwartyl), a przy obliczeniach scenariuszy generujemy nowy scenariusz elementarny, w którym zdarzenie w ogóle nie zachodzi przed 2030.

c) Gdy: $S(E) = \sim P(E, 2030) < 0,25$,

wtedy zakładamy, że zdarzenie nie zajdzie do roku 2030, a co za tym idzie, wpływ tego zdarzenia na pozostałe zmienne i zdarzenia w analizowanym okresie jest pomijany. Można też przyjąć inny próg, np. 0,2 albo 0,1. Ogólnie, wpływ zdarzenia E pomijamy, gdy:

$S(E) = \sim P(E, 2030) < \text{„ustalony_próg”}$.

W ogólnym przypadku algorytm może generować dla każdego zdarzenia po 2-3 scenariusze elementarne, w którym jeden odpowiada wartości $f(t) = 0,25$, drugi $f(t) = 0,5$, a trzeci $f(t) = 0,75$ (o ile te wartości zredukowanych dystrybuant istnieją) i obliczonym dla tych wartości wariantom $F(t)$.

Alternatywny sposób uwzględnienia wpływu zdarzeń opisywanych przez funkcję charakterystyczną $f(t)$, która przy $t \rightarrow 2030$ zmierza do wartości mniejszej od 1 polega na zmniejszeniu wartości funkcji multiplikatywnej dla ustalonej zmiennej zależnej od danego zdarzenia o czynnik równy wartości asymptotycznej $S(E)$. Sposób ten jest uzasadniony i prawidłowy dla tych zdarzeń, o których można powiedzieć, że mogą zajść częściowo (fuzzy event). Podczas analizy wyników ankiet delfickich należy zatem wydzielić grupę takich zdarzeń (nie są nimi np. wejście w życie ustawy lub umowy o znanej już treści) i dla nich stosować podany wyżej w niniejszym akapicie sposób modelowania wpływu na zmienne. Sposób podany wyżej jest jednak bardziej uniwersalny, chociaż najbardziej adekwatne rezultaty analizy można uzyskać uwzględniając

dla wszystkich zdarzeń zmienne probabilistyczno-rozmyte, $\pi(E,t,q)$, opisujące skumulowane prawdopodobieństwo zajścia zdarzenia E do chwili t w stopniu q.

Przykładowe obliczenia wykonane na podstawie wyników ankiety delfickiej (I runda) podane są w tabeli 6.1.

Tabela 6.1. Wyniki przykładowych obliczeń zmiennych wyznaczonych na podstawie odpowiedzi w tezach

nr tezy	nr pytania	wynik pozytywny	wynik negatywny	suma współczynników wiarygodności ekspertów	horyzont czasowy do 2020	horyzont czasowy 2020-2030	horyzont czasowy po 2030
13	397	0,5468	0,4532	43,8			
13	398			17,2	0,6744	0,3256	0,0000
13	399	0,5240	0,4760	43,8			
13	400			17,8	0,6742	0,3258	0,0000
13	401	0,6712	0,3288	43,8			
13	402			28,4	0,5352	0,4648	0,0000
13	191	0,5799	0,4201	43,8			
14	270	0,3681	0,6319	47			
14	271			3,2	0,1875	0,8125	0,0000
14	274	0,5000	0,5000	4,8			
14	719			2,2	0,0000	0,7273	0,2727
14	517	0,8333	0,1667	9			
14	518			7,4	0,2703	0,7297	0,0000
14	521	0,7444	0,2556	9			
14	522			6,8	0,3235	0,6765	0,0000
14	525	0,7389	0,2611	9			
14	526			6,6	0,2121	0,7879	0,0000
15	286	0,4228	0,5772	13,6			
15	644			13,6	0,1029	0,3088	0,5882
16	657	0,7027	0,2973	22,2			
16	658			12,6	0,4921	0,4286	0,0794
16	659	0,6036	0,3964	22,2			
16	660			11	0,5091	0,4909	0,0000
16	661	0,6599	0,3401	22,2			
16	662			11,6	0,3793	0,4138	0,2069
17	616	0,6086	0,3914	15,2			
17	619	0,8462	0,1538	5,2			
17	622			5,2	0,0769	0,7308	0,1923

nr tezy	nr pytania	wynik pozytywny	wynik negatywny	suma współczynników wiarygodności ekspertów	horyzont czasowy do 2020	horyzont czasowy 2020- 2030	horyzont czasowy po 2030
19	265	0,9667	0,0333	3			
19	504			3	0,8667	0,1333	0,0000
20	652	0,7500	0,2500	2,2			
20	653			2,2	0,6364	0,3636	0,0000
25	216	0,5117	0,4883	47			
25	219			18,6	0,4301	0,4731	0,0968
26	222	0,5795	0,4205	35,2			
26	224	0,7535	0,2465	28,2			
26	226	0,7585	0,2415	17,6			
27	228	0,3649	0,6351	47			
28	697			24,2	0,2645	0,2562	0,4793
29	716			15,8	0,3038	0,5696	0,1266
30	157	0,5936	0,4064	43,8			
30	492	0,6202	0,3798	20,8			
30	493			12,4	0,1452	0,5161	0,3387
30	494	0,5697	0,4303	20,8			
30	495			7,2	0,2500	0,6111	0,1389
30	496	0,6106	0,3894	20,8			
30	497			11,8	0,1525	0,5593	0,2881
30	498	0,5721	0,4279	20,8			
30	499			8,2	0,3659	0,4634	0,1707
30	500	0,6010	0,3990	20,8			
30	501			10,2	0,2549	0,6078	0,1373
30	502	0,7885	0,2115	20,8			
30	503			18,2	0,2637	0,4396	0,2967
31	472	0,7200	0,2800	15			
31	473			9,2	0,1957	0,6957	0,1087
31	474	0,6333	0,3667	15			
31	475			7	0,3143	0,4857	0,2000
31	476	0,5700	0,4300	15			
31	477			3,8	0,0000	0,7368	0,2632
31	478	0,5967	0,4033	15			
31	479			5,8	0,2069	0,7586	0,0345
31	481	0,6900	0,3100	15			
31	482			8,6	0,2558	0,5814	0,1628

nr tezy	nr pytania	wynik pozytywny	wynik negatywny	suma współczynników wiarygodności ekspertów	horyzont czasowy do 2020	horyzont czasowy 2020-2030	horyzont czasowy po 2030
31	483	0,7267	0,2733	15			
31	484			9,8	0,4286	0,4694	0,1020
31	485	0,6567	0,3433	15			
31	486			7,6	0,2895	0,5526	0,1579
31	487	0,6533	0,3467	15			
31	488			7,4	0,2973	0,5405	0,1622
31	489	0,7700	0,2300	15			
31	490			10,4	0,5192	0,4423	0,0385
31	316	0,5967	0,4033	15			
31	317			15	0,0000	0,0000	0,0000
32	565			18,8	0,1277	0,5957	0,2766
33	585	0,6403	0,3597	19,6			
33	586			10,8	0,3148	0,5741	0,1111
34	737	0,7868	0,2132	34			
34	738	0,7941	0,2059	34			
34	740	0,7147	0,2853	34			
35	744	0,4106	0,5894	47			
36	729	0,7176	0,2824	34			

Treść tez i pytań zadawanych ekspertom podana jest poniżej w tabeli 6.2.

Tabela 6.2. Treść tez i pytań ankiety Delphi, które były podstawą ustalenia zestawu zmiennych i zdarzeń do scenariuszy

nr tezy	treść tezy	nr pytania	treść pytania
I/1	Nowa ustawa o odpadach, stanowić będzie transpozycję dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE w sprawie odpadów i zastąpi obowiązującą ustawę o odpadach z 2001 r. Nowa ustawa wprowadzi mechanizmy gospodarki odpadami zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju, w tym prowadzące do zwiększenia odzysku odpadów.	92	Czy zmiana ustawy pozwoli na osiągnięcie zakładanych celów - wzrostu stopnia odzysku przy jednoczesnym uporządkowaniu i uproszczeniu systemu gospodarowania, szczególnie odpadów nieorganicznych (grupa 06)?

nr tezy	treść tezy	nr pytania	treść pytania
I/2	Według rozporządzenia REACH odpady nie są substancją ani mieszaniną chemiczną i nie podlegają procedurom rejestracji, oceny i udzielania zezwoleń. Ale nie dotyczy to przypadku, gdy odpad staje się surowcem.	558	Czy koszty rejestracji i badań REACH wpłyną negatywnie na wdrażanie nowych technologii utylizacji odpadów – nowych procesów odzysku odpadów nieorganicznych?
		560	Czy utrudnienia wynikające z REACH spowodują, że preferowanym rozwiązaniem w gospodarce odpadami nieorganicznymi będzie przewaga procesów unieszkodliwiania i składowania nad odzyskiem?
		561	W jakim horyzoncie czasowym można się spodziewać zauważalnej przewagi procesów unieszkodliwiania i składowania nad odzyskiem?
I/3	Dyrektywa IPPC (zintegrowane zapobieganie zanieczyszczeniom i ich kontrola) z 1996 r. obejmuje blisko 52 tys. instalacji w UE, które muszą posiadać pozwolenie zintegrowane. Obecne działania UE prowadzone są w kierunku zaostrzenia i wzmocnienia roli Najlepszych Dostępnych Technik (BAT) w procesie udzielania pozwolenia zintegrowanego.	231	Czy zwiększenie roli BAT będzie miało negatywny wpływ na polski przemysł chemiczny?
I/4	System naliczania i poboru opłat za korzystanie ze środowiska jest głównym instrumentem finansowym pozwalającym na kształtowanie gospodarki odpadami w Polsce i osiąganie celów założonych w Krajowym Planie Gospodarki Odpadami: minimalizowania ilości wytwarzanych odpadów i ograniczania ich oddziaływania na środowisko oraz uzyskaniu jak najwyższego stopnia odzysku odpadów.	299	Czy zmiany wysokości opłat za korzystanie ze środowiska wprowadzane zgodnie z rozporządzeniami Rady Ministrów i obwieszczeniami Ministra Środowiska sprzyjają zwiększaniu stopnia odzysku odpadów, szczególnie dla odpadów z grupy 06?

nr tezy	treść tezy	nr pytania	treść pytania
I/5	Względy ekologiczne (zasada 3R; reduce, reuse, recycle) zalecają stosowanie surowców z odpadów przed naturalnymi minerałami, a to dla wielu technologii nieorganicznych oznacza stosowanie surowców o nienajlepszej czystości.	247	Jakie względy przemawiają za rozwiązaniem preferowania surowców lokalnych lub z odpadów? - dostępność; - społeczne (lokalne miejsca pracy); - powiązania firm (kapitałowe, umowami o współpracy itp.); - niskie koszty transportu; - powstający odpad można zawrócić w miejsce pochodzenia.
I/7	Ekstrakcyjny kwas fosforowy jest podstawowym surowcem do produkcji skoncentrowanych nawozów fosforowych i kompleksowych nawozów NPK. Przy produkcji 1 t kwasu powstaje około 3,5-4,5 t fosfogipsu.	104	Czy podnoszenie wymagań środowiskowych (limity emisji, opłaty, zawartość kadmu w nawozach itp.) stanowi zagrożenie dla utrzymania produkcji ekstrakcyjnego kwasu fosforowego w Polsce?
		448	Czy na decyzję o zatrzymaniu produkcji kwasu fosforowego ekstrakcyjnego w Polsce będzie miała wpływ uciążliwość sąsiedztwa hałdy fosfogipsu dla społeczności lokalnej?
		450	Czy na decyzję o zatrzymaniu produkcji kwasu fosforowego ekstrakcyjnego mogą mieć wpływ jej negatywne skutki dla środowiska?
		452	Czy na decyzję o zatrzymaniu produkcji kwasu fosforowego ekstrakcyjnego mogą mieć wpływ zbyt duże rozmiary hałdy fosfogipsu przy braku innych możliwych lokalizacji dla dalszego składowania fosfogipsu?
		728	Czy po zatrzymaniu produkcji kwasu fosforowego ekstrakcyjnego w Polsce wystąpi deficyt lub wzrost cen nawozów fosforowych na krajowym rynku nawozowym?

nr tezy	treść tezy	nr pytania	treść pytania
I/10	Wykorzystanie „świeżego” odpadu pochodzącego bezpośrednio z procesu produkcji jest na ogół łatwiejsze i tańsze niż odpadu ze składowiska.	465	Czy problem nawożenia fosforem w Polsce po zaprzestaniu produkcji kwasu fosforowego ekstrakcyjnego zostanie rozwiązany przez import kwasu i produkcję nawozów w Polsce?
		147	Czy zagospodarowanie całego lub większości (powyżej 50%) „świeżego” fosfogipsu powstającego w procesie wytwarzania kwasu fosforowego jest w Polsce realne?
		403	Czy jest w Polsce realne zagospodarowanie „świeżego” fosfogipsu do budownictwa drogowego?
		405	Czy jest w Polsce realne zagospodarowanie „świeżego” fosfogipsu do materiałów budowlanych i spoiw?
		407	Czy jest w Polsce realne zagospodarowanie „świeżego” fosfogipsu w rolnictwie?
I/11	Na trzech składowiskach fosfogipsu w Polsce znajduje się obecnie ponad 110 mln t tego odpadu. Składowisko, nawet nie eksploatowane, obciąża zakład kosztami utrzymania, w tym monitoringu odcieków, zabezpieczenia wód gruntowych itp.	136	Na składowisku Z.Ch. „Police” znajduje się ponad 90 mln t fosfogipsu fosforytowego częściowo wymieszanego z popiołem i zakładowymi osadami ściekowymi. Czy jest uzasadnione gospodarczo i środowiskowo wykorzystanie gospodarcze tego odpadu?
		438	W jakim horyzoncie czasowym można spodziewać się zagospodarowywania fosfogipsu ze składowiska Z.Ch. „Police” do budownictwa drogowego?

nr tezy	treść tezy	nr pytania	treść pytania
		439	W jakim horyzoncie czasowym można spodziewać się przemysłowego zagospodarowywania fosfogipsu ze składowiska Z.Ch. „Police” w materiałach budowlanych i spoiwach?
		440	W jakim horyzoncie czasowym można spodziewać się zagospodarowywania rolniczego fosfogipsu ze składowiska Z.Ch. „Police”?
		139	Na nieczynnym od 2010 roku składowisku Zakładów Fosfory-Gdańsk jest 17,5 mln t fosfogipsu fosforytowego; hałda jest rekultywowana i monitorowana. Czy jest uzasadnione gospodarczo i środowiskowo wykorzystanie gospodarcze tego odpadu?
		441	W jakim horyzoncie czasowym można spodziewać się zagospodarowywania fosfogipsu z hałdy Zakładów Fosfory- Gdańsk pod budownictwo drogowe?
		442	W jakim horyzoncie czasowym można spodziewać się zagospodarowywania fosfogipsu z hałdy Zakładów Fosfory- Gdańsk do materiałów budowlanych i spoiw?
		443	W jakim horyzoncie czasowym można spodziewać się zagospodarowywania rolniczego fosfogipsu z hałdy Zakładów Fosfory-Gdańsk?

nr tezy	treść tezy	nr pytania	treść pytania
		142	Na składowisku po nieistniejącym Z.Ch. Wizów zalega 3,5 mln ton fosfogipsu pochodzenia apatytowego z procesu półwodzianowego. Czy jest uzasadnione gospodarczo i środowiskowo wykorzystanie gospodarcze tego odpadu?
		444	W jakim horyzoncie czasowym można się spodziewać całkowitego zagospodarowania fosfogipsu z Z.Ch. Wizów w budownictwie drogowym?
		445	W jakim horyzoncie czasowym można spodziewać się realizacji przemysłowej zagospodarowania fosfogipsu z Z.Ch. Wizów do materiałów budowlanych?
		446	W jakim horyzoncie czasowym można spodziewać się realizacji zagospodarowania fosfogipsu z Z.Ch. Wizów w rolnictwie?
I/12	Surowce fosforonośne są do Polski sprowadzane z zagranicy, a w związku z wyczerpywaniem się złóż ich ceny ciągle rosną. Istnieją inne możliwości pozyskiwania fosforu.	382	Czy odzysk związków fosforu z osadów ściekowych może znaleźć (do 2030 r.) istotne gospodarczo zastosowanie w Polsce?
		672	W jakim horyzoncie czasowym można spodziewać się realizacji przemysłowej odzysku fosforu ze ścieków?
I/13	Należy oczekiwać, że w nadchodzących latach nastąpi wzrost znaczenia nawożenia zlokalizowanego (punktowego) wysoko przyswajalnymi formami nawozowymi oraz, w przypadku nawozów fosforowych, wzrost znaczenia nawożenia gleb formami słabo przetworzonymi (powrót do superfosfatu prostego, zakwaszone fosforyty).	757	W jakim okresie czasu wzrost zużycia nawozów w Polsce będzie zauważalny?

nr tezy	treść tezy	nr pytania	treść pytania
		397	Czy w najbliższych latach nastąpi zauważalny wzrost zużycia nawozów azotowych?
		398	Kiedy wzrost zużycia nawozów azotowych będzie zauważalny?
		399	Czy w najbliższych latach nastąpi zauważalny wzrost zużycia nawozów fosforowych?
		400	Kiedy wzrost zużycia nawozów fosforowych będzie zauważalny ?
		401	Czy w najbliższych latach nastąpi zauważalny wzrost zużycia nawozów skoncentrowanych i kompleksowych?
		402	Kiedy nastąpi zauważalny wzrost zużycia nawozów skoncentrowanych i kompleksowych?
		189	Czy należy rozwijać badania nad wykorzystaniem nanotechnologii, biotechnologii oraz innych nowoczesnych technik powodujących wzrost przyswajalności form nawozowych przez rośliny?
		191	Czy zmiana metod nawożenia (dotyczy nowych wysoko przyswajalnych nawozów i technik nawożenia) spowoduje wzrost ilości i zmianę struktury wytwarzanych odpadów?
I/14	W procesie wytwarzania sody metodą Solvay’a powstają: trudno zbywalny produkt uboczny- wapno posodowe (ok. 230 tys. t/rok) oraz uciążliwe ścieki zawierające duże ilości jonów chlorkowych.	270	Czy są dostępne, możliwe do zastosowania w skali przemysłowej w Polsce, metody zapewniające całkowite zagospodarowanie uciążliwych strumieni ubocznych, w tym ścieków zawierających chlorki, z wytworzeniem atrakcyjnych rynkowo produktów?

nr tezy	treść tezy	nr pytania	treść pytania
		271	W jakim horyzoncie czasowym można spodziewać się wdrożenia tych metod?
		274	Czy byłoby do przyjęcia obniżenie zyskowności produkcji sody kosztem wdrożenia metod dających akceptowany/e rynkowo produkt/y, przez co zakłady sodowe stałyby się bardziej przyjazne dla środowiska?
		719	W jakim horyzoncie czasowym będzie możliwe wdrożenie nowych metod poprawiających produkt/y, ale obniżających zyskowność produkcji sody?
		518	W jakim horyzoncie czasowym można spodziewać się wprowadzenia technologii, do poprawienia jakości wapna posodowego w celu jego ewentualnego zastosowania w rolnictwie do wapnowania gleb?
		523	Czy w kraju istnieje odpowiednia kadra i infrastruktura badawcza na rzecz przemysłu sodowego, która byłaby w stanie doprowadzić do wdrożenia wybranych technologii zagospodarowania odpadów okołosodowych?
		525	Czy należy prowadzić badania nad wykorzystaniem odpadów z oczyszczania solanki, do wytwarzania fosforanów wapnia i magnezu jako dodatków paszowych?
		526	W jakim horyzoncie czasowym można spodziewać się realizacji przemysłowej zastosowania odpadów z oczyszczania solanki, do wytwarzania fosforanów wapnia i magnezu jako dodatków paszowych?

nr tezy	treść tezy	nr pytania	treść pytania
I/15	Soda - bardzo ważny produkt przemysłu chemicznego i niezbędny dla wielu branż surowiec, produkowana jest w Polsce metodą Solvay'a z lokalnych i tanich, lecz zawierających zanieczyszczenia, surowców mineralnych.	282	Czy możliwy, w przypadku wdrożenia „czystej” technologii produkcji sody, duży wzrost jej ceny byłby do zaakceptowania przez rynek odbiorców tego produktu?
		640	W jakim horyzoncie czasowym można spodziewać się wdrożenia „czystej” technologii produkcji węglanu sodu z importowanej sody naturalnej?
		286	Czy rynek odbiorców sody mógłby zaakceptować wzrost ceny w przypadku zaprzestania produkcji sody w Polsce i całkowitego zaopatrywania się w ten surowiec z importu?
		644	W jakiej perspektywie czasowej mogłoby nastąpić radykalne ograniczenie zapotrzebowania na sodę?
I/16	Produkcja sody amoniakalnej metodą Solvay'a związana jest z wytwarzaniem roztworu chlorku wapnia. Pożądane byłoby zwiększenia odzyskiwanego chlorku wapnia i zmniejszenie zrzutu chlorków do środowiska (w postaci ścieków).	293	Czy można zwiększyć przemysłowe wykorzystanie chlorku wapnia?
		656	W jakim horyzoncie czasowym można się spodziewać zastosowania chlorku wapnia do zimowego utrzymania dróg w masowej skali?
		658	Kiedy wykorzystanie chlorku wapnia do wiązania pyłów nabierze znaczenia istotnego dla producenta sody?
		660	Kiedy wykorzystanie chlorku wapnia do usuwania wilgoci nabierze znaczenia istotnego dla producenta sody?
		662	Kiedy wykorzystanie chlorku wapnia do produkcji kredy strącanej nabierze znaczenia istotnego dla producenta sody?

nr tezy	treść tezy	nr pytania	treść pytania
		664	W jakim horyzoncie czasowym zmiana prawa ograniczającego stosowanie surowców naturalnych (NaCl) wpłynie na większe wykorzystanie chlorku wapnia?
		666	W jakim horyzoncie czasowym kampanie informacyjne promujące stosowanie chlorku wapnia wpłyną na jego większe wykorzystanie?
		668	W jakim horyzoncie czasowym zachęty dla odbiorców chlorku wapnia zwiększą jego wykorzystanie?
I/17	Produkcja ditlenku tytanu (białego pigmentu) metodą siarczanową związana jest z wytwarzaniem znacznych ilości odpadów, głównie w postaci siarczanu żelaza (II).	175	Czy jest możliwe ograniczenie ilości odpadów wytwarzanych przy produkcji bieli tytanowej metodą siarczanową?
		616	Czy zmniejszenie ilości odpadów wprowadzanych do środowiska można uzyskać przez stosowanie innych surowców?
		622	W jakim horyzoncie czasowym będzie możliwe zastosowanie ewentualnych nowych pigmentów?
		628	W jakim horyzoncie czasowym będzie możliwe całkowite lub znaczące przemysłowe wykorzystanie odpadów z produkcji TiO_2 ?
I/18	Pigmenty oparte na ditlenku tytanu (biel tytanowa) produkowane w Polsce należą do najważniejszych białych pigmentów.	165	Czy potwierdzenie doniesień o szkodliwym działaniu nanocząstek ditlenku tytanu będzie miało wpływ na spadek produkcji i ograniczenie zastosowań?

nr tezy	treść tezy	nr pytania	treść pytania
I/19	Polski przemysł metali nieżelaznych jest producentem około połowy kwasu siarkowego wytwarzanego w Polsce, a jego udział w rynku kwasu systematycznie rośnie. Wytworzona ilość kwasu jest ściśle związana z produkcją metali nieżelaznych. Okresowo występują problemy ze zbytem tego produktu	259	Czy należy w Polsce utrzymywać produkcję kwasu siarkowego z siarki rodzimej kopalnej?
		261	Jeśli jest taka potrzeba to w jakiej perspektywie czasowej należy wygasić tę produkcję?
		263	Czy należy prowadzić w Polsce badania nad poprawą jakości kwasu pometalurgicznego oraz obniżeniem ilości odpadowego kwasu siarkowego powstającego w hutach metali nieżelaznych?
		265	Czy należy wzmocnić bazę B+R działającą na potrzeby przemysłu kwasu siarkowego?
		504	W jakim horyzoncie czasowym należy wzmocnić bazę B+R dla przemysłu kwasu siarkowego?
I/20	Odpady niebezpieczne grupy 06 obejmują takie odpady jak: odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania kwasów nieorganicznych, wodorotlenków, soli i in. Wśród odpadów niebezpiecznych dominuje kwas siarkowy i siarkawy, którego w 2009 roku wytworzono 73 tys. ton.	393	Czy należy prowadzić badania nad procesami odzysku odpadów niebezpiecznych z grupy 06 w kierunku produktów użytecznych?
		649	W jakim horyzoncie czasowym można spodziewać się efektów praktycznych wykorzystania badań nad technologiami eliminującymi lub ograniczającymi wytwarzanie odpadów niebezpiecznych z grupy 06?
		653	Kiedy taka infrastruktura do eliminacji lub ograniczania wytwarzania odpadów niebezpiecznych z grupy 06 musiałaby powstać, aby pomóc polskiemu przemysłowi spełnić wymogi nowego (wprowadzanego) prawa chemicznego i środowiskowego?

nr tezy	treść tezy	nr pytania	treść pytania
I/22	Skutki zdrowotne narażenia na zanieczyszczenia środowiskowe związane z lokalizacją zakładów przemysłu chemicznego, zakładów gospodarowania odpadami lub składowisk odpadów są bardzo często powodem niepokoju dla lokalnych społeczności. Niemniej jednak, choć obawy o skutki zdrowotne zamieszkiwania w pobliżu takich inwestycji są dominujące, niebagatelną rolę mają również obawy przed codziennymi skutkami uciążliwego sąsiedztwa takie jak zagęszczenie ruchu kołowego czy nieprzyjemne zapachy. Ponadto czynniki te znacząco obniżają wartość rynkową oraz atrakcyjność lokalizacji domów czy mieszkań.	198	Czy osoby zamieszkujące w obszarach narażonych na uciążliwości ze względu na działalność zakładów przemysłu chemicznego, zakładów gospodarowania odpadami lub składowisk odpadów mają wystarczający poziom wiedzy na temat faktycznej uciążliwości zakładów w ich otoczeniu?
		203	W jakiej perspektywie będą odczuwalne skutki działań mających na celu wzmocnienie świadomości mieszkańców na temat faktycznej uciążliwości zakładów przemysłowych, gospodarki odpadami oraz składowisk?
I/23	Społeczna odpowiedzialność biznesu (CSR) została zdefiniowana przez Komisję Europejską jako koncepcja dobrowolnego włączania przez przedsiębiorstwa aspektów społecznych i środowiskowych do działalności gospodarczej i kontaktów z otoczeniem. Z badań przeprowadzonych przez Centrum Komunikacji Społecznej w 2003 r. wynika, że blisko 70% Polaków jest skłonnych zapłacić więcej za produkt przyjazny środowisku, ponad połowa Polaków nie zakupiłaby wyrobu firmy społecznie nieodpowiedzialnej (np. nie respektującej praw pracowniczych lub nie dbającej o bezpieczeństwo pracowników). Z kolei ekonomiści podkreślają znaczenie zaangażowania przedsiębiorstw w CSR, jako czynnika budowania przewagi konkurencyjnej na rynku krajowym i globalnym.	206	Czy realne i aktywne zaangażowanie polskich zakładów przemysłu chemii nieorganicznej w CSR przyczyni się do wzmocnienia ich konkurencyjności oraz poprawy relacji z lokalnym otoczeniem?

nr tezy	treść tezy	nr pytania	treść pytania
		208	Czy istnieje potrzeba dodatkowych zachęt dla przedsiębiorstw, które realizują program CSR?
I/24	Lokalizacja zakładów prowadzących działalność w dziedzinie unieszkodliwiania, przetwarzania lub składowania odpadów przemysłowych powinna być każdorazowo poprzedzona kampanią informacyjną i konsultacjami w społeczności lokalnej. W obszarach tych stykamy się ze współdziałaniem obywatelskim, ale często stają się one także terenem ostrych konfliktów społecznych.	210	Jakiego typu obawy towarzyszą mieszkańcom związku z planowanym w ich okolicy uruchomieniem zakładu odzysku/ unieszkodliwiania bądź składowiska odpadów? a) obawy o zdrowie, b) obawy związane z zagęszczeniem ruchu kołowego w okolicy, c) obawa przed nieprzyjemnym zapachem w okolicy, d) obawy związane z utratą dotychczasowych walorów estetycznych okolicy, e) obawy związane z obniżeniem wartości rynkowej nieruchomości.
		203	W jakiej perspektywie będą odczuwalne skutki działań informacyjnych na temat planowanych inwestycji związanych z gospodarowaniem odpadami przemysłowymi?
I/25	Zakłady przemysłowe, których procesy produkcyjne nie spełniają wymagań zawartych w prawie ochrony środowiska, dyrektywach Unii Europejskiej oraz innych aktach prawnych są zobowiązane do wdrożenia działań naprawczych, takich jak na przykład zmiana technologii, będzie też do zaprzestania produkcji. W wielu przypadkach obawy przed społecznymi skutkami zamknięcia zakładów przemysłowych są czynnikiem, który powstrzymuje przedsiębiorców oraz władze przed zastosowaniem zdecydowanych rozwiązań w tej dziedzinie.	216	Czy istnieje społeczna akceptacja dla likwidacji zakładów przemysłowych, które ze względów np. ekonomicznych nie są w stanie dostosować się do wymagań prawnych w dziedzinie ochrony środowiska?

nr tezy	treść tezy	nr pytania	treść pytania
I/26	Wprowadzenie przyjaznych dla środowiska technologii produkcji w zakładach przemysłu chemicznego może spowodować wzrost kosztów produkcji, a w efekcie może doprowadzić do wzrostu cen niektórych produktów w branży spożywczej, kosmetycznej i innych.	219	W jakiej perspektywie czasowej takie zakłady powinny zakończyć funkcjonowanie?
		222	Czy jest możliwa społeczna akceptacja dla podnoszenia ceny niektórych produktów w związku z wprowadzeniem procesów technologicznych bardziej przyjaznych dla środowiska (technologie nisko- i bezodpadowe)?
		224	Czy wzrastać będzie znaczenie kryterium odpowiedzialności ekologicznej przy wyborze produktów dokonywanym przez konsumentów?
		226	Czy ta tendencja będzie miała znaczący wpływ na przemysł chemiczny?
		225	Jakie działania należy zaproponować w celu wzmocnienia świadomości ekologicznej konsumentów?
I/27	Obowiązujące przepisy prawne nakładają obowiązek udziału społecznego w postępowaniu w sprawie ochrony środowiska, w opiniowaniu projektów aktów prawnych oraz w konsultacjach społecznych planowanych inwestycji. Doświadczenie pokazuje, że zapewnienie udziału społeczności lokalnych w podejmowaniu decyzji jest skutecznym sposobem przeciwdziałania konfliktom społecznym.	228	Czy władze lokalne oraz inwestorzy w wystarczającym stopniu wykorzystują instrumenty partycypacji społecznej w postępowaniu w sprawie ochrony środowiska, w opiniowaniu projektów aktów prawnych oraz w konsultacjach społecznych planowanych inwestycji?

nr tezy	treść tezy	nr pytania	treść pytania
I/28	Odpady wytwarzane w wyniku działalności przemysłowej, nie znajdujące gospodarczego wykorzystania, deponowane są na składowiskach niekorzystnie wpływając na elementy środowiska naturalnego glebę, wodę, powietrze. Zapisy prawne identyfikują składowiska odpadów: niebezpiecznych, obojętnych oraz innych niż niebezpieczne i obojętne. Końcowym etapem eksploatacji składowiska odpadów jest rekultywacja, którą zobowiązany jest przeprowadzić zarządca składowiska w terminie do 5 lat od daty zaprzestania eksploatacji.	697	W jakim horyzoncie czasowym zostaną poddane procesom rekultywacji wszystkie składowiska odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego w Polsce?
I/29	Surowce mineralne oprócz składnika głównego, wykorzystywanego w technologii, zawierają składniki zbędne. W wyniku prowadzenia gospodarki odpadowej polegającej przede wszystkim na składowaniu niewykorzystywanych części surowca, powstały i powstają składowiska odpadów.	716	W jakiej perspektywie czasowej zostaną wprowadzone działania polegające na prowadzeniu odzysku użytecznych składników odpadów z grupy 06 zdeponowanych na zrekultywowanych składowiskach?
		706	Czy wspólne działania władz samorządowych oraz zakładów chemicznych - właścicieli składowisk prowadzące do zrekultywowania terenów składowisk z uzyskaniem funkcji korzystnej dla lokalnej społeczności mogłyby prowadzić do wsparcia kosztów rekultywacji składowisk ze środków publicznych (wykorzystanie środków unijnych na rekultywację)?
		711	Czy przed rozpoczęciem rekultywacji terenów istniejących składowisk odpadów z grupy 06 preferowane powinny być działania polegające na prowadzeniu odzysku użytecznych składników odpadów?

nr tezy	treść tezy	nr pytania	treść pytania
I/30	Biotechnologia oznacza zastosowanie technologiczne, które używa systemów biologicznych, organizmów żywych lub ich składników, żeby wytwarzać lub modyfikować produkty lub procesy w określonym zastosowaniu. Rozwój biotechnologii wpłynął w skali świata na strukturę upraw, a na przykład wdrożenie przemysłowe biopaliw miało znaczący wpływ na wielkość i strukturę produkcji nawozów mineralnych.	157	Czy w Polsce nastąpi taki rozwój biotechnologii, że w istotny sposób wpłynie na popyt na nawozy i na zmianę struktury tego popytu?
		492	Czy rozwój biotechnologii w Polsce wpłynie na wzrost popytu na nawozy azotowe?
		494	Czy rozwój biotechnologii w Polsce wpłynie na wzrost popytu na nawozy potasowe?
		496	Czy rozwój biotechnologii w Polsce wpłynie na wzrost popytu na nawozy fosforowe?
		498	Czy rozwój biotechnologii w Polsce wpłynie na wzrost popytu na nawozy zawierające siarkę?
		500	Czy rozwój biotechnologii w Polsce wpłynie na wzrost popytu na nawozy płynne?
		502	Czy rozwój biotechnologii w Polsce spowoduje powstanie nowych formuł nawozowych?
I/31	Nanotechnologie, także w zakresie związków nieorganicznych, należą do nowych, rozwijających się technologii. Jednak synteza nanozwiązków nieorganicznych wiąże się z operowaniem na niskich stężeniach i z ewentualną emisją nanozwiązków do środowiska wodnego. Niepokój ekspertów budzi również zdolność nanozwiązków do przenikania przez skórę i inne tkanki.	473	W jakim horyzoncie czasowym nastąpi w Polsce wdrożenie do produkcji w skali przemysłowej nanozwiązków srebra?
		475	W jakim horyzoncie czasowym nastąpi w Polsce wdrożenie do produkcji w skali przemysłowej nanozwiązków tytanu?
		477	W jakim horyzoncie czasowym nastąpi w Polsce wdrożenie do produkcji w skali przemysłowej nanozwiązków cyrkonu?
		482	W jakim horyzoncie czasowym zastosowanie nanozwiązków w produktach dla elektroniki nabierze praktycznego znaczenia?

nr tezy	treść tezy	nr pytania	treść pytania
		484	W jakim horyzoncie czasowym zastosowanie nanozwiązków w odkażaniu i dezynfekcji nabierze praktycznego znaczenia?
		486	W jakim horyzoncie czasowym zastosowanie nanozwiązków w optyce nabierze praktycznego znaczenia?
		488	W jakim horyzoncie czasowym zastosowanie nanozwiązków we włókiennictwie nabierze praktycznego znaczenia?
		490	W jakim horyzoncie czasowym zastosowanie nanozwiązków w tworzywach sztucznych nabierze praktycznego znaczenia?
		316	Czy produkcja nanozwiązków nieorganicznych będzie oparta na krajowych technologiach w perspektywie roku 2030?
		317	Czy obawy o zdrowie ludzi i bezpieczeństwo środowiska związane z przenikaniem nanozwiązków do żywych organizmów spowoduje jakieś ograniczenia dla rozwoju nanotechnologii?
		565	W jakiej perspektywie czasowej nastąpi wdrożenie technologii substancji alternatywnych w Polsce?
I/32	Rozporządzenie REACH nakłania do wycofywania z obrotu substancji szczególnie szkodliwych dla zdrowia i środowiska (UVCB) a zastępowania ich substancjami alternatywnymi.	236	Czy polski potencjał B+R jest przygotowany do prowadzenia badań nad technologiami substancji alternatywnych?
		564	W jakiej perspektywie czasowej powstaną w Polsce technologie substancji alternatywnych?

nr tezy	treść tezy	nr pytania	treść pytania
I/33	Nowoczesne techniki separacji wykorzystujące procesy membranowe coraz częściej znajdują zastosowanie w technologiach chemicznych, umożliwiają recykling surowcowy, są mniej energochłonne niż tradycyjne techniki rozdzielania, umożliwiają odzysk cennych surowców przy niskich stężeniach w obiegu. W 2030 roku globalna sprzedaż modułów membranowych ma wzrosnąć o 30%.	586	W jakim horyzoncie czasowym nastąpi w Polsce powszechne zastosowanie technik membranowych w „uszczelnianiu składowisk”?
		593	W jakim horyzoncie czasowym zastosowanie nowoczesnych technik separacji pozwoli uzyskać korzyści ekonomiczne?
		594	Czy rozwój nowoczesnych technik separacji pozwoli na wypracowanie korzyści środowiskowych (m.in. oczyszczanie odcieków ze składowisk odpadów, odsalanie wód kopalnianych, denitryfikacja wody)?
I/34	Polska pod względem innowacyjności odstaje od innych krajów UE, wyprzedza jedynie takie kraje jak Rumunia czy Bułgaria. W Polsce zaledwie 20% innowacyjnych rozwiązań powstaje w wyniku procesu B+R, 80% pozostałej innowacyjności kupuje się z zewnątrz. Na działalność badawczą przeznaczają się ok 0,35% PKB przy średniej europejskiej 2%.	737	Czy niski poziom innowacyjności polskiej gospodarki przekłada się bezpośrednio na pozycję rynkową polskiego przemysłu nieorganicznego?
		738	Czy niski poziom innowacyjności polskiej gospodarki przekłada się bezpośrednio na gospodarkę odpadami nieorganicznymi?
		740	Czy niski poziom innowacyjności polskiej gospodarki przekłada się bezpośrednio na bezpieczeństwo ludzi i środowiska?
I/35	W Polsce istnieje kilkanaście tysięcy małych i średnich firm, w których wytwarzane są stosunkowo niewielkie ilości odpadów nieorganicznych. Część tych odpadów to odpady niebezpieczne.	744	Czy kary nakładane na przedsiębiorców za nieodpowiednią gospodarkę odpadami są na tyle dolegliwe, że spełniają swoją rolę?
		745	Czy należy zwiększyć sankcje karne za nielegalny wysyp odpadów od kar pieniężnych do likwidacji firmy włącznie?
		743	Czy odpady nieorganiczne, w tym niebezpieczne, wytwarzane w niewielkich ilościach przez mniejsze firmy są w Polsce dobrze monitorowane?

nr tezy	treść tezy	nr pytania	treść pytania
		746	Czy małym lub średnim firmom należy udzielić pomocy służącej uporządkowaniu gospodarki odpadowej?
		747	Jakie powinny być to rodzaje wsparcia: a) Nieodpłatne szkolenia kadr finansowane przez władze samorządowe lub/i z funduszy strukturalnych UE; b) Wizje lokalne u przedsiębiorcy bez sankcji karnych, za to z uzgodnieniem zaleceń odpowiedzialnego urzędu; c) Preferencyjne kredyty dla inwestycji porządkujących lub zmniejszających problem odpadów; d) Ulgi inwestycyjne dla inwestycji innowacyjnych i proekologicznych;
		748	Czy w Polsce jest dostatecznie dużo firm i składowisk zajmujących się odbiorem odpadów nieorganicznych, w tym niebezpiecznych, pochodzących od innych wytwórców i ich unieszkodliwianiem lub odzyskiem?
		749	Czy mały przedsiębiorca wytwarzający poszukiwany rynkowo produkt może mieć problem z legalnym przekazaniem odpadu wyspecjalizowanej firmie?
I/36	Zrównoważony rozwój to: „Proces mający na celu zaspokojenie aspiracji rozwojowych obecnego pokolenia, w sposób umożliwiający realizację tych samych dążeń następnym pokoleniom” (definicja UNESCO).	729	Czy gospodarka odpadami nieorganicznymi w Polsce ma istotny wpływ na zrównoważony rozwój kraju?

nr tezy	treść tezy	nr pytania	treść pytania
		730	Proszę ocenić w skali 1-5, wpływ gospodarki odpadami nieorganicznymi na zrównoważony rozwój Polski. (gdzie 1-brak wpływu, a 5-bardzo duży wpływ)
		731	Proszę uzasadnić ocenę wpływu gospodarki na rozwój Polski.
II/1	Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE w sprawie odpadów, która wkrótce zostanie przeniesiona do prawa polskiego, jako nowa ustawa o odpadach, rozbudowuje system definicji odpadu, produktu ubocznego oraz wskazuje kryteria, za pomocą których można uznać, że odpad przestaje być odpadem.	772	Czy ściśle zdefiniowanie w ustawie pojęcia produktu ubocznego wywoła działania prowadzące do poprawy gospodarki odpadami przemysłowymi?
		778	W jakim horyzoncie czasowym planowane zmiany ustawowe pozwolą na uporządkowanie obrotu odpadami?
II/2	Komisja Europejska zamierza od roku 2013 rozszerzyć system EU ETS (Europejski System Handlu Emisjami Gazów Ciepłarnianych) o nowe sektory i o nowe gazy, które będą monitorowane. Dla polskiej gospodarki opartej na energetyce węglowej oznacza to duże koszty przystosowawcze.	781	W jakim horyzoncie czasowym system EU ETS zmieni polski przemysł nieorganiczny (ograniczy jego rozwój bądź zmieni go na niskoemisyjny)?
II/3	Dyrektywa o Zintegrowanym Zapobieganiu Zanieczyszczeniom i ich Kontroli (IPPC) przekształcona na IED (Dyrektywę o Emisjach Przemysłowych) z 7 lipca 2010, wchodzi w życie w 2016. Podstawą pozwolenia zintegrowanego będzie BAT ustalony na podstawie najlepszych instalacji w Europie. Po wygaśnięciu pozwolenia zakłady będą musiały przeprowadzić remediację gleby do stanu pierwotnego.	783	Czy wzmocnienie roli dokumentów referencyjnych BREF w postaci tzw. konkluzji BAT uchwalanych przez KE, a stanowiących podstawę prawną do wydania pozwolenia zintegrowanego, będzie miało negatywny wpływ na polski przemysł chemiczny?

nr tezy	treść tezy	nr pytania	treść pytania
		785	W jakim horyzoncie czasowym będą widoczne skutki zaostrzenia roli BAT?
II/4	Obowiązujące standardy emisyjne: do powietrza, wody muszą być dotrzymywane przez prowadzących instalacje. Powszechnie stosowaną metodą pozwalającą na ich dotrzymanie jest immobilizacja zanieczyszczeń w postaci stałej.	790	Czy należy zróżnicować system opłat za korzystanie ze środowiska tak, aby wspierać procesy odzysku?
II/5	Względy ekologiczne (zasada 3R; reduce, reuse, recycle) zalecają stosowanie surowców z odpadów przed naturalnymi minerałami, ale to dla wielu technologii nieorganicznych oznacza stosowanie surowców gorszych jakościowo.	792	W jakim horyzoncie czasowym zostanie wdrożona w Polsce chociaż jedna technologia wykorzystująca składowisko jako podstawowe źródło surowcowe?
II/6	Ekstrakcyjny kwas fosforowy jest podstawowym surowcem do produkcji skoncentrowanych nawozów fosforowych i kompleksowych nawozów NPK. Z jednej strony produkcja ta zapewnia Polsce samowystarczalność w produkcji podstawowych nawozów, z drugiej zaś generuje największy tonażowo odpad grupy 06.	797	Czy projekt Komisji Europejskiej obniżenia poziomu kadmu w nawozach do 20, 40 lub 60 mg Cd/kg P_2O_5 , w zależności od typu nawozu, stanowi zagrożenie dla utrzymania produkcji nawozów fosforowych w Polsce?
		798	Kiedy gospodarka Polski odczułaby skutki projektowanej zmiany poziomu kadmu w nawozach?
II/8	Aktualne dokumenty referencyjne BREF nie wymuszają konieczności wykorzystywania chlorku wapnia powstającego przy produkcji sody metodą Solvay'a, ponadto producenci sody mają podwyższony limit chlorków w ściekach w porównaniu z innymi producentami.	805	Czy dobrym rozwiązaniem problemu emisji chlorków z procesu Solvay'a do wód byłoby wprowadzenie prawnych lub finansowych barier w stosowaniu kopalnego chlorku sodu do zimowego utrzymania dróg lub zachęt do wykorzystania w tym celu chlorku wapnia z produkcji sody?

nr tezy	treść tezy	nr pytania	treść pytania
II/9	Soda jest produktem niezbędnym dla wielu innych działów produkcji. Produkcji metodą Solvay’a towarzyszy problem uciążliwych odpadów i emisji, między innymi problem odpadowych chlorków. Wprowadzenie przydziału darmowych emisji CO ₂ (benchmarks) dla produkcji sody metodą Solvay’a wynika z zaklasyfikowania jej do technologii zagrożonych „ucieczką” emisji tzw. carbon leakage poza obszar UE.	806	Czy jest możliwe w Polsce w perspektywie do 2030 roku zastąpienie dobrze prosperujących zakładów, produkujących sodę metodą Solvay’a, nisko odpadową produkcją sody z importowanej trony (sody mineralnej Na ₃ (CO ₃)(HCO ₃)•2H ₂ O)?
II/14	Badania I rundy ankiety wykazały, że respondenci w większości są gotowi zaakceptować wzrost cen chemikaliów wynikający z kosztów środowiskowych ponoszonych przez zakłady.	828	Jaki poziom wzrostu kosztów produktów żywnościowych są w stanie zaakceptować konsumenci ze względu na stosowanie rozwiązań proekologicznych, w tym związanych z rezygnacją z technologii wykorzystujących produkty nieorganiczne przemysłu chemicznego?
		829	Jaki poziom wzrostu kosztów produktów odzieżowych są w stanie zaakceptować konsumenci ze względu na stosowanie rozwiązań proekologicznych, w tym związanych z rezygnacją z technologii wykorzystujących produkty nieorganiczne przemysłu chemicznego?
		830	Jaki poziom wzrostu kosztów środków czystości są w stanie zaakceptować konsumenci ze względu na stosowanie rozwiązań proekologicznych, w tym związanych z rezygnacją z technologii wykorzystujących produkty nieorganiczne przemysłu chemicznego?

nr tezy	treść tezy	nr pytania	treść pytania
		831	Jaki poziom wzrostu kosztów produktów kosmetycznych są w stanie zaakceptować konsumenci ze względu na stosowanie rozwiązań proekologicznych, w tym związanych z rezygnacją z technologii wykorzystujących produkty nieorganiczne przemysłu chemicznego?
II/15	Należy dążyć do zwiększenia proporcji pomiędzy ilością składników nawozowych pobieranych przez roślinę a ich ilością uwalnianą do środowiska, przy jednoczesnym wydłużeniu czasu dostępności aktywnych składników nawozu dla rośliny. Problem ten rozwiązują nawozy o przedłużonym działaniu, które są zdecydowanie droższe i w tej chwili mają znaczenie wyłącznie w ogrodnictwie lub w uprawach hobbystycznych.	837	O ile droższe mogą być nawozy o przedłużonym działaniu w stosunku do odpowiadających im nawozów tradycyjnych, aby rolnicy wielkotowarowi w Polsce zaakceptowali ten wzrost i zaczęli je stosować masowo? Proszę wybrać jedną z możliwości: a) 10%, b) 10-20%, c) 20-50%, d) 50-100%, e) Nie wiem, f) Do 2030 roku nawozy te nie znajdą istotnego zastosowania w polskim rolnictwie wielkotonażowym.
		834	Czy nawozy o przedłużonym działaniu posiadające właściwość wydłużonego czasu uwalniania składników aktywnych dla roślin, przy jednoczesnym ograniczonym ich uwalnianiu do środowiska znajdą zastosowanie w rolnictwie wielkotonażowym w perspektywie do 2030 roku?

Na podstawie treści pytań i odpowiedzi wytypowano zmienne i zdarzenia, których wykaz zamieszczono tabeli 6.3. Niektóre tezy i pytania I rundy powtórzono w rundzie II. W tabeli 6.3. są to pola zacienione. W rundzie II znalazły się również tezy i pytania uzupełniające. Dane pozyskane w I rundzie. Zmienne i zdarzenia wprowadzone do obliczeń z rundy II zestawiono w tabeli 6.4.

W następnych tabelach zestawiono wyniki ogólne dane GUS dotyczące branży, które były podstawą obliczeń i rozważań scenariuszy.

Tabela 6.3. Wykaz zmiennych i zdarzeń wyznaczonych na podstawie odpowiedzi ekspertów

Teza definiująca numer zmienną/zdarzenie	Id pytania	Nazwa pełna	Symbol zmiennej	Typ (zmienna/zdarzenie)	Zakładane parametry zmiennych multi/zdarzeń i ich wartości	Jednostka (np. PLN, %)	Algorytm obliczania zmiennych na podstawie odpowiedzi na pytania
1	92	Stopień odzysku odpadów grupy 06.	V1_1	Zmienna		%	
1	92	Ilość odpadów 06	V1_2	Zmienna		t/rok	
1	92	Wprowadzenie nowej ustawy o odpadach, wzrost stopnia odzysku o PE1_1.	E1_1	Zdarzenie	PE2_1 1 = 5% 2 = 10% 3 = 15%	-	Suma ważona wiarygodnościami środka przedziału wystąpienia podawanego w odp. na pyt. 92
2	558	Koszty badań REACH wpłyną negatywnie na wprowadzanie nowych technologii odzysku – [wzrost stopnia odzysku do 2030 jedynie o PD2_1 jako skutek ulepszeń organizacyjnych, spadek o PD2_2 jako skutek braku środków na rejestrację powstających substancji - iloczyn zmiennych zmieniających się od 1 w chwili zdarzenia do 1+/-PARAMETR w 2030)	D2_1	Zmienna	PD2_1 1 = 5% 2 = 10% 3 = 15%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 559

Id pytania	Nazwa pełna	Symbol zmiennej	Typ (zmienna/ zdarzenie)	Zakładane parametry zmiennych multi/zdarzeń i ich wartości	Jednostka (np. PLN, %)	Algorytm obliczania zmiennych na podstawie odpowiedzi na pytania
Teza definiująca numer zmienną/ zdarzenie						
2	560	Stożenie składowania odpadów grupy 06. (Składowanie wchodzi w skład unieszkodliwiania, stopień odzysku + stopień uneszkodliwiania = 100%).	V2_1 Zmienna		%	
2	560	Stopień unieszkodliwiania pozostałymi sposobami odpadów grupy 06.	V2_2 Zmienna		%	
2	560	Koszty badań REACH spowodują przewagę składowania nad odzyskiem – wzrost stopnia składowania o PD2_2	D2_2 Zmienna multiplikatywna	PD2_2 1 = 5% 2 = 10% 3 = 15%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 561
2	561	Koszty badań REACH spowodują przewagę uneszkodliwiania nad odzyskiem – wzrost stopnia unieszkodliwiania o PD2_3	D2_3 Zmienna multiplikatywna	PD2_3 1 = 5% 2 = 10% 3 = 15%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 561
3	231	Wartość sprzedaży przemysłu chemicznego w cenach stałych w Polsce.	V3_1 Zmienna		PLN	

Id pytania Teza definiująca numer zmiennej/ zdarzenie	Nazwa pełna	Symbol zmiennej	Typ (zmiennej/ zdarzenie)	Zakładane parametry zmiennej multi/zdarzeń i ich wartości	Jednostka (np. PLN, %)	Algorytm obliczania zmiennej na podstawie odpowiedzi na pytania
3	231 Zaostrzenie specyfikacji BAT zmniejszy wartość sprzedaży przemysłu chemicznego o PE3_1	E3_1	Zdarzenie	PE3_1 1 = 5% 2 = 10% 3 = 15%	-	Suma ważona wiarygodnościami średka przedziału wystąpienia podawanego w odp. na pyt. 231
II/3	783,785 Zaostrzenie specyfikacji BAT zmniejszy wartość sprzedaży przemysłu chemicznego o PEII3_1		Zdarzenie	PEII3_1 1 = 5% 2 = 10% 3 = 15%		Suma ważona wiarygodnościami średka przedziału wystąpienia podawanego w odp. na pyt. 783
4	299 Wprowadzane nowego systemu opłat	E4_1	Zdarzenie		-	Suma ważona wiarygodnościami średka przedziału wystąpienia podawanego w odp. na pyt. 299
II/4 II/5	792, 790 Wpływ nowego systemu opłat na odzysk odpadów V1_1	Zmienna multi- katywna	PDI4_1 1 = - 10% 2 = -5% 3 = 0 4 = 5% 5 = 10%		Rozkład prawdopo- dobieństwa na horyzencie czasowym opartym o pyt. 792	

Id pytania	Nazwa pełna	Symbol zmiennej	Typ (zmienna/zdarzenie)	Zakładane parametry zmiennych multi/zdarzeń i ich wartości	Jednostka (np. PLN, %)	Algorytm obliczania zmiennych na podstawie odpowiedzi na pytania
4	299 Wpływ nowego systemu opłat na odzysk odpadów V1_1	D4_1	Zmienna	P4_1 1 = - 10% 2 = -5% 3 = 0 4 = 5% 5 = 10%		Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 303
5	247 Wzrost stopnia odzysku w związku z zainteresowaniem surowcami z odpadów	D5_1		PE5_1 1 = 5% 2 = 10% 3 = 15%		
7	104 Produkcja kwasu fosforowego	V7_1	Zmienna		tys. ton	
7	104 Podnoszenie wymagań środowiskowych zmniejszy opłacalność produkcji kwasu fosforowego o PD7_1	D7_1	Zmienna	PD7_1 1 = 10% 2 = 20% 3 = 30%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 447
7	448 Zatrzymanie produkcji kwasu fosforowego ze względuw społecznych	E7_1	Zdarzenie		-	Suma ważona wiarygodnościami środka przedziału wystąpienia podawanego w odp. na pyt. 448

Teza numer	Id pytania definiujące zmienną/ zdarzenie	Nazwa pełna	Symbol zmiennej	Typ (zmienna/ zdarzenie)	Zakładane parametry zmiennych multi/zdarzeń i ich wartości	Jednostka (np. PLN, %)	Algorytm obliczania zmiennych na podstawie odpowiedzi na pytania
7	450	Zatrzymanie produkcji kwasu fosforowego ze względuw ekologicznych	E7_2	Zdarzenie		-	Suma ważona wiary godnościami środka przedziału wystąpienia podawanego w odp. na pyt. 450
7	452	Zatrzymanie produkcji kwasu fosforowego ze względu na wyczerpanie pojemności hałdy i zamknięcie składowiska	E7_3	Zdarzenie		-	Suma ważona wiary godnościami środka przedziału wystąpienia podawanego w odp. na pyt. 452
7	728	Produkcja nawozu fosforowego w Polsce	V7_2	Zmienna		tys. ton	
7	728	Spadek produkcji nawozu fosforowego o PE7_4 ze względu na braku produkcji kwasu fosforowego	E7_4	Zdarzenie	PE7_4 1 = 10% 2 = 20% 3 = 25%	-	Suma ważona wiarygodnościami środka przedziału wystąpienia podawanego w odp. na pyt. 728
7	465	Produkcja nawozu fosforowego wzrosnie o PE7_5 ze względu na import kwasu fosforowego	E7_5	Zdarzenie	PE7_5 1 = 5% 2 = 10% 3 = 15%	-	Suma ważona wiarygodnościami środka przedziału wystąpienia podawanego w odp. na pyt. 465

Id pytania Teza definiująca numer zmienną/ zdarzenie	Nazwa pełna	Symbol zmiennej	Typ (zmienna/ zdarzenie)	Zakładane parametry zmiennych multi/zdarzeń i ich wartości	Jednostka (np. PLN, %)	Algorytm obliczania zmiennych na podstawie odpowiedzi na pytania
10 147	Stopień zagospodarowania fosfogipsu	V10_1	Zmienna		%	
10 403	Wzrost zagospodarowania fosfogipsu o PD10_1 przez wykorzystanie go w budownictwie drogowym	D10_1	Zmienna multiplikatywna	PD10_1 1 = 5% 2 = 10% 3 = 15%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzontie czasowym opartym o pyt. 404
10 405	Wzrost zagospodarowania fosfogipsu o PD10_3 przez wykorzystanie go materiałach budowlanych i spoiwach	D10_2	Zmienna multiplikatywna	PD10_2 1 = 5% 2 = 10% 3 = 15%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzontie czasowym opartym o pyt. 406
10 407	Wzrost zagospodarowania fosfogipsu o PD10_4 przez wykorzystanie go w rolnictwie	D10_3	Zmienna multiplikatywna	PD10_3 1 = 5% 2 = 10% 3 = 15%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzontie czasowym opartym o pyt. 408
11 136, 438, 439, 440	Wzrost zagospodarowania fosfogipsu o PD_11_1 ze względu na wykorzystanie haldy w Policach.		Zmienna multiplikatywna	PD11_1 1 = 5% 2 = 10% 3 = 15%		Rozkład prawdopodobieństwa na horyzontie czasowym opartym o pyt. 438,439, 440

Id pytania Teza definiująca numer zmienna/ zdarzenie	Nazwa pełna	Symbol zmiennnej	Typ (zmienna/ zdarzenie)	Zakładane parametry zmiennych multi/zdarzeń i ich wartości	Jednostka (np. PLN, %)	Algorytm obliczania zmiennych na podstawie odpowiedzi na pytania
11	139, 441, 442, 443 Wzrost zagospodarowania fosfogipsu o PD_I1_2 ze względu na wykorzystanie hałdy w Gdańsku.		Zmienna multiplikatywna	PD11_2 1 = 5% 2 = 10% 3 = 15%		Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 441, 442, 443
11	142, 444, 445, 446 Wzrost zagospodarowania fosfogipsu o PD_I1_3 ze względu na wykorzystanie hałdy w Wizowie	w	Zmienna multiplikatywna	PD11_3 1 = 5% 2 = 10% 3 = 15%		Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 444, 445, 446
12	382, 672 Wzrost udziału fosforu alternatywnego w surowcach przez wykorzystanie osadów ściekowych	D12_1	Zmienna multiplikatywna	PD12_1 1 = 4% 2 = 8% 3 = 12%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 672
13	757 Wzrost zużycia (różnych) nawozów wynikające ze zdarzeń nadzwyczajnych	D13_1	Zmienna multiplikatywna zależność od zdarzeń E13_1, E13_2, E13_3, E13_4	PD13_1 = 4%, 8%, 10%	%	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 757
13	757 PE13_1 wzrost zużycia nawozów	E13_1	Zdarzenie zmienna	PE13_1 = 1%, 3%, 8%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 757

Teza numer	Id pytania definiujące zmienną/ zdarzenie	Nazwa pełna	Symbol zmiennej	Typ (zmienna/ zdarzenie)	Zakładane parametry zmiennych multi/zdarzeń i ich wartości	Jednostka (np. PLN, %)	Algorytm obliczania zmiennych na podstawie odpowiedzi na pytania
13	397	Zużycie nawozów azotowych	V13_2	Zmienna		%	
13	398	15% wzrost zużycia nawozów azotowych	E13_2	Zdarzenie	PE13_2 = 2%, 5%, 10%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzontie czasowym opartym o pyt. 398
13	399	Zużycie nawozów fosforowych	V13_3	Zmienna		%	
13	400	PE13_2 wzrost zużycia nawozów fosforowych	E13_3	Zdarzenie	PE13_3 = 3%, 5%, 9%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzontie czasowym opartym o pyt. 401
13	401	Zużycie nawozów skoncentrowanych i kompleksowych	V13_4	Zmienna		%	
13	402	PE13_4 wzrost zużycia naw. skon. i kompl.	E13_4	Zdarzenie	PE13_4 = 2%, 8%, 14%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzontie czasowym opartym o pyt. 757

Teza numer	Id pytania definiujące zdarzenie	Nazwa pełna	Symbol zmiennej	Typ (zmienność/zdarzenie)	Zakładane parametry zmiennych multi/zdarzeń i ich wartości	Jednostka (np. PLN, %)	Algorytm obliczania zmiennych na podstawie odpowiedzi na pytanie
13	189	Wprowadzenie nanotechnologii i biotechnologii powoduje PD13_2 zmianę przyswajalności nawozów – spadek zużycia nawozów fosforowych	D13_2	Zmienna multiplikatywna $V13_5 = V13_5 * D13_2$	PD13_2 = 3%, 6%, 12%	-	Suma ważona wiarygodnościami środka przedziału wystąpienia podawanego w odp. na pyt. 189
13	191	Ilość wytwarzanych odpadów z nawozów	V13_6	Zmienna		tys. ton	
13	191	Zmiana metod nawożenia – spadek wytwarzanych odpadów z nawozów o PE13_5	E13_5	Zdarzenie	PE13_5 = 5%, 9% 10%	-	Suma ważona wiarygodnościami środka przedziału wystąpienia podawanego w odp. na pyt. 191, po pozytywnej odpowiedzi na pytanie 189
14	270	Ilość wapna posodowego	V14_1	Zmienna		tys. ton	
14	270	Zagospodarowanie chłorków ze ścieków przemysłowych	V14_2	Zmienna		tys. ton	

Teza numer	Id pytania definiujące zmienną/zdarzenie	Nazwa pełna	Symbol zmiennej	Typ (zmienna/zdarzenie)	Zakładane parametry zmiennych multi/zdarzeń i ich wartości	Jednostka (np. PLN, %)	Algorytm obliczania zmiennych na podstawie odpowiedzi na pytania
14	271	Wdrożenie metod zagospodarowania ściekami i produktami ubocznymi produkcji sody – spadek ilości odpadu wapna posodowego o PE14_1	E14_1	Zdarzenie	PE14_1=15%, 25%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzontie czasowym opartym o pyt. 271
		Wdrożenie metod zagospodarowania ściekami i produktami ubocznymi produkcji sody – wzrost zagospodarowania chlorków o PE14_2	E14_2	Zdarzenie	PE14_2 = 2%, 5%, 10%	-	
14	274	Zyskowność z produkcji sody	V14_3	Zmienna		PLN	
14	719	Opracowanie nowych metod pozwalających na całkowite zagospodarowanie uciążliwych strumieni z technologii Solvaya obniż. zysk o PE14_3	E14_3	Zdarzenie	PE14_3 = 3%, 5%, 9%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzontie czasowym opartym o pyt. 719, dla pozytywnych odpowiedzi 274

Teza numer	Id pytania definiujące zdarzenie	Nazwa pełna	Symbol zmiennej	Typ (zmienna/zdarzenie)	Zakładane parametry zmiennych multi/zdarzeń i ich wartości	Jednostka (np. PLN, %)	Algorytm obliczania zmiennych na podstawie odpowiedzi na pytania
14	518	PE14_4 wzrost ceny, konkurencyjności itp. przez wprowadzenie nowych technologii	E14_4	Zdarzenie	PE14_4 = 5%, 10%, 15%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 518, po pozytywnej odpowiedzi 517, pozytywnej odp. 275 i negatywnej 272 i negatywnej 270
14	523	Wykorzystanie wapna posodowego w budownictwie drogowym – spadek ilości odpadu o PE14_5	E14_5	Zdarzenie	PE14_5 = 5%, 8%, 10%	-	Suma ważona wiarygodnościami środka przedziału wystąpienia podawanego w odp. na pyt. 523
14	525	Wykorzystanie odpadów z oczyszczania solanki	V14_5	Zmienna		%	
14	526	PE14_6 wzrost wykorzystania odpadów z oczyszczania solanki	E14_6	Zdarzenie	PE14_6 = 6%, 10%, 12%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 526
15	282	Wielkość produkcji przemysłu szklarskiego	V15_1	Zmienna		tys. ton	

Id pytania Teza definiująca numer zmienną/ zdarzenie	Nazwa pełna	Symbol zmiennej	Typ (zmienna/ zdarzenie)	Zakładane parametry zmiennych multi/zdarzeń i ich wartości	Jednostka (np. PLN, %)	Algorytm obliczania zmiennych na podstawie odpowiedzi na pytania
15 640	Wdrożenie „czystej” technologii – wzrost ceny o PD15_1	D15_1	Zmienna	PD15_1 = 5%, 7%, 15%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 640
15 286	Zaprzestanie produkcji sody – wzrost spadek wielkości produkcji produktów szklarskich o PE15_2	E15_2	Zdarzenie	PE15_2 = 5%, 8%, 15%	-	Suma ważona wiarygodnościami środka przedziału wystąpienia podawanego w odp. na pyt. 286
II/9 806	Wdrożenie czystej technologii sody – spadek produkcji produktów szklarskich o PEII9_3	EII9_1	Zdarzenie	PEII9_3 = 2%, 3%, 5%		
15 644	Zapotrzebowanie na sodę	V15_2	Zmienna		tys. ton	
15 644	Ograniczenie zapotrzebowania na sodę – spadek o PE15_4	E15_3	Zdarzenie	PE15_4 = 2%, 4%, 10%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 644
16 293	Wykorzystanie ubocznego chlorku wapnia	V16_1	Zmienna		tys. ton	

Id pytania Teza definiująca numer zmienna/ zdarzenie	Nazwa pełna	Symbol zmiennej	Typ (zmienna/ zdarzenie)	Zakładane parametry zmiennych multi/zdarzeń i ich wartości	Jednostka (np. PLN, %)	Algorytm obliczania zmiennych na podstawie odpowiedzi na pytania
16	656 Zastosowanie chlorku wapnia do zimowego utrzymania dróg – wzrost wykorzystania o PD16_1	D16_1	Zmienna multiplikatywna	PD16_1 = 5%, 7%, 15%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 656
II/8	805 Zastosowanie chlorku wapnia do zimowego utrzymania dróg – Zastąpienie soli kopalnej	VII8_1	Zmienna	-		
16	658 Wykorzystanie chlorku wapnia do wiązania pyłów – wzrost wykorzystania o PE16_1	E16_1	Zdarzenie	PE16_1 = 5%, 8%, 10%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 658
16	660 Wykorzystanie chlorku wapnia do usuwania wilgoci – wzrost wykorzystania o PE16_2	E16_2	Zdarzenie	PE16_2 = 5%, 10%, 15%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 660
16	662 Wykorzystanie chlorku wapnia do produkcji kredy strącanej – wzrost wykorzystania o PE16_3	E16_3	Zdarzenie	PE16_3 = 5%, 10%, 20%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 662

Teza numer	Id pytania definiujące zmienną/zdarzenie	Nazwa pełna	Symbol zmiennej	Typ (zmienna/zdarzenie)	Zakładane parametry zmiennych multi/zdarzeń i ich wartości	Jednostka (np. PLN, %)	Algorytm obliczania zmiennych na podstawie odpowiedzi na pytania
16	664	Zmiana prawa ograniczającego stosowanie surowców naturalnych – wzrost o PD16_2	D16_2	Zmienna multiplikatywna	PD16_2 = 8%, 15% 20%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 664
16	666	Kampanie informacyjne – wzrost o PD16_3	D16_3	Zmienna multiplikatywna	PD16_3 = 2%, 5%, 7%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 666
16	668	Zachęcanie odbiorców – wzrost o PD16_4	D16_4	Zmienna multiplikatywna	PD16_4 = 2%, 5%, 7%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 668
17	175	Ilość odpadów z produkcji białych pigmentów	V17_1	Zmienna		t/t produktu	
17	616	Zastosowanie nowych surowców – spadek ilości odpadów o PE17_1	E17_1	Zdarzenie	PE17_1 = 5%, 10%, 15%	-	Suma ważona wiarygodnościami środka przedziału wystąpienia podawanego w odp. na pyt. 616

Id pytania Teza definiująca numer zmiennej/ zdarzenie	Nazwa pełna	Symbol zmiennej	Typ (zmienna/ zdarzenie)	Zakładane parametry zmiennych multi/zdarzeń i ich wartości	Jednostka (np. PLN, %)	Algorytm obliczania zmiennych na podstawie odpowiedzi na pytania
17 622	Wdrożenie nowych pigmentów – spadek ilości odpadów o PE17_2	E17_2	Zdarzenie	PE17_2 = 2%, 5%, 10%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 622
17 628	Znaczące wykorzystanie odpadów z produkcji ditlenku tytanu (białego pigmentu) – spadek PD17_1	D17_1	Zmienna multiplikatywna	PD17_1 = 60%, 70%, 80%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 628
18 165	Wielkość produkcji pigmentów TiO ₂ w Polsce	V18_1	Zmienna		t/rok	
19 259	Wielkość produkcji kwasu siarkowego w Polsce	V19_1	Zmienna		tys. ton	
19 261	Wygazanie rodzimej produkcji siarki – stopniowy spadek produkcji o PD19_1	D19_1	Zmienna multiplikatywna	PD19_1 = 30%, 50%, 70%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 261
19 263	Badania poprawy jakości produkcji nieżelaznych – stopniowy spadek uzyskiwania kwasu siarkowego z tej produkcji o PD19_2	D19_2	Zmienna multiplikatywna	PD19_2 = 0%, 2%, 5%, 10%	-	Suma ważona wiary godnościami środka przedziału wystąpienia podawanego w odp. na pyt. 263

Id pytania Teza definiująca numer zmienną/ zdarzenie	Nazwa pełna	Symbol zmiennej	Typ (zmienna/ zdarzenie)	Zakładane parametry zmiennych multi/zdarzeń i ich wartości	Jednostka (np. PLN, %)	Algorytm obliczania zmiennych na podstawie odpowiedzi na pytania
19	265, 504 Wzmocnienie bazy B+R, nakładów pieniężnych na ich rozwój – wzrost o 15%	E19_1	Zdarzenie	PE19_1 = 5%, 15%, 20%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 504
20	393 Ilość odpadów niebezpiecznych grupy 06	V20_1	Zmienna			tys. ton
20	649 Wdrażanie badań technologii eliminacji i ograniczania odpadów – stopniowy wzrost o PD20_1	D20_1	Zmienna mnożylika	PD20_1 = 0%, 5%, 10%, 12%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 649
20	653 Wzmocnienie infrastruktury B+R do zagospodarowania odpadami – spadek ilości o PE20_1	E20_1	Zdarzenie	PE20_1 = 2%, 10%, 15%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 653
22	198 Obawy społeczne – procent przeciwny	V22_1	Zmienna			%
22	203 Działania zwalczania obaw – stopniowy spadek sprzeciwu o PD22_1	D22_1	Zmienna mnożylika	PD22_1 = 2%, 5%, 10%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 203
23	206 Procent przedsiębiorstw z CSR	V23_1	Zmienna			%

Id pytania Teza definiująca numer zmienna/ zdarzenie	Nazwa pełna	Symbol zmiennej	Typ (zmienna/ zdarzenie)	Zakładane parametry zmiennych multi/zdarzeń i ich wartości	Jednostka (np. PLN, %)	Algorytm obliczania zmiennych na podstawie odpowiedzi na pytania
23	208 Zachęty dla przedsiębiorstw – wzrost o PD23_1	D23_1	Zmienna multiplikatywna	PD23_1 = 2%, 6%, 10%	-	Suma ważona wiarygodnościami środka przedziału wystąpienia podawanego w odp. na pyt. 208
24	210 Obawy mieszkańców przy zakładach – procent przeciwny	V24_1	Zmienna		%	
24	203 Dostarczanie informacji o zagrożeniach i innych – spadek sprzeciwu o PD24_1	D24_1	Zmienna multiplikatywna	PD24_1 = 5%, 8%, 10%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 203
25	216 Społeczna akceptacja dla likwidacji zakładów przemysłowych szkodliwych dla środowiska	V25_1	Zmienna		%	
25	219 Zamykanie zakładów przemysłowych niedostosowanych do norm ochrony środowiska	E25_1	Zdarzenie	P25_1 20% 40% 60%	-	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 219

Id pytania Teza definiująca numer zmienną/ zdarzenie	Nazwa pełna	Symbol zmiennej	Typ (zmienna/ zdarzenie)	Zakładane parametry zmiennych multi/zdarzeń i ich wartości	Jednostka (np. PLN, %)	Algorytm obliczania zmiennych na podstawie odpowiedzi na pytania
26	222	Spoleczna akceptacja na podnoszenie cen produktów jeśli będą wytwarzana w przyjaznej środowisku technologii	V26_1	Zmienna	%	
26	224-226	Znaczenie kryteriów odpowiedzialności ekologicznej na przemysł chemiczny	V26_2	Zmienna	%	
27	228	Wpływ władz lokalnych na decyzje inwestorów w sprawach ochrony środowiska	V27_1	Zmienna	%	
28	697	Rekultywacja składowisk P28_1 odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego w Polsce	E28_1	Zdarzenie	P28_1 83% 90% 97%	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 203
29	716	Prowadzenie odzysku użytecznych składników odpadów z grupy 06 zdeponowanych na składowiskach składowiskach w ilości P29_1% rocznie	E29_1	Zdarzenie	P29_1 20% 30% 40%	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 716

Teza numer	Id pytania definiujące zmienną/zdarzenie	Nazwa pełna	Symbol zmiennnej	Typ (zmienna/zdarzenie)	Zakładane parametry zmiennych multi/zdarzeń i ich wartości	Jednostka (np. PLN, %)	Algorytm obliczania zmiennych na podstawie odpowiedzi na pytania
29	706,71	Wzrost odzysku o P29_2%	V29_1	Zmienna multiplikatywna	P29_2 15% 20% 30%	%	Suma ważona wiarygodnościami środka przedziału wystąpienia podawanego w odp.
30	157	Popyt na nawozy azotowe, fosforowe i potasowe	V30_1	Zmienna			
30	492	Wzrost popytu na nawozy azotowe wskutek rozwoju biotechnologii	D30_1	Zmienna multiplikatywna, rozkład na przedziale od t1 do 2030, t1 można przyjąć 2012	PE30_1 -10% 20% 30%		Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym oparty o pyt. 493
30	494	Wzrost popytu na nawozy potasowe wskutek rozwoju biotechnologii	D30_2	Zmienna multiplikatywna, rozkład na przedziale od t1 do 2030, t1 można przyjąć 2012	PE30_2 10% 20% 30%		Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym oparty o pyt. 495
30	496	Wzrost popytu na nawozy fosforowe wskutek rozwoju biotechnologii	D30_3	Zmienna multiplikatywna, rozkład na przedziale od t1 do 2030, t1 można przyjąć 2012	PE30_3 10% 20% 30%		Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym oparty o pyt. 497

Teza numer	Id pytania definiujące zmienną/zdarzenie	Nazwa pełna	Symbol zmiennej	Typ (zmienna/zdarzenie)	Zakładane parametry zmiennych multi/zdarzeń i ich wartości	Jednostka (np. PLN, %)	Algorytm obliczania zmiennych na podstawie odpowiedzi na pytania
30	498	Wzrost popytu na nawozy zawierające siarkę wskutek rozwoju biotechnologii	D30_4	Zmienna multiplikatywna, rozkład na przedziale od t1 do 2030, t1 można przyjąć 2012	PE30_4 10% 20% 30%	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym oparty o pyt. 499	
30	500	Wzrost popytu na nawozy płynne wskutek rozwoju biotechnologii	D30_5	Zmienna multiplikatywna, rozkład na przedziale od t1 do 2030, t1 można przyjąć 2012	PE30_5 10% 20% 30%	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym oparty o pyt. 501	
30	502	Wzrost popytu na nawozy nowych formuł wskutek rozwoju biotechnologii	D30_6	Zmienna multiplikatywna, rozkład na przedziale od t1 do 2030, t1 można przyjąć 2012	PE30_6 10% 20% 30%	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym oparty o pyt. 503	
31	473	Wdrożenie w skali przemysłowej technologii nanozwiązków srebra	E31_1	Zdarzenie	PE31_1 5% 10% 20%	- Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 473	
31	475	Wdrożenie w skali przemysłowej technologii nanozwiązków tytanu	E31_2	Zdarzenie	PE31_2 5% 10% 20%	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 475	

Id pytania Teza definiująca numer zmienną/ zdarzenie	Nazwa pełna	Symbol zmienną	Typ (zmienna/ zdarzenie)	Zakładane parametry zmienną multi/zdarzeń i ich wartości	Jednostka (np. PLN, %)	Algorytm obliczenia zmienną na podstawie odpowiedzi na pytania
31 477	Wdrożenie w skali przemysłowej technologii nanoszwajtków cyrkonu	E31_3	Zdarzenie	PE31_3 5% 10% 20%		Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 477
31 482	Szerokie wykorzystanie nanoszwajtków w elektronice	E31_4	Zdarzenie	PE31_4 5% 10% 20%		Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 482
31 484	Szerokie wykorzystanie nanoszwajtków w odkażaniu i dezynfekcji	E31_5	Zdarzenie	PE31_5 5% 10% 20%		Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 484
31 486	Szerokie wykorzystanie nanoszwajtków w optyce	E31_6	Zdarzenie	PE31_6 5% 10% 20%		Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 486
31 488	Szerokie wykorzystanie nanoszwajtków w włókiennictwie	E31_7	Zdarzenie	PE31_7 5% 10% 20%		Rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym opartym o pyt. 488

Teza definiująca numer	Id pytania	Nazwa pełna	Symbol zmiennej	Typ (zmienna/zdarzenie)	Zakładane parametry zmiennych multi/zdarzeń i ich wartości	Jednostka (np. PLN, %)	Algorytm obliczania zmiennych na podstawie odpowiedzi na pytania
31	490	Szerokie wykorzystanie nanozwiązków w tworzywach sztucznych	E31_8	Zdarzenie	PE31_8 5% 10% 20%		Rozkład prawdopodobieństwa na horyzontie czasowym opartym o pyt. 490
31	316	Udział technologii krajowych w wytwarzaniu nanozwiązków	V31_1	Zmienna		%	
31	317	Wpływ obaw co do negatywnego działania nanozwiązków na zdrowie ludzi na przemysł ich wytwarzania - spadek wartości produkcji o PD31_1 w stosunku do status quo	D31_1	Zmienna multiplikatywna	PD31_1 = 10%, 30%, 40%	%	Rozkład prawdopodobieństwa na horyzontie czasowym opartym o pyt. 317
32	565	Ilość opracowanych (lub wdrożonych) technologii substancji alternatywnych[E32_1	Zdarzenie	PE32 1 2 4		
32	236, 564	Nakłady inwestycyjne na działalność badawczo - rozwojową		Zmienna		mln zł	

Teza numer	Id pytania definiujące zdarzenie	Nazwa pełna	Symbol zmiennej	Typ (zmienna/zdarzenie)	Zakładane parametry zmiennych multi/zdarzeń i ich wartości	Jednostka (np. PLN, %)	Algorytm obliczania zmiennych na podstawie odpowiedzi na pytania
33	586	Zastosowanie technik membranowych do uszczelniania składowisk.	E33_1	Zdarzenie	PE33_1 5% 10% 15%		Rozkład prawdopodobieństwa na horyzontie czasowym opartym o pyt. 586
33	593	odczuwanie korzyści ekonomicznych związanych z wykorzystaniem technologii membranowych	E33_2	Zdarzenie	PE33_2 5% 10% 15%		Rozkład prawdopodobieństwa na horyzontie czasowym opartym o pyt. 593
33	594	odczuwanie korzyści ekologicznych związanych z wykorzystaniem technologii membranowych	E33_3	Zdarzenie	PE33_3 5% 10% 15%		Rozkład prawdopodobieństwa na horyzontie czasowym opartym o pyt. 594
34	737	Nakłady na działalność innowacyjną w Polsce	V34_1	Zmienna		mln zł	
34	737	Poziom innowacyjności mierzonej ilością wdrożonych technologii innowacyjnych	D34_1	Zmienna multiplikatywna	PD34_1 20 30 45		Suma ważona wartościami środka przedziału wystąpienia podawanego w odp. na pyt. 737

Teza numer	Id pytania definiujące zmienną/zdarzenie	Nazwa pełna	Symbol zmiennej	Typ (zmienna/zdarzenie)	Zakładane parametry zmiennych multi/zdarzeń i ich wartości	Jednostka (np. PLN, %)	Algorytm obliczania zmiennych na podstawie odpowiedzi na pytania
34	738	Wpływ poziomu innowacyjności na wykorzystanie odpadów	V34_2	Zmienna		%	
34	740	Wpływ poziomu innowacyjności bezpieczeństwa ludzi i środowiska	V34_3	Zmienna		%	
35	744-745	Wzrost kary za nieodpowiednią gospodarkę odpadami		Zmienna			
35	743-749	Przewarżanie odpadów niebezpiecznych w małych/średnich firmach	V35_1	Zmienna		%	
36	729-731	Wpływ gospodarki odpadami 06 na zrównoważony rozwój kraju	V36_1	Zmienna		%	

Tabela 6.4. Wyniki II rundy badania delfickiego

Nr tezy	Nr pytania	zmienna			
II runda 1	772	Stopień odzysku	Zmienna		
II/1	778	Uporządkowanie gospodarki odpadami 06	Zdarzenie	5, 10, 15%	rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym oparty o pyt. 778
II/2	781	obniżenie emisji ETS z przem. nieorg	Zdarzenie	10, 15, 20%	rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym oparty o pyt. 781
II/6	797/798	Zatrzymanie produkcji nawozów fosf. Polsce na skutek zmiany normy na kadm w nawozach	Zdarzenie		
III4	828, 829, 830, 831	Spół. akceptacja wzrostu cen art. z przyczyn ekologicznych	Zmienna	3, 5, 10	
III5	837, 834	Ceny nowych nawozów bardziej efektywnych	Zmienna	Wzrost o 10, 20, 50%	rozkład prawdopodobieństwa na horyzoncie czasowym oparty o pyt. 837

Tabela 6.5. Ważne dane statystyczne

Produkcja w tys. ton	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
soda (węglan sodu Na_2CO_3)	968,0	962,0				1019,0					1081,0	1126,0		1132,0	1191,0	1188,5	1176,6	1192,1	1190,2	889,9	1010,1
kwas siarkowy (w przeliczeniu na 100%)	1721,0	1088,0	1244,0	1145,0	1452,0	1861,0		1791,0	1707,0	1482,0	1763,0	1690,0	1648,0	1764,0	1811,0	1807,0	1907,0	2010,0	1813,0	1243,0	1686,0
Nawozy fosforowe łącznie z wieloskładnikowym w przeliczeniu na czysty składnik (P_2O_5)	467,0	253,0	329,0	282,0	415,0	523,0				542,9	538,6	502,7	526,8	553,0	594,5	595,7	595,2	647,7	535,7	241,1	486,4

Tabela 6.6. Produkcja przemysłu chemicznego

Produkcja w tys. ton	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
nawozy wieloskładnikowe	2141,0	1802,3	1908,6	1929,1	2266,3	2143,6	2136,7	2343,8	2007,5	1138,5	1941,8
kwas fosforowy (P_2O_5)	437,7	419,2	427,3	415,0	415,9	398,7	508,0	499,3	293,2	141,3	293,4
biel tytanowa	35,7	38,1	37,8	42,3	41,0	41,2	42,0	39,4	40,4	36,4	41,7
Węglan sodu (Na_2CO_3)	1081,0	1126,0		1132,0	1191,0	1188,5	1176,6	1192,1	1190,2	889,9	1010,1
kwas siarkowy (w przeliczeniu na 100%)	1763,0	1690,0	1648,0	1764,0	1811,0	1807,0	1907,0	2010,0	1813,0	1243,0	1686,0
Nawozy fosforowe	323,5	349,0	357,4	401,0	453,1	409,9	358,6	465,6	458,0	145,8	310,4
Nawozy fosforowe łącznie z wieloskładnikowym w przeliczeniu na czysty składnik (P_2O_5)	538,6	502,7	526,8	553,0	594,5	595,7	595,2	647,7	535,7	241,1	486,4

Wykaz zmiennych ekonomicznych, demograficznych i społecznych definiujących otoczenie makroekonomiczno-społeczne dla problemu wytwarzania odpadów nieorganicznych przez przemysł chemiczny w Polsce wraz z wartościami początkowymi przyjętymi do obliczeń podany jest niżej:

PKB – 468 585 mld dolarów (2010)

Bezrobocie – 9,4% (wrzesień 2011)

Bilans handlowy – -5 mld dolarów (2010)

USD – 3,28 zł – 1 dolar (22.11.2011)

Euro – 4,44 zł – 1 Euro (22.11.2011)

Tabela 6.7. Dynamika nakładów inwestycyjnych w przemyśle wg sekcji i działów (ceny stałe)

SEKCJE I DZIAŁY	2006	2007	2008	2009	2007	2008	2009
	rok poprzedni=100				2005=100		
O G Ó Ł E M	113,7	118,5	109,6	93,4	134,7	147,6	137,9
Przetwórstwo przemysłowe	116,4	118,4	107	81,9	137,8	147,4	120,7
Produkcja chemikaliów i wyrobów chemicznych	81,4	117,2	153	73,4	95,4	146	107,2

W oparciu o wyznaczone wartości zmiennych, prawdopodobieństwa zdarzeń oraz zmienne otoczenia makroekonomiczno-społecznego dokonano wstępnych obliczeń, które wskazują na następujący rozkład scenariuszy elementarnych w klastrach:

Tabela 6.8. Wstępne sumaryczne wyniki obliczeń scenariuszy dla wszystkich rodzajów produkcji rozważanych w Projekcie – dane dla roku 2030 (duże prawdopodobieństwo scenariusza odpowiada dużej ilości elementarnych scenariuszy w danym klastrze i vice versa)

Zagregowany wpływ produkcji na środowisko	Wpływ neutralny	Wpływ akceptowalny	Wpływ negatywny
Czynniki związane z konkurencyjnością			
wysoka	bardzo niskie	średnie	średnie
marginalna	średnie	średnie	średnie
brak	niskie ze względu na wcześniejszą likwidację	niskie	bardzo niskie

Schemat prezentacji wyników podobny do przedstawionego w tabeli 6.8 może być także zastosowany odrębnie do każdej gałęzi przemysłu chemicznego rozważanej w projekcie. Również opis czynników społecznych i ekologicznych należy wtedy

sporządzić odrębnie.

Wyniki przedstawione w tabeli 6.8. pozwalają na wyodrębnienie następujących trzech scenariuszy głównych łączących czynniki makroekonomiczne i społeczne z produkcją przemysłu chemicznego i strumieniami odpadów nieorganicznych w Polsce:

I Scenariusz intensywnego rozwoju.

W scenariuszu tym sytuacja makroekonomiczna powoduje odsunięcie w czasie lub całkowite zaniechanie wdrażania bardziej restrykcyjnej niż już zatwierdzona polityki proekologicznej w UE. Dodatkowo niektóre z już przyjętych uregulowań mogą zostać osłabione lub odsunięte. Towarzyszy temu wzrastające w tempie 5-7% rocznie zapotrzebowanie na biopaliwa oraz stała lub nieznacznie wzrastająca produkcja w pozostałych działach rolnictwa. W efekcie przesunięcia na drugi plan regulacji proekologicznych nastąpi wzrost produkcji przemysłu nawozów mineralnych w tempie będącym co najmniej średnią ważoną wzrostu produkcji upraw przeznaczanych na biopaliwa oraz pozostałych. Analogicznie wzrasta wytwarzanie odpadów nieorganicznych, przy czym po roku 2020 następuje zmniejszanie się strumieni odpadów o 2-4% rocznie dzięki pojawianiu się nowych technologii ich wykorzystania w gospodarce. Scenariusz ten zakłada średnioroczny wzrost PKB w Polsce na poziomie 3,5-4,5% do roku 2030.

II Scenariusz stabilnego wzrostu.

W tym scenariuszu produkcja przemysłu chemii nieorganicznej nie ulega do roku 2030 większym zmianom, przy czym jako najbardziej prawdopodobny wyznaczony został średnioroczny spadek produkcji w wysokości 0,3-0,5% do roku 2030 spowodowany zmniejszeniem opłacalności produkcji i – w konsekwencji – utratą konkurencyjności części zakładów i zwiększeniem importu produktów chemii nieorganicznej spoza UE. W scenariuszu tym wdrażane w Polsce bez opóźnień są wszystkie już zatwierdzone regulacje ekologiczno-prawne, a legislacja UE kontynuuje ten trend także po roku 2020. Spadek strumieni odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego jest szybszy od spadku produkcji tego przemysłu i wynosi 3-5% rocznie. W scenariuszu tym średnioroczny wzrost PKB w Polsce do roku 2030 wynosi 2,0-3,0%.

III Scenariusz turbulencji ekonomiczno-społecznych.

Głównymi czynnikami sprawczymi tego scenariusza są zewnętrzne problemy ekonomiczne i polityczne związane z przemianami strukturalnymi w gospodarce światowej, zwłaszcza w UE. Cechą charakterystyczną tego scenariusza jest występowanie częstych czy znacznie częstszych, niż wynika to z teorii klasycznych cykli koniunkturalnych (faz kryzysowych, przedzielonych krótkimi okresami odbudowy i wzrostu). Problemy ekonomiczne wynikają zarówno z łatwiejszego w gospodarce globalnej przenoszenia się lokalnych kryzysów ekonomicznych na inne kraje, jak i z przemian technologicznych zwłaszcza w energetyce i transporcie, lecz także są

wywołane czynnikami społeczno-politycznymi związanymi z migracjami, osłabieniem wiodących dotychczas globalnych centrów polityczno-ekonomicznych i wzrostem tendencji separatystycznych w UE. Problemy te rzutują także na wewnętrzną sytuację ekonomiczno-polityczno -społeczną w Polsce, gdzie fazy wzrostu o 3-5% przedzielone są fazami osłabionej koniunktury gospodarczej od 0% do 1,5% w cyklach 3-5 letnich. Produkcja odpadów nieorganicznych w Polsce zmniejsza się kilkakrotnie w sposób skokowy, co spowodowane jest likwidacją lub zmianą profilu produkcji niektórych zakładów. Spadek ten uzupełniany jest importem produktów chemicznych w latach poprawy koniunktury. Wytwarzanie odpadów nieorganicznych grupy 06 maleje proporcjonalnie do wielkości produkcji przemysłu chemicznego.

W związku z faktem, że zmienne dotyczące czynników społecznych nie poddawały się w zdecydowanej większości kwantyfikacji, scenariusze z powyższej tabeli powinny zostać uzupełnione o opis czynników społecznych. Również wpływ na środowisko powinien zostać szczegółowo scharakteryzowany dla każdego istotnego scenariusza.

Literatura

1. A. M. J., Skulimowski, B. Cichy, *Znaczenie wiedzy eksperckiej w badaniach perspektyw wpływu na środowisko strumieni odpadów nieorganicznych do roku 2030*, Chemik: 2010 R. 63 nr 10 s. 675-680

CZĘŚĆ III

SCENARIUSZE

OPRACOWANO NA PODSTAWIE PRAC ZESPOŁU REALIZUJĄCEGO PROJEKT

PROJEKT

„ODPADY NIEORGANICZNE PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO – FORESIGHT TECHNOLOGICZNY”

JEST WSPÓLFINANSOWANY PRZEZ UNIĘ EUROPEJSKĄ

ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO

W RAMACH PROGRAMU OPERACYJNEGO INNOWACYJNA GOSPODARKA 2007-2013

SCENARIUSZ INTENSYWNEGO ROZWOJU

Scenariusz intensywnego rozwoju zakłada utrzymanie wiodącej roli przemysłu chemicznego w Europie oraz w Polsce jako gałęzi przemysłu generującej znaczny wkład do dochodu narodowego kraju, oraz zatrudniającej znaczną ilość pracowników.

Polityka zrównoważonego rozwoju kraju realizowana będzie w okresie najbliższych lat w oparciu o zachowanie właściwych proporcji pomiędzy wymaganiami społecznymi i środowiskowymi, a możliwościami ekonomicznymi realizacji przemian w przemyśle i stosowanych technologiach. W scenariuszu tym sytuacja makroekonomiczna powoduje odsunięcie w czasie lub całkowite zaniechanie wdrażania bardziej restrykcyjnej niż już zatwierdzona polityki proekologicznej w UE. Dodatkowo niektóre z już przyjętych uregulowań mogą zostać osłabione lub odsunięte w czasie. Towarzyszy temu wzrastające w tempie 5-7% rocznie zapotrzebowanie na biopaliwa i biomasę oraz stała lub nieznacznie wzrastająca produkcja w pozostałych działach rolnictwa. W efekcie uzyska się wzrost produkcji przemysłu nawozów mineralnych w tempie będącym co najmniej średnią ważoną wzrostu produkcji upraw przeznaczonych na biopaliwa oraz pozostałych. Analogicznie wzrośnie wytwarzanie odpadów nieorganicznych, przy czym po roku 2020 następuje zmniejszanie się strumieni odpadów o 2-4% rocznie dzięki pojawianiu się nowych technologii ich wykorzystania w gospodarce. Scenariusz ten zakłada średnioroczny wzrost PKB w Polsce na poziomie 3,5-4,5% do roku 2030.

Zadania w zakresie gospodarki odpadami w nadchodzących latach wynikają z sytuacji gospodarki w skali światowej, powtarzających się kryzysów ekonomicznych, wzrostu cen paliw, energii, malejących zasobów surowców nieodnawialnych, rosnącego zanieczyszczenia środowiska, w głównej mierze w wyniku działalności ludzkiej. Przyjęto, w skali globalnej, że podstawową zasadą działania powinna być zasada zrównoważonego rozwoju, według której zaspokojenie aspiracji rozwojowych obecnego pokolenia nie może uniemożliwić realizacji tych samych dążeń następnym pokoleniom.

W zakresie gospodarki odpadami strategię postępowania określają:

- Dyrektywa w sprawie emisji przemysłowych (IED) harmonizująca dotychczasowe prawodawstwo WE obowiązujące w zakresie gospodarki w środowisku.
- Dyrektywa parlamentu europejskiego i rady 2008/98/WE w sprawie odpadów.

Podstawową zasadą w gospodarce odpadami jest unikanie powstawania odpadów poprzez dobór właściwych technologii, w których również produkty uboczne procesów zostaną wykorzystane. Odmiennie podejście w odniesieniu do emisji do powietrza, wody lub gleby może stanowić zachętę do przesuwania zanieczyszczeń z jednych elementów środowiska do innych, zamiast zachęcać do ochrony środowiska jako całości. Dlatego

należy zapewnić zintegrowane podejście do zapobiegania emisjom do powietrza, wody i gleby, zagospodarowania odpadów i poprawy efektywności energetycznej.

Gospodarka odpadami nieorganicznymi w Polsce ma istotny wpływ na zrównoważony rozwój naszego kraju. Najlepszym rozwiązaniem byłoby wprowadzenie produkcji bezodpadowej, ale jak wiadomo w zasadzie procesy bezodpadowe w przemyśle, w tym w przemyśle chemii nieorganicznej, są bardzo rzadkie. Trudno jest określić perspektywę czasową doprowadzenia do takiego rozwoju technologii. Dlatego głównymi kierunkami działań w zakresie ograniczania emisji do środowiska powinno być wdrażanie procesów maksymalizujących wielkość produkcji przy jednoczesnej minimalizacji ilości emitowanych zanieczyszczeń w przeliczeniu na jednostkę produktu. Równoległym kierunkiem działań powinno być opracowywanie procesów, z których materiały odpadowe mogłyby zostać wykorzystane jako produkty lub półprodukty w innych procesach produkcyjnych. Jednocześnie należy prowadzić dalsze badania nad różnorodnymi technologiami odzysku surowców i energii z odpadów i promować technologie i produkty wykorzystujące surowce wtórne.

Koniunktura na nawozy w związku ze zwiększeniem areału upraw pod surowce dla biopaliw oraz z rosnącą produkcją żywności, w tym na eksport, pozwoli utrzymać produkcję nawozów mineralnych na poziomie pełnego lub prawie pełnego wykorzystania zdolności produkcyjnych istniejących instalacji (przy założeniu normalnie występujących sezonowych wahań sprzedaży), co oznacza roczny wzrost produkcji nie większy niż 1-2%. Nie przewiduje się budowy całkowicie nowych instalacji produkcyjnych dla podstawowej grupy produktów nawozowych, lecz zwiększenie stopnia wykorzystania instalacji istniejących. Wyjątkiem będzie instalacja powstająca w Zakładach Azotowych Puławy produkująca siarczan amonu w ilości do 6000 ton/rok z wykorzystaniem tlenków siarki z elektrociepłowni zakładowej i amoniaku. Do 2030 roku powinny powstać jeszcze co najmniej 2 lub 3 podobne instalacje. Ewentualny nadmiar produktu w kraju znajdzie zbyt zagranicą. Wobec nadmiaru na rynku krajowym gipsu z odsiarczania spalin w energetyce obserwować się będzie stagnację lub odwrót od procesów mokrego odsiarczania spalin do procesów suchych lub mokrych związanych z otrzymywaniem siarczanu amonu (w pobliżu miejsc wytwarzania amoniaku) lub siarczanu magnezu.

Wysokowydajne nawozy fosforowe i skondensowane wytwarzane są z wykorzystaniem ekstrakcyjnego kwasu fosforowego jako półproduktu. Kwas fosforowy jest produkowany w Polsce z importowanych surowców mineralnych z zastosowaniem kwasu siarkowego do rozkładu fosforanu wapniowego (fosforytów) na kwas fosforowy i gips – ilość gipsu przypadająca na 1 tonę P_2O_5 wynosi 4 do 5 ton. Możliwości zagospodarowania powstającego w tym procesie fosfogipsu są niewielkie, nie przekraczają 20%, a pozostałe ilości są składowane jako odpady. W trakcie składowania fosfogipsu występuje zagrożenie uwalniania zanieczyszczeń do środowiska głównie poprzez odcieki. Wody opadowe i wszelkie odcieki ze składowiska wymagają oczyszczania przed odprowadzeniem do odbiorników. O utrzymaniu

produkcji kwasu fosforowego w Polsce decydują względy ekonomicznej opłacalności. W przypadku krajowej produkcji decydujący wpływ na koszty będą wywierały: cena surowca, koszt jego transportu i koszty zagospodarowania fosfogipsu – te ostatnie liczone z uwzględnieniem kosztów środowiskowych, które nie będą ponoszone w przypadku importu kwasu fosforowego. W Polsce pozostał już tylko jeden zakład – Zakłady Chemiczne „POLICE” S.A. – produkujący kwas fosforowy z wytworzeniem odpadu fosfogipsowego. Przewidując odsunięcie lub osłabienie restrykcyjnej polityki Unii Europejskiej w zakresie polityki ekologicznej oraz duże znaczenie wymienionego Zakładu dla bezpieczeństwa żywnościowego Polski (oparcie produkcji żywności na własnych nawozach mineralnych), a także znaczenie firmy dla lokalnego rynku pracy województwa zachodniopomorskiego, należy przewidywać utrzymanie tej produkcji na obecnym poziomie do roku 2030. Utrzymanie krajowej produkcji kwasu fosforowego ma uzasadnienie pod warunkiem wprowadzenia technologii wykorzystujących alternatywne źródła surowca fosforowego, takie jak związki fosforu ze ścieków, osadów ściekowych czy odpadów przemysłu mięsnego i badań nad uniknięciem negatywnego oddziaływania odpadów.

W tym okresie wzrośnie udział nawozów dostosowanych dzięki zdobyczom nanotechnologii i biotechnologii do produkcji rolniczej opartej na precyzyjnym dawkowaniu nawozów, co w konsekwencji, bez konieczności wzrostu produkcji w tym zakresie, zaspokoi potrzeby kraju.

Jednocześnie należy prowadzić dalsze prace nad wdrożeniem technologii odzysku fosfogipsów (zastosowanie w przemyśle budowlanym i drogowym, w kompozytach polimerowych, w rolnictwie) zgromadzonych do tej pory na składowiskach odpadów, przy jednoczesnym tworzeniu rynku zbytu na powstające wyroby. Szczególnie mogłoby to być uzasadnione w odniesieniu do składowiska fosfogipsów przy byłych Z.Ch. Wizów, gdzie zdeponowane są odpady jednorodne pod względem pochodzenia (produkcja kwasu ortofosforowego była oparta o apatyt Kola), a zgromadzony fosfogips charakteryzuje się niską promieniotwórczością. Podstawowym składnikiem fosfogipsów jest gips (dwuwodny siarczan wapnia), który nie wywiera negatywnego wpływu na środowisko. Jednak obecne w surowcach fosforowych zanieczyszczenia, takie jak: związki fosforu przetworzone na niecałkowicie usunięty kwas ortofosforowy, związki fluoru, krzemu, magnezu, glinu, chloru, siarki oraz metale ciężkie, lantanowce i radionuklidy są mniej pożądane w środowisku. Prowadzone będą badania, które w latach 2020-2030 doprowadzą do wykorzystania, po przygotowaniu, fosfogipsów w drogownictwie i do niwelacji terenów. W perspektywie najbliższych lat powstaną metody immobilizacji zanieczyszczeń do poziomu akceptowalnego przez potencjalnych odbiorców.

Zanieczyszczenie środowiska związkami fosforu pochodzi przede wszystkim z licznych źródeł antropogenicznych. Zanieczyszczenia te są gromadzone w środowisku wodnym – wodach powierzchniowych i podziemnych. Źródłami zanieczyszczeń środowiska związkami fosforu są:

- procesy nawożenia w rolnictwie,
- odpady przemysłowe – w szczególności odpady przemysłu mięsnego,
- osady ściekowe z oczyszczania ścieków komunalnych,
- intensywna hodowla zwierząt gospodarskich.

W przemyśle mięsnym powstają odpady i produkty uboczne w postaci m.in. miazgi kostnej, mączki mięsno-kostnej oraz szlamu kostnego (osad mineralny pozostający po odtłuszczeniu i odproteiniowaniu miazgi mięsno-kostnej, produkt uboczny z produkcji hydrolizatu białkowego). Wprowadzone przez UE regulacje dotyczące postępowania z odpadami poubojowymi spowodowały ograniczenie wykorzystania odpadów z przemysłu mięsnego do celów paszowych i wymusiły konieczność innego ich zagospodarowania. Obecnie odpady poubojowe i produkty uboczne z przemysłu mięsnego są unieszkodliwiane termicznie. Ze względu na zawartość w nich fosforanu wapnia (do 30%) mogą być wykorzystywane do produkcji kwasu fosforowego lub w innych procesach produkcji nawozów dla potrzeb rolnictwa. Istotne będzie tu zainteresowanie tego rodzaju działalnością MŚP – po udostępnieniu im opracowanych technologii. Działające w takim zakresie przedsiębiorstwa powinny również podjąć działalność w zakresie zagospodarowania odpadów przemysłu mięsnego w procesie rozkładu termicznego (spalania). Podobne działania należy podjąć w odniesieniu do unieszkodliwiania osadów ściekowych z oczyszczalni ścieków komunalnych. W Polsce prowadzone są badania nad odzyskiem związków fosforu z komunalnych osadów ściekowych. Związki fosforu z popiołów powstałych po spaleniu osadów w 950°C ługowane (roztwarzane) są roztworami kwasów mineralnych. W wyniku procesu uzyskuje się nawozy mineralne (P, NP). Alkalizując ekstrakt (produkt rozkładu) tlenkiem wapnia można otrzymać wodorofosforan (V) wapnia do celów nawozowych lub paszowych.

Należy się również spodziewać w perspektywie do 2020 r. wskutek wejścia w życie znowelizowanej Ustawy o odpadach, stanowiącej transpozycję dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE, że odpadowy siarczan żelaza zniknie z rejestru odpadów i zostanie uznany wyłącznie produktem ubocznym. Wobec rozwiązania problemu siarczanu żelaza (II) jako odpadu produkcja bieli tytanowej oraz nanoditlenku tytanu będzie się rozwijać w nowych instalacjach opartych o badania krajowe ZUT w Szczecinie. Dobra koniunktura gospodarcza pozwoli rozwinąć w Polsce także inne zaawansowane technologie chemiczne, w tym nanotechnologie wykorzystujące nieorganiczne związki srebra, cyrkonu, cynku, miedzi itd. w oparciu o krajowe i importowane technologie, co po roku 2020 poprawi strukturę produkcji chemicznej zwiększając udział chemikaliów specjalistycznych w stosunku do bazowych, których produkcja pozostanie do roku 2030 na poziomie produkcji roku 2010-2011.

Krajowa produkcja kwasu siarkowego będzie realizowana przede wszystkim w powiązaniu z przemysłem metali nieżelaznych i będzie oparta na siarczках z procesu prażenia rud oraz na siarce pochodzącej z przemysłu petrochemicznego i koksochemicznego i jednoczesnym stopniowym wygaszaniem eksploatacji siarki

rodzimej. Istniejące instalacje będą podlegały dalszej modernizacji. Odpadowy kwas siarkowy o niskim stężeniu i uciążliwych zanieczyszczeniach będzie trafiał do powstających instalacji oczyszczania i odzysku siarki rodzimej. Nadmiar kwasu siarkowego w coraz większym stopniu będzie trafiał na eksport (np. rynek chiński).

Zapotrzebowanie na sodę będzie rosło proporcjonalnie do wzrostu budownictwa (szkło płaskie), do wzrostu wykorzystania opakowań szklanych w gospodarce i do produkcji mydeł i środków piorących. Wzrost ten wynosi 1-2% rocznie. Krajowe zakłady sodowe wykorzystują w pełni zdolności produkcyjne, a także CIECH SA inwestuje w zakup zakładów sodowych za granicą. Zbyt na tę produkcję jest zagrożony ekspansją tureckiego przemysłu sodowego produkującego tańszą i prawie bezodpadową metodą sodę z trony. Jednak wobec bardzo dobrej kondycji tego przemysłu do 2030 r. nie przewiduje się zaprzestania tej działalności. Działania marketingowe i poprawienie formy wapna posodowego (granulacja) podniosą atrakcyjność rynkową tego produktu ubocznego zmniejszając powierzchnię „białych mórz”, ale obniżając zysk producenta, a podwyższając cenę produktów pochodnych z sody. Podobny skutek przyniesie zwiększenie zastosowania chlorku wapnia w gospodarce lub utrzymanie zrzuć chlorków do wód w związku z rosnącymi opłatami środowiskowymi.

Zakładany wzrost gospodarczy zapewni większe niż dotąd środki na badania (1,7% PKB w 2020 i 3% w 2030), a znaczna ich część zostanie wykorzystana na rozwój i wdrożenie krajowych technologii proekologicznych, w tym technologii odzysku surowców z odpadów. Będzie to korzystne wobec rosnącej ilości odpadów wytwarzanych, a zmniejszaniu się zasobów surowców mineralnych. Jednostki prowadzące badania na rzecz racjonalizacji gospodarki odpadami nieorganicznymi w Polsce powinny otrzymać znaczące wsparcie od organizacji gospodarczych oraz od państwa.

Wdrażanie Dyrektywy IED, nawet w ograniczonej formie, oraz wdrażanie systemu REACH i ETS doprowadzi do likwidacji lub stopniowego wygaszania niektórych produktów chemicznych, również nieorganicznych, i zastąpienia ich na rynku produktami alternatywnymi (np. bezhalogenowe retardanty palenia w miejsce halogenowych, nieorganiczne związki krzemu zamiast trójpolfosforanu sodu do środków piorących i myjących). Tylko nieliczne z nich będą produkowane w kraju. W przemyśle chemicznym nastąpi koncentracja produkcji podstawowych chemikaliów, umocnią się duże koncerny produkcyjne zaś MŚP będą pełniły rolę satelitarną i usługową koncentrując się na produktach małotonażowych i na przetwórstwie, a nie wytwórstwie chemikaliów. Oznacza to, że gospodarka głównymi odpadami nieorganicznymi będzie zarządzana przez duże organizacje produkcyjne.

Wraz ze stopniowym podnoszeniem się standardów życiowych nasilą się naciski społeczne na zakłady produkujące chemikalia, gdyż troska o bezpieczeństwo zdrowotne i zapobieganie zagrożeniom ekologicznym będą większe niż nacisk na tworzenie miejsc pracy w przemyśle.

SCENARIUSZ STABILNEGO WZROSTU

Scenariusz stabilnego wzrostu zakłada wdrażanie w Polsce w pełnym zakresie ekologicznych pakietów WE w kierunku budowy konkurencyjnej gospodarki niskoemisyjnej bardziej przyjaznej ekonomicznie i bez dużych odstępstw (benchmarki) dla energochłonnych branż. Polityka ta zakłada do roku 2020 ograniczenie emisji CO₂ o 20% w stosunku do roku 1990, a do roku 2030 o 30%. Energia ze źródeł odnawialnych stanowić będzie w 2020 roku 15% i Polska poprawi efektywność energetyczną gospodarki o 14%. W tym scenariuszu produkcja przemysłu chemii nieorganicznej nie ulega do roku 2030 większym zmianom, przy czym jako najbardziej prawdopodobny wyznaczony został średnioroczny spadek produkcji w wysokości 0,3-0,5% do roku 2030 spowodowany zmniejszeniem opłacalności produkcji, w konsekwencji nastąpi utrata konkurencyjności części zakładów i zwiększenie importu produktów chemii nieorganicznej spoza UE. W scenariuszu tym wdrażane w Polsce bez opóźnień są wszystkie już zatwierdzone regulacje ekologiczno-prawne, a legislacja UE kontynuuje ten trend także po roku 2020. Spadek strumieni odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego jest szybszy od spadku produkcji tego przemysłu i wynosi 3-5% rocznie. W scenariuszu tym średnioroczny wzrost PKB w Polsce do roku 2030 wynosi 2,0-3,0%.

Koszty dostosowania gospodarki do strategii rozwoju „Bezpieczeństwo energetyczne i środowisko” do roku 2020 określiło Ministerstwo Środowiska w kwietniu 2011. Zestawienie przedstawiono w poniższej tabeli (tabela 1).

Tabela 1. Założenia systemu zarządzania rozwojem Polski – strategię rozwoju strategia Bezpieczeństwo energetyczne i środowisko, MŚ Warszawa kwiecień 2011

Obszar interwencji	2011-2015 (mld zł)	2016-2020 (mld zł)	Suma 2011-2020 (mld zł)
Zachowanie różnorodności biologicznej	2,2	0,4	2,6
Poprawa jakości powietrza	0,6	0,1	0,7
Wsparcie innowacyjności	0,04	0,01	0,05
Badania i rozwój	0,8	0,2	0,9
Współpraca międzynarodowa	0,2	0,04	0,2
Adaptacja do zmian klimatu	4,1	3,0	7,1
Racjonalne gospodarowanie odpadami	5,3	1,3	6,6
Zapewnienie dostępu do czystej wody	12,3	0,02	12,3
Efektywne gospodarowanie wodami	11,6	1,2	12,8
RAZEM	37,0	6,3	43,3

Koszty dostosowawcze będą rosły proporcjonalnie do roku 2030, gdyż przy ciągłym wzroście zapotrzebowania na energię i surowce trzeba będzie nadal obniżać emisje, co wiąże się z inwestycjami w infrastrukturę, nie tylko przemysłową. Realizacja strategii zielonej gospodarki, w której szkody środowiskowe wynikające z działalności produkcyjnej są minimalizowane sprawi, że część firm chemicznych będzie musiała zamknąć pracujące instalacje, gdyż wyczerpią się możliwości ich modernizacji. Utrzymanie produkcji będzie wymagało nowych innowacyjnych technologii w stadium dojrzałym do wdrożenia. Krajowa oferta w tym zakresie będzie niewystarczająca ze względu na planowane niższe nakłady na badania i rozwój w Polsce niż w bogatszych krajach Unii Europejskiej. W konsekwencji w Polsce przetrwają tylko silne i skonsolidowane podmioty gospodarcze prowadzące działalność w przemyśle nieorganicznym i nawozowym. Cały wysiłek modernizacyjny i inwestycyjny służyć będzie spełnieniu wymagań polityki ekologicznej UE wobec postępujących zaostreżeń wymogów BAT (Najlepsze Dostępne Techniki). Dzięki temu uda się utrzymać główne chemikalia wytwarzane w tej chwili, ale globalnie nastąpi niewielki spadek produkcji nieorganicznej w Polsce. W konsekwencji ograniczania nierentownych produkcji i działań organizacyjnych porządkujących gospodarkę odpadową oraz nieznacznego zwiększenia stopnia odzysku nastąpi spadek ilości odpadów wytwarzanych przez branżę chemiczną (3-5%) w skali roku.

Wyznaczenie kierunków badań w zakresie poprawy efektywności środowiskowej wymaga podjęcia działań dla uruchomienia europejskich rachunków ekonomicznych środowiska, zgodnie z rozporządzeniem WE (Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady(UE) Nr 691/2011 (DU WE nr L 192). Intensyfikacja działań przemysłu chemicznego w kierunku minimalizacji emitowanych zanieczyszczeń do środowiska z całą pewnością spotka się z pozytywnym odbiorem ze strony społeczeństwa. Wprowadzenie przyjaznych dla środowiska technologii produkcji w zakładach przemysłu chemicznego spowoduje wzrost kosztów produkcji, a w efekcie wzrost cen niektórych produktów. Wyniki ankiety Delphi pokazały, iż zdaniem ekspertów, ponad połowa Polaków akceptuje podnoszenie cen niektórych produktów w związku z wprowadzeniem technologii przyjaznych środowisku (technologie niskoodpadowe, bezodpadowe). Ma to związek z obserwowanym od kilku lat wzrostem znaczenia kryteriów ekologicznych w wyborach konsumenckich, uważa się również, że ta tendencja będzie miała znaczący wpływ na przemysł chemiczny. Dużą rolę we wzmacnianiu świadomości ekologicznej konsumentów odgrywa edukacja prowadzona przez szkoły i media, dlatego też tego typu działania powinny być zintensyfikowane. W celu zrównoważenia skutków ekonomicznych wprowadzania nowych, przyjaznych dla środowiska technologii powinny zostać zastosowane różnego rodzaju instrumenty wspierające dla przedsiębiorstw, takie jak np.: dotacje dla przedsiębiorstw (kredyt technologiczny, wsparcie innowacji) oraz dopłaty do produktów. Efekty działań w tej dziedzinie będą odczuwalne w latach 2020-2030. Jednak z tym wyzwaniem poradzą sobie tylko niektórzy producenci.

Chociaż „zielone technologie”, w tym uprawy pod biopaliwa, zwiększają popyt na nawozy, to jednak organizacja Fertlizers Europe przewiduje, że obniżenie emisji CO₂ do planowanego w 2020 roku poziomu będzie skutkowało 20-30% zwiększeniem cen na nawozy azotowe. Jeżeli taka cena okaże się za wysoka na rynku to zdolności produkcyjne wytwórców nawozowych zostaną przeniesione poza Europę. Ten rozwój wypadków będzie wyraźny w Polsce, która jest w tej chwili największym producentem nawozów azotowych w Europie i znaczącym eksporterem. Rozwiązaniem są nowe nawozy wolno działające (Slow Release Fertilizers) lub nawozy o kontrolowanym działaniu (Control Release Fertilizers).

W wyniku stosowania nawozów w rolnictwie część składników aktywnych nawozów jest przenoszona do środowiska. Substancje powodujące eutrofizację wód są klasyfikowane jako zanieczyszczające środowisko wodne. Prawodawstwo WE zobowiązuje do podejmowania działań koniecznych dla zapobiegania lub ograniczania dopływu zanieczyszczeń do wód podziemnych. Nawozy stosowane są najczęściej w pierwszej fazie rozwoju rośliny i znajdujące się w glebie ich składniki aktywne zostają w części wymyte i nie są wykorzystywane przez organizmy glebowe i rośliny. W celu zapewnienia ich obecności w okresie rozwoju roślin, ich dawka pierwotna musi być wysoka, co powoduje większe straty do środowiska. Zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska, a także zwiększenie stopnia wykorzystania nawozów sztucznych osiągnąć można poprzez stosowanie nawozów wolno działających (Slow Release Fertilizers – SRF) i o kontrolowanym działaniu (Control Release Fertilizers – CRF), z udziałem syntetycznych i naturalnych polimerów oraz syntezowanych związków o specyficznych właściwościach. W zestawieniu z tradycyjnymi nawozami stopniowe uwalnianie związków odżywczych z nawozów o kontrolowanym działaniu (CRF) jest lepiej dostosowane do potrzeb roślin, ogranicza wymywanie tych związków oraz polepsza efektywność działania nawozu. Obecnie nawozy CRF oraz SRF są stosowane głównie na użytkach nierolnych (pola golfowe, trawniki czy ogrody) oraz w minimalnym stopniu na pewne uprawy o wysokiej cenie rynkowej (np. truskawki, cytrusy). Zdaniem większości ekspertów nowoczesne nawozy znajdą zastosowanie w Polsce w rolnictwie wielkotonażowym w perspektywie 2020-2030 r. Warunkiem jest przeprowadzenie kompleksowych badań określających całkowite efekty ekonomiczno-środowiskowe (tj. obejmujące wzrost kosztu nawozu, efekt wydajnościowy, korzyści środowiskowe, cykl życia) nawozów o przedłużonym i kontrolowanym działaniu. Wprowadzanie nawozów o kontrolowanym działaniu (CRF) w polskim rolnictwie wiąże się z koniecznością przygotowania oraz przeprowadzenia kampanii informacyjnej oraz szkoleń dla polskich rolników, które pozwoliłyby im nauczyć się właściwego stosowania nowego typu nawozów zgodnie z zasadami ochrony środowiska, w tym w szczególności ochrony wód. Działania te powinny być prowadzone na szczeblu krajowym przez Ministerstwo Rolnictwa oraz Agencję Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa, a na poziomie lokalnym przez Ośrodki Doradztwa Rolniczego. Ceny rynkowe takich nawozów, nawet produkowanych w większej skali niż obecnie, będą zdecydowanie wyższe (do 30%),

a pozytywny efekt dla rolnika będzie odczuwalny po kilku sezonach stosowania.

Produkcja skondensowanych nawozów fosforowych i NPK w oparciu o kwas fosforowy będzie utrzymana na obecnym poziomie do 2020 roku, a następnie ulegnie stopniowemu zmniejszeniu w związku z koniecznością podnoszenia ceny kwasu fosforowego i nawozów w wyniku wzrostu kosztów po stronie producenta. W nawozach fosforowych nastąpi powrót do nawozów na bazie superfosfatu prostego i USP (mocznikowo-superfosfatowych). Opłacalność krajowej produkcji kwasu fosforowego i nawozów na jego bazie obniży się na tyle, że trzeba będzie rozważyć zamknięcie instalacji kwasu fosforowego w Policach po 2030 roku, tym bardziej, że postępuje zużycie techniczne wytwórni kwasu. Utrzymanie produkcji będzie możliwe, jeżeli ze względów strategicznych (bezpieczeństwo żywienia kraju) Zakład otrzyma wsparcie państwa np. w postaci preferencyjnego kredytu na instalacje odtworzeniowe. W związku z postępującą rozbudową wytwórni kwasu w krajach Afryki północnej będących tradycyjnymi dostawcami fosforytów dla polskiego przemysłu można się spodziewać utrudnionego dostępu do tego surowca (wysokie ceny lub brak podaży).

Pozytywnym efektem zaostżenia europejskiej polityki ekologicznej będzie zwiększenie udziału procesów odzysku odpadów nieorganicznych o 10-20% w stosunku do roku 2010. W tej grupie odpadów dotyczyć to będzie przede wszystkim (gipsu) fosfogipsu, obecnie nie odzyskiwanego lub odzyskiwanego sporadycznie, który powinien być wykorzystany chociaż w części do budowy dróg lokalnych i do umacniania gruntów w regionie zachodniopomorskim. Wobec deficytu siarki w glebach polskich rozwinie się również wykorzystanie tego odpadu do produkcji nawozów złożonych. Badania w tym zakresie są już w Polsce zaawansowane. Aby kontynuować produkcję kwasu fosforowego Zakład w Policach będzie musiał pozyskać i przygotować nowy teren na składowanie, a składowisko Biała Góra poddać procesowi rekultywacji.

Produkcja sody amoniakalnej pozostanie na niezmiennym poziomie, ale zmniejszy się jej opłacalność. Część środków producenta będzie musiała zostać zaangażowana w lepsze niż dotychczas zagospodarowanie około sodowych produktów ubocznych (wapno posodowe i chlorek wapnia). Przewidywane obniżenie stężenia zrzutu chlorków do wód powierzchniowych po wprowadzeniu w życie zapisów dyrektywy IED zmusi zakłady do obniżenia produkcji sody lub znalezienia technologii lub odbiorcy efektywnie wykorzystującego chlorek wapnia.

Produkcja bieli pozostanie na niezmiennym poziomie. Obecnie produkcja ta pokrywa 40% zapotrzebowania krajowego, a wobec rozwoju produkcji polimerów i tworzyw sztucznych, które w tym wariantcie rozwoju należy przewidywać, na rynek polski będą trafiały coraz większe ilości tego produktu z importu, co obniży konkurencyjność polskiego producenta.

Nie zmieni się również pozycja producentów kwasu siarkowego dopóki utrzymana będzie w Polsce produkcja nawozów przez kwas fosforowy. Później będą zmuszeni poszukiwać zewnętrznych źródeł zbytu. Dotyczy to w szczególności producentów kwasu związanych z przemysłem metali nieżelaznych, dla których instalacje kwasu

siarkowego mają charakter w zasadzie służący minimalizacji ogólnego oddziaływania na środowisko.

W tym scenariuszu produkcje chemikaliów nieorganicznych związane z powstawaniem odpadów 06 w mniejszych przedsiębiorstwach będą stanowiły niewielki i ciągle malejący udział w rynku. Powstanie więcej przedsiębiorstw zajmujących się recyklingiem i unieszkodliwianiem odpadów, w tym nieorganicznych.

SCENARIUSZ TURBULENCJI EKONOMICZNO-SPOŁECZNYCH

Głównymi czynnikami sprawczymi tego scenariusza są zewnętrzne problemy ekonomiczne i polityczne związane z przemianami strukturalnymi w gospodarce światowej, zwłaszcza w UE. Cechą charakterystyczną tego scenariusza jest występowanie częstych czy znacznie częstszych, niż wynika to z teorii klasycznych cykli koniunkturalnych (faz kryzysowych, przedzielonych krótkimi okresami odbudowy i wzrostu). Problemy ekonomiczne wynikają zarówno z łatwiejszego w gospodarce globalnej przenoszenia się lokalnych kryzysów ekonomicznych na inne kraje, jak i z przemian technologicznych zwłaszcza w energetyce i transporcie, lecz także są wywołane czynnikami społeczno-politycznymi związanymi z migracjami, osłabieniem wiodących dotychczas globalnych centrów polityczno-ekonomicznych i wzrostem tendencji separatystycznych w UE. Problemy te rzutują także na wewnętrzną sytuację ekonomiczno-polityczno społeczną w Polsce, gdzie fazy wzrostu o 3-5% przedzielone są fazami osłabionej koniunktury gospodarczej od 0% do 1,5% w cyklach 3-5 letnich. Produkcja odpadów nieorganicznych w Polsce zmniejsza się kilkakrotnie w sposób skokowy, co spowodowane jest likwidacją lub zmianą profilu produkcji niektórych zakładów. Spadek ten uzupełniany jest importem produktów chemicznych w latach poprawy koniunktury. Wytwarzanie odpadów nieorganicznych grupy 06 maleje proporcjonalnie do wielkości produkcji przemysłu chemicznego.

Brak stabilności na rynkach globalnych przy równoczesnym utrzymaniu obecnej polityki klimatyczno-ekologicznej Unii Europejskiej spowoduje duże problemy w utrzymaniu produkcji kwasu fosforowego. Jak wykazali wielokrotnie agrochemicy, brak środków u rolników na zakup nawozów odbija się przede wszystkim na popycie na nawozy fosforowe. Niedostarczenie roślinom azotu w postaci nawozowej skutkuje natychmiastowym obniżeniem plonu, natomiast fosfor ulega częściowej immobilizacji w glebie, a następnie uwolnieniu po zakwaszeniu, stąd efekty braku nawożenia fosforem nie są natychmiastowe. Jednak zakłady nie mogą sobie pozwolić na dłuższe przerwy w pracy lub znaczne obniżenie wydajności przy wysokich kosztach stałych produkcji, w tym przy rosnących kosztach opłat środowiskowych. Niezależnie od wielkości produkcji zakłady są zmuszone ponosić koszty utrzymania (w tym monitoring) składowisk odpadów. Całkowity upadek dużych zakładów chemicznych zagraża środowisku, gdyż składowiska będą musiały przejść gminy nie dysponujące odpowiednimi kwotami na ich utrzymanie ani nie dysponujące specjalistycznymi kadrami. Przemysł nawozowy odczuje fale kryzysowe w stopniu większym niż reszta gospodarki.

Przy braku środków finansowych wynikających z fali kryzysowych nie będzie możliwe zwiększenie udziału procesów odzysku odpadów nieorganicznych, ale ilość

odpadów wytwarzanych zmniejszy się w stopniu proporcjonalnym do zmniejszenia się produkcji. Produkcja chemiczna jako energochłonna jest bardziej niż inne gałęzie gospodarki wrażliwa na fale kryzysowe. Kryzys gospodarczy powoduje znaczne podwyższenie kosztów gazu; ten czynnik jest decydujący z kolei dla produkcji amoniaku i nawozów azotowych. Większość zakładów produkcyjnych przemysłu nieorganicznego nie przetrwa fali kryzysu objawiającej się obniżeniem popytu dłuższej niż 3 lata, chyba że otrzyma preferencyjne wsparcie dla zagwarantowania bezpieczeństwa żywieniowego państwa.

Produkcja sody amoniakalnej będzie rosła lub malała proporcjonalnie do fluktuacji całej gospodarki krajowej. Problemy odpadów i produktów ubocznych o mniejszym niż produkt główny znaczeniu rynkowym będą rozwiązywane tylko w nieznacznym stopniu w okresach lepszej koniunktury.

Produkcja bieli tytanowej również nie zostanie zahamowana. Podobnie produkcja kwasu siarkowego. Wytwórcy kwasu z branży metali nieżelaznych będą zmuszeni poszukiwać zewnętrznych odbiorców po załamaniu się koniunktury na nawozy mineralne, nawet kosztem podwyższenia kosztów produkcji metali nieżelaznych, gdyż te instalacje pełnią rolę sanitarną (pro środowiskową) w hutach metali nieżelaznych.

Fale kryzysowe destabilizujące rynek spowodują, że prawie wcale nie będą powstawać przedsiębiorstwa odzyskujące odpady, a te już istniejące bez wsparcia państwa stracą stabilność, gdyż nieciągłe dostawy surowca (odpadów), okresowe braki odbiorców będą obniżały opłacalność tej działalności. Dlatego też ten scenariusz nie zakłada zwiększenia stopnia odzysku odpadów, a jedynie zmniejszenie wytwarzanej ilości wobec zmniejszenia produkcji chemikaliów generujących odpady.

Dłuższe okresy złej koniunktury doprowadzą do zamknięcia niektórych zakładów chemicznych lub instalacji. Bardzo istotne znaczenie dla dalszego rozwoju przemysłu chemii nieorganicznej w Polsce mają społeczne i ekonomiczne skutki zamknięcia niektórych zakładów chemicznych, które nie są w stanie wprowadzić działań naprawczych w celu dostosowania do wymogów prawa ochrony środowiska. Najwcześniej zamknięcie zakładów przemysłowych, które nie spełniają wymagań zawartych w przepisach prawa mogłoby nastąpić po 2020 roku. Skutki ekonomiczne i społeczne likwidacji zakładów będą odczuwalne w latach 2020-2030, podczas gdy skutki ekologiczne można będzie odnotować w latach 2020-2030 i po roku 2030. Brak akceptacji dla zamykania zakładów przemysłu chemicznego nie spełniających norm środowiskowych jest głównie spowodowany przez lęk przed utratą miejsc pracy, niski poziom świadomości ekologicznej oraz niechęć do zmian. W celu ograniczenia negatywnych skutków społecznych i ekonomicznych należy przygotować programy zatrudnienia i zmiany kwalifikacji pracowników, stopniowo wygaszać działalność zakładów, zapewnić rekompensaty finansowe, a także przygotować i wdrożyć lokalne i narodowe kampanie informacyjne.

STRESZCZENIA ROZDZIAŁÓW

CZĘŚĆ I

ROZDZIAŁ 1

STAN POLSKIEGO PRZEMYSŁU NIEORGANICZNEGO NA TLE SYTUACJI W UNII EUROPEJSKIEJ

Streszczenie. W rozdziale przedstawiono analizę sytuacji polskiego oraz europejskiego przemysłu chemicznego, w tym nieorganicznego, w ostatnich latach. Przemysł nieorganiczny wytwarza bazowe chemikalia nieorganiczne do dalszego przetwórstwa przemysłowego oraz nawozy. Z jego specyfiki wynika, że jest głównym producentem odpadów nieorganicznych, a polityka przemysłowa i ekologiczna ma zdecydowany wpływ na gospodarkę przemysłowymi odpadami nieorganicznymi. W rozdziale omówiono również wpływ unijnej polityki ekologiczno-klimatycznej na rozwój przemysłu nieorganicznego.

Słowa kluczowe: odpady nieorganiczne, chemikalia, nawozy mineralne, rozwój przemysłu chemicznego

Abstract: This chapter presents the economic position of Polish and European chemical industry, including inorganic industry, in recent years. Inorganic industry produces inorganic base chemicals for further industrial processing and fertilizers. Because of technology specificity - is dominant producer of inorganic waste. Industrial and environmental policy significantly influences on industrial inorganic waste management. The chapter also presents the impact of EU climate and environmental policy on inorganic industry development.

Keywords: inorganic waste, chemicals, mineral fertilizers, chemical industry development

ROZDZIAŁ 2

STAN GOSPODARKI ODPADAMI NIEORGANICZNYMI W POLSCE

Streszczenie. Przedstawiono charakterystykę ilościową i jakościową odpadów grupy 06 (odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania produktów przemysłu chemii nieorganicznej) wytwarzanych w Polsce w latach 2004-2010. Źródłem danych o odpadach były raporty Departamentów Ochrony Środowiska wszystkich urzędów marszałkowskich w Polsce. W rozdziale przedstawiono również dane liczbowe odnośnie procesów unieszkodliwiania i odzysku odpadów nieorganicznych w Polsce. Dominującym tonażowo odpadem grupy 06 jest odpad powstający w procesie wytwarzania ekstrakcyjnego kwasu fosforowego z importowanych fosforytów. Odpad ten podlega procesom odzysku w minimalnym stopniu. Przykładem odpadu o wysokim stopniu odzysku jest siarczan żelaza powstający w procesie otrzymywania bieli tytanowej metodą siarczanową. Stopień odzysku odpadów nieorganicznych mieści się w granicach 20-30% wytwarzanych odpadów, przy czym suma odpadów nieorganicznych w tys. ton odzyskiwanych w skali roku praktycznie nie ulega zmianom w latach 2004-2010.

Słowa kluczowe: odpady nieorganiczne, odzysk odpadów nieorganicznych, unieszkodliwianie odpadów nieorganicznych, fosfogips, siarczan żelaza (II)

Abstract. This chapter presents characteristics of the waste group 06 (wastes from the manufacture, formulation, supply and use of inorganic industry) generated in Poland in 2004-2010, in quantitative and qualitative terms. The source of data were from Marshal Departments of Environmental Protection reports. The chapter also presents figures relating to the disposal and recycling of inorganic waste in Poland. The dominant waste (in mass) of the waste group 06 is generated from the technology of phosphoric acid, produced from imported phosphate rock. This waste is recovered minimally, so far. An example of the waste recovery at the high level is iron(II) sulfate formed in the sulfate process of titanium dioxide manufacturing. Usually, the degree of inorganic waste recovery is 20-30% of all generated wastes, but inorganic waste quantity, in thousands ton per year, practically did not change in 2004-2010.

Keywords: inorganic wastes, inorganic wastes recovery, inorganic wastes disposal, phosphogypsum, ferrous(II) sulfate

ROZDZIAŁ 3

TECHNOLOGIE PRODUKTÓW NIEORGANICZNYCH GENERUJĄCYCH GŁÓWNE ODPADY KLUCZOWE DLA PROJEKTU I ICH TRENDY ROZWOJU

Streszczenie. Przedstawiono metody zagospodarowania odpadów wytwarzanych przez przemysł nieorganiczny, w tym odzysk składników użytecznych z technologicznych strumieni odpadowych, a także technologie unieszkodliwiania odpadów zakwalifikowanych jako niebezpieczne. Omówiono stan aktualny postępowania z odpadami takimi jak: fosfogips – z produkcji kwasu fosforowego, wapno posodowe i chlorek wapnia – z produkcji sody, kwasy odpadowe, katalizator wanadowy, związki siarki – z produkcji kwasu siarkowego, siarczan żelaza(II) – z produkcji bieli tytanowej. Przytoczone rozwiązania są powszechnie wykorzystywane w Polsce jak i świecie, zgodne z wymaganiami stosownych dokumentów legislacyjnych. Zwrócono uwagę na potrzebę modernizacji niektórych technologii, bądź też poszukiwania nowych rozwiązań.

Słowa kluczowe: fosfogips, wapno posodowe, chlorek wapnia, katalizator wanadowy, siarczan żelaza(II)

Abstract. The methods of inorganic waste management, including the recovery of useful components from waste streams and the utilization technology of wastes classified as hazardous, were discussed. The state of waste management such as phosphogypsum (generated in phosphoric acid production), lime and calcium chloride (from the production of soda), acid waste, vanadium catalyst, sulfur compounds (generated in sulfuric acid production) as well as iron(II) sulfate (from the production of titanium dioxide) were presented. Mentioned solutions are commonly used in Poland and worldwide, in accordance with the requirements of the relevant legislative documents. The need of certain technologies modernization, or seeking new solutions, was highlighted.

Keywords: phosphogypsum, lime, calcium chloride, vanadium catalyst, iron(II) sulfate

ROZDZIAŁ 4

TECHNOLOGIE ODZYSKU I UNIESZKODLIWIANIA ODPADÓW NIEORGANICZNYCH

Streszczenie. Omówiono technologie wytwarzania kluczowych, z punktu widzenia polskiej gospodarki, produktów chemii nieorganicznej, w aspekcie pojawiających się w układzie technologicznym odpadów. Scharakteryzowano metody produkcji: kwasu ortofosforowego, kwasu siarkowego, sody kalcynowanej oraz bieli tytanowej z uwzględnieniem towarzyszących im odpadów. Na podstawie doniesień literaturowych jak i aktualnego stanu technologicznego przemysłu przedstawiono kierunki rozwoju technologii produkcji, szczególnie w odniesieniu do rozwiązań technologicznych wymagających prac modernizacyjnych dostosowujących je do standardów emisyjnych, poprzez m.in. zmniejszenie ilości generowanych odpadów, udoskonalenie procesu, unowocześnienie fabryk, co w konsekwencji skutkować będzie wzrostem poziomu polskiego przemysłu chemii nieorganicznej.

Słowa kluczowe: kwas ortofosforowy, kwas siarkowy, wodorowęglan sodu, ditlenek tytanu, metoda Solvay'a

Abstract. The inorganic products technologies, classified as influential on Polish economy, in terms of generated wastes were discussed. The method of production: phosphoric acid, sulphuric acid, sodium bicarbonate, titanium dioxide, were described. Taking into account literature data as well as current state of industrial technology, the direction of development were designated, particularly in relation to technologies which require modernization to reach the emission standards. Through reducing of waste amount, process improvement, so as modernization of factories, the enhancement of Polish chemical industry is guaranteed.

Key words: phosphoric acid, sulphuric acid, sodium bicarbonate, titanium dioxide, Solvay process

ROZDZIAŁ 5

OCHRONA ŚRODOWISKA W PRAWODAWSTWIE WE I POLSKIM

Streszczenie. W rozdziale piątym pt „Ochrona środowiska w prawodawstwie WE i polskim” zostały zaprezentowane polskie i unijne uwarunkowania prawne związane z gospodarką odpadami nieorganicznymi przemysłu chemicznego. Rozdział dotyczy obowiązujących konwencji międzynarodowych, aktów prawnych oraz strategii, zgodnie z którymi szczególną uwagę zwraca się na oddziaływanie zanieczyszczeń na wszystkie komponenty środowiska w celu zapobiegania przesuwania się tych zanieczyszczeń między nimi.

Słowa kluczowe: prawo, strategie, środowisko, odpady

Abstract. In the 5th chapter “Environmental protection in legal regulations of the European Community and Poland” EU and polish legal regulations related to waste management of inorganic chemical industry are discussed. International conventions, acts, strategies and an impact of pollutants on all environment components were presented, in order to prevent pollutants migration.

Key words: legal regulations, strategies, environment, wastes

ROZDZIAŁ 6

PROGNOZY ROZWOJU PRODUKCJI BAZOWYCH CHEMIKALIÓW NIEORGANICZNYCH I NAWOZÓW MINERALNYCH W ŚWIELE EUROPEJSKICH PRIORYTETÓW ŚRODOWISKOWYCH

Streszczenie. Przemysł chemiczny jest postrzegany przez społeczeństwo jako zagrożenie dla środowiska i dla zdrowia ludzi, w większości przypadków pomija się fakt, że bez tego przemysłu życie ludzi odbywałoby się na dużo niższym poziomie. Długofalowym celem polityki ekologicznej zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju jest „decoupling” (rozdzielenie) wzrostu gospodarczego od wzrostu emisji zanieczyszczeń, wytwarzania odpadów stałych i wykorzystywania zasobów naturalnych. Nawiązując do dokumentu strategicznego Europa 2020 i celów krajowych w ramach tej strategii przedstawiono prognozy zapotrzebowania i produkcji podstawowych chemikaliów nieorganicznych i nawozów mineralnych na podstawie danych literaturowych.

Słowa kluczowe: decoupling, Europe 2020, przemysł chemiczny, przemysł nawozowy, chemikalia nieorganiczne

Abstract. The society perceives chemical industry as a threat to the environment and human health, in most cases, the society disregard the fact that without chemical technology development, people's lives would be performed at a much lower level. Long-term goal of environmental policy in accordance to principles of sustainable development is the „decoupling” (separation) economic growth from emissions increase, solid waste generation and use of natural resources. Referring to the Europe 2020 strategy and national objectives the forecasts of demand and production of basic inorganic chemicals and mineral fertilizers, upon desk-research, are described.

Key words: decoupling, Europe 2020, chemical industry, fertilizer industry, inorganic chemicals

ROZDZIAŁ 7

ŚRODOWISKOWE I SPOŁECZNE ASPEKTY PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO

Streszczenie. W części „Środowiskowe i społeczne aspekty gospodarki odpadami” omówiono oddziaływanie biologiczne odpadów z grupy 06, efekty i szkody środowiskowe oraz ocenę ryzyka środowiskowego i zdrowotnego powodowanego zanieczyszczeniem środowiska przez przemysł chemiczny. Przedstawiono współczesne i przyszłe uwarunkowania rozwoju przemysłu nawozowego oraz omówiono nowe odmiany nawozów sztucznych. Zwrócono uwagę na szkody środowiskowe powodowane wskutek stosowania nawozów oraz przedstawiono propozycję ich redukcji. Część społeczna opracowania dotyczy roli społeczeństwa w działaniach na rzecz ochrony środowiska, jak również społecznych aspektów gospodarki odpadami nieorganicznymi przemysłu chemicznego. Sformułowano najważniejsze wnioski wynikające z badań ankietowych dotyczących kwestii społecznych.

Słowa kluczowe: odpady, nawozy, szkody środowiskowe, konflikt społeczny

Abstract. The chapter “Environmental and social aspects of waste management” is dedicated to 06 group of wastes and their environmental effects, environmental impacts and damage, environmental and health risk assessment, caused by chemical industry. Current status and future of fertilizer industry, as well as new fertilizers were analyzed. Environmental degradation caused by use of fertilizers and reductions of fertilizers were underlined. Furthermore, the role of society in efforts to protect the environment and social aspects of waste inorganic chemical industry were presented, giving the main conclusions from survey findings.

Key words: wastes, fertilizers, environmental damages, social conflict

CZĘŚĆ II

ROZDZIAŁ 1

PODSTAWY METODOLOGICZNE FORESIGHTU TECHNOLOGICZNEGO. MOŻLIWOŚĆ ZASTOSOWANIA REZULTATÓW BADAWCZYCH FORESIGHTU W PRZEDSIĘBIORSTWACH SEKTORA CHEMII NIEORGANICZNEJ

Streszczenie. W ostatnich latach w Polsce zrealizowano lub rozpoczęto realizację kilkudziesięciu projektów foresightu technologicznego lub regionalnego finansowanych ze środków Programów Operacyjnych: Wzrost Konkurencyjności Przedsiębiorstw (okres realizacji 2005-2007) oraz Innowacyjna Gospodarka i Kapitał Ludzki. Wśród projektów branżowych kilkanaście związanych jest bezpośrednio z technologiami chemicznymi lub z zagadnieniami ochrony środowiska w przemyśle chemicznym. W niniejszym rozdziale wprowadzającym do metodologii i metodyki foresightu technologicznego wskazujemy też możliwości takiej realizacji projektów tego typu, by wykorzystania ich wyników, zwłaszcza scenariuszy i trendów technologicznych i rynkowych, przez przedsiębiorstwa chemiczne i inne zainteresowane instytucje pozwoliło na poprawę jakości procesów planowania strategicznego, w szczególności roadmappingu technologicznego o profilu proekologicznym.

Słowa kluczowe: Foresight branżowy i korporacyjny, foresight odpadów przemysłu chemii nieorganicznej, planowanie strategiczne, roadmapping technologiczny

Abstract. The implementation of foresight projects financed from the structural funds gives Polish enterprises a chance to apply their results in elaborating corporate strategies and master plans. Companies that use chemical technologies can benefit from the results of over ten projects carried out recently within the ERDF-financed Operational Programmes Increased Competitiveness of Enterprises (2005-2007) and Innovative Economy. The results of these projects are provided usually in form of trends and scenarios related to technologies, markets and environmental issues. In this paper we will show how these results can be applied in strategic planning in the chemistry sector, in particular in technological and R&D roadmapping.

Keywords. Sector and corporate Foresight, strategic planning, technological roadmapping, inorganic waste

ROZDZIAŁ 2

METODY BADAŃ DELFICKICH – ANKIETA DELFICKA ON-LINE

Streszczenie. Niniejszy rozdział poświęcony jest jednemu z podstawowych etapów realizowanego niniejszego projektu badawczego tj. badaniom ankietowym prowadzonym metodą delficką. Celem analizy delfickiej jest pozyskanie, usystematyzowanie i analiza interdyscyplinarnej wiedzy eksperckiej, dotyczącej zarówno podstawowej dziedziny badań, jak i jej otoczenia ekonomicznego, społeczno-politycznego i ekologicznego. Jest to metoda szeroko rozpowszechniona w świecie od lat 60-tych ubiegłego stulecia, służąca do pozyskania, obiektywizacji i właściwego uporządkowania wiedzy eksperckiej, polegająca na co najmniej dwukrotnym badaniu ankietowym tej samej grupy ekspertów. Eksperci wypełniają złożoną ankietę on-line, w której m.in. weryfikują zadane hipotezy (tzw. tezy delfickie). Ankiety delfickie prowadzone w ramach niniejszego projektu podzielone zostały na 7 grup tematycznych, obejmujących m.in. zagadnienia dotyczące ilości i rodzaju odpadów nieorganicznych wytwarzanych przez polski przemysł chemiczny, wpływu problemu odpadów na rozwój tego przemysłu i na środowisko naturalne, technologii kluczowych dla generowania, recyklingu i unieszkodliwiania tych odpadów, otoczenia ekonomiczno-polityczno-społecznego, w tym m.in. politykę ekologiczną UE, warunki ekonomiczno-rynkowe. Dla sukcesu tych badań niezbędny jest szeroki udział ekspertów, zarówno naukowców, jak i praktyków reprezentujących różne branże i instytucje związane z interdyscyplinarnie pojmowaną problematyką odpadów.

Słowa kluczowe: Foresight odpadów nieorganicznych, analiza delficka on-line, bazy wiedzy eksperckiej, roadmapping technologiczny

Abstract. We present the scope, goals and methodology of Delphi analysis, which is one of the key workpackages of the underlying foresight project “. The main goal of the Delphi study within this Project is to acquire, structure and analyze the interdisciplinary expert knowledge on inorganic waste as well as its economical, ecological, social and political environment. Different variants of Delphi studies have been widespread foresight tools since the 60’s of the 20th century. If designed properly, it allows to build an objective and systematized expert knowledge base. Its main idea can be presented as follows: a group of experts replies to the set of questions organized in structured and complex questionnaires, nowadays usually on-line. After the replies are gathered, they are statistically processed and the same (or a narrower) group of experts is notified about the results allowing them to modify their replies in the second round of questionnaires. The procedure can be repeated iteratively until a consensus or a stable distribution of opinions is reached. In the foresight project under consideration there are

7 research areas, which are also present in on-line Delphi. The questions touch upon the foreseen quantity and structure of inorganic waste produced by the chemical industry in Poland, the impact of waste on the environment and on the development of industry, the key technologies of production, recycling and incineration of waste, as well as we investigate the role of political, economical, social environment, in Poland, in the EU and globally. The final success of this foresight exercise strongly depends on the wide participation of experts in the Delphi study, both researchers and practitioners from different branches, institutions, stakeholders and user groups.

Keywords: Inorganic waste foresight, on-line Delphi analysis, expert knowledge bases, technological roadmapping

ROZDZIAŁ 3

METODY ANALIZY SWOTC (STRENGTHS- WEAKNESSES- OPPORTUNITIES- THREATS- CHALLENGES)

Streszczenie. W niniejszym rozdziale omówimy metodę analizy SWOTC, czyli SWOT z dodatkowym elementem - Wyzwaniami (Challenges). To właśnie rozszerzenie (por. Skulimowski, 2006) powszechnie znanej metody analizy strategicznej SWOT okazało się szczególnie odpowiednie dla nowych rodzajów zastosowań w foresightcie technologicznym. Analiza SWOTC została opracowana w Fundacji Progress and Business w Krakowie w roku 2005. Charakterystyczną cechą SWOTC, w wyższym stopniu, niż ma to miejsce w przypadku SWOT, jest elastyczność tej metody, oznaczająca jednak konieczność dostosowywania jej do różnorodnych potrzeb. Przedstawiamy tu właśnie jedną z takich modyfikacji SWOTC, która została opracowana na potrzeby foresightu odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego. Pozwala ona na jednolitą ocenę grupy obiektów (w naszym przypadku technologii) względem grupy tych samych kryteriów, a następnie zarówno na wyciągnięcie syntetycznych wniosków z połączonej analizy wszystkich obiektów, jak i na indywidualną analizę ewaluacji tych obiektów. W sekcji 2 i 3 omówimy implementację on-line tej metody, która zapewnia m.in. możliwość analitycznego badania powiązań (S W) ↔ (O T C) w specjalnej tabeli TOWSC, możliwość przekształcenia ocen S-W w kryteria, a ocen O-T-C w miary niepewności, a następnie zastosowania analizy wielokryterialnej do oceny technologii oraz możliwość kwantyfikacji ocen ekspertów dla każdego kryterium i w każdej kategorii SWOTC.

Słowa kluczowe: SWOTC, analiza wielokryterialna, foresight odpadów nieorganicznych, systemy pozyskiwania wiedzy eksperckiej on-line, roadmapping technologiczny

Abstract. In this chapter we present the methodological foundations and practical implications of SWOTC analysis, an extension of the well known SWOT, published first in 2006. SWOTC allows for a quantification of experts judgments to a much farther extent than the usual SWOT. When coupled with TOWSC analysis of relations between the SWOTC assessments, it emerges dynamics which can lead to forecasting future features of an object being a subject of this kind of analysis. This is why the SWOTC method is especially well suited for technological foresight purposes. We will also describe an on-line implementation of SWOTC and the methods of SWOTC data processing, such as merging descriptions of complementary objects assessed.

Keywords: SWOTC, multicriteria analysis, inorganic waste foresight, expert knowledge acquisition, technological roadmapping, on-line collaboration systems

ROZDZIAŁ 4

PODSTAWY ANALIZY TRENDÓW I KONSTRUKCJA SCENARIUSZY STRUMIENI ODPADÓW NIEORGANICZNYCH SEKTORA CHEMICZNEGO

Streszczenie. Niniejszy rozdział poświęcony jest metodom wykorzystania wiedzy eksperckiej pozyskanej podczas analiz delfickiej i SWOTC oraz danych makroekonomicznych do analizy trendów i konstrukcji scenariuszy. Na potrzeby foresightu odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego została opracowana modyfikacja analizy trend-impact, nazywanej tu Warunkową Analizą Trendów (WAT), która dostosowana jest do zakresu i formy danych uzyskanych podczas analizy delfickiej. Następnie przedstawiamy zmodyfikowaną analizę cross-impact, która pozwala na eliminację niedociągnięć jej pierwotnej wersji oraz na jednolity sposób uwzględnienia w analizie trendów i zdarzeń oraz ich wzajemnych wpływów. W celu zastosowania tych metod do budowy scenariuszy, definiujemy scenariusz elementarny jako ciąg zdarzeń połączonych przejściami dyskretnymi lub opisywanymi przez trendy. Procedura budowy scenariuszy foresightowych polega wtedy na odpowiednim grupowaniu scenariuszy elementarnych.

Słowa kluczowe: foresight odpadów nieorganicznych, warunkowa analiza trendow, scenariusze elementarne, budowa scenariuszy ewolucja technologii

Abstract. In this chapter we present the methodological foundations of the trend analysis and scenario building for inorganic chemistry waste and technologies. We modify the well known trend impact and cross impact analysis in such a manner that it allows a uniform treatment of event, trends, and their mutual interferences. Then we define elementary scenarios which are sequences of events and trends. Applying clustering methods to the set of elementary scenarios derived from Delphi analysis and macroeconomic data, one can determine a small set of foresight scenarios. purposes and practical implications

Keywords: inorganic waste foresight, trend impact analysis, elementary scenarios, discrete event systems, technological evolution

ROZDZIAŁ 5

METODY PROGNOZOWANIA SCENARIUSZOWEGO RANKINGÓW

Streszczenie. W niniejszym rozdziale przedstawimy sformułowanie i rozwiązanie klasy wielokryterialnych problemów decyzyjnych, pojawiających się podczas wyznaczania rankingów kluczowych technologii lub celów strategicznych. Rankingi takie są konstruowane w procesach planowania strategicznego w różnej skali przy pomocy metod wielokryterialnych z wykorzystaniem rezultatów foresightu technologicznego, a następnie stosowane jako główny element modelu preferencji w procedurach alokacji środków na inwestycje lub badania technologiczne. Istniejące modele priorytetów technologicznych, opierają się na założeniu stałości rankingu w okresie prognozowania, co niezgodne jest z naczelną ideą foresightu, jaką jest budowa modelu antycypacyjnego badanego obiektu (technologii, sektora gospodarki, przedsiębiorstwa itp.). Założenie statyczności rankingu prowadzić może także do błędnych wniosków dotyczących jego finansowych implikacji. W Sekcji 3 przedstawimy oparty na metodach programowania dynamicznego sposób praktycznej konstrukcji dynamicznych rankingów priorytetów uwzględniających scenariusze foresightowe. Wskażemy też, jakie działania należy podjąć w przypadku, gdy priorytety ulegają zmianie w konsekwencji przyszłych zdarzeń, takich jak osiągnięcie niektórych z założonych celów planowania, czy też zmiana zewnętrznych warunków ekonomicznych. Innowacyjność metody dynamicznych rankingów polega także na tym, iż wpływ na zmienność rankingu zdarzeń tworzących przyszłe scenariusze oraz zdarzeń zewnętrznych wpływających na nie są elementami jednego wspólnego modelu. Stosując dla każdego horyzontu prognozowania statyczną metodę rankingową opartą na zbiorach odniesienia w przestrzeni wartości kryteriów oraz uwzględniając rekurencyjną zależność rankingów w kolejnych krokach prognozy, uzyskujemy ranking ważności priorytetów jako funkcję czasu. W końcowej części rozdziału przedstawimy zastosowania opisanej metodologii do konstrukcji metody przydziału środków na projekty technologiczne, odpornej – przy spełnieniu określonych założeń – na zmianę warunków zewnętrznych i spowodowane tym zmiany hierarchii priorytetów.

Słowa kluczowe: wielokryterialna analiza decyzji, alokacja zasobów, programowanie dynamiczne, rankingi, foresight technologiczny odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego

Abstract. This chapter is devoted to the elaboration of methodological foundations of forecasting models that may be applied to establish anticipated future rankings of key inorganic technologies from the point of view of their future environmental and economic impacts. We will also present the resulting practical approaches for rankings

arising in some relevant classes of multicriteria decision problems. Usually, such rankings are built in within strategic planning activities and rely on results of prior as well as simultaneous foresight exercises. The rankings of technological priorities can then be applied to allocate the organization's budget to different investment areas covered by the competences of the authorities concerned. Another common approach to apply the rankings is to define the temporal relevance of priorities, i.e. those ranked higher are considered first. We will show how the dynamic rankings can be constructed from forecasts or foresight results concerning the external circumstances, economical, social, and technological, using a dynamic programming model. The forecasting model presented in Secs. 5.3-5.5 contains the rules which govern the actions of the decision makers when a technological priority changes in a response to an external event or as a result of achieving certain goals. The novelty of the *dynamic priority ranking approach* (DPR) here presented consists a.o. in the fact that the mutual impacts of events forming and influencing future scenarios are taken into account in one model jointly. The forecasting results are visualised as a time-dependent relative priority importance chart showing the priorities on an ordinal scale. In Sec.5 we will provide an illustrative example of the real-life applications of the adaptive ranking methodology to rank key intervention areas in a foresight exercises, where the ranking forecasts have been derived using the reference-set-based outranking method. Using an assignment algorithm provided in Sec. 5, the results can be applied to assign funding to innovative technological projects.

Keywords: Multicriteria decision analysis, resource allocation, dynamic programming, rankings, technological foresight of inorganic waste

ROZDZIAŁ 6

WYZNACZANIE SCENARIUSZY ODPADÓW NIEORGANICZNYCH PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO W POLSCE DO ROKU 2030 NA PODSTAWIE WYNIKÓW ANALIZY DELFICKIEJ

Streszczenie. W rozdziale przedstawiono sposób opracowania scenariuszy dla odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego w Polsce do roku 2030 na podstawie badań ankiety Delphi oraz wieloletnich danych makroekonomicznych i danych GUS odnośnie przemysłu nieorganicznego w Polsce. Przez scenariusz należy rozumieć grupę (klastery) elementarnych scenariuszy, gdzie ich grupowanie dokonywane jest w oparciu o ustalone reguły podobieństwa (klasteryzacji).

Słowa kluczowe: scenariusze rozwoju, foresight technologiczny odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego

Abstract. This chapter describes the method of scenarios building for chemical industry inorganic waste up to 2030. They were prepared on the basis of the Delphi survey and long-term macro-economic data as well as GUS data for mineral industry in Poland. The scenario is the group (cluster) of elementary scenarios, which was clustering taking into account specified rules of similarity.

Keyword: development scenarios, inorganic wastes of chemical industry technology foresight

Dane liczbowe zawarte na początku opracowania pokazują, że bezodpadowe technologie są ciągle niedoścignionym celem, a perspektywy dla nich są odległe. Bieżącym wyzwaniem jest więc poszukiwanie rozwiązań maksymalizujących produkcję z jednoczesną minimalizacją emisji odpadów z istniejących procesów produkcyjnych.

W opisanych badaniach foresight użyto niezależnych kryteriów do opisu społecznych, ekonomicznych, ekologicznych i technologicznych celów strategicznych branży chemicznej, ze szczególnym uwzględnieniem odpadów nieorganicznych. Metoda SWOTC pozwoliła przejść od etapu gromadzenia danych i ocen eksperckich do etapu planowania strategicznego w obszarze legislacji, polityki naukowo-badawczej i rozwojowej. Przewidywano zdarzenia w przedziałach czasowych: do 2020, między 2020 a 2030 i po 2030 roku. Scenariusze opisane zostały w trzech wariantach: scenariusz intensywnego rozwoju, scenariusz stabilnego rozwoju i scenariusz turbulencji ekonomiczno-społecznych.

Opublikowane rekomendacje projektu są spójne z Narodową Strategią Spójności i innymi opracowaniami typu foresight, skierowane są do urzędów centralnych, ogólnych i branżowych oraz do władz regionów, które uczestniczą w alokacji środków wsparcia finansowego gospodarki. Również przedstawiciele i zarządzający branżą chemiczną i branżami pokrewnymi znajdą w opracowaniu inspirację do swoich działań o charakterze perspektywicznym.

Prof. dr hab. inż. Antoni W. Morawski

Projekt koncentruje się na analizie stanu i perspektywach rozwoju w zakresie do 2030 r. branży nieorganicznego przemysłu chemicznego. Tematyka wydaje się szczególnie dobrze wybrana ze względu na tradycje gospodarcze tej branży przemysłu w Polsce i jej aktualne znaczenie dla rozwoju kraju. W ramach tej branży wytwarzane są masowo takie chemikalia jak nawozy, będące podstawowym czynnikiem intensyfikacji produkcji rolniczej oraz podstawowe półprodukty chemiczne niezbędne w charakterze surowców dla wielu gałęzi przemysłu chemicznego, materiałów budowlanych, przemysłu hutniczego, maszynowego itp. jak kwasy nieorganiczne, zasady, sole techniczne.

W zakresie przewidywania długookresowego rozwoju branży produkcji chemikalií nieorganicznych założono możliwość zaistnienia trzech scenariuszy: intensywnego rozwoju; stabilnego wzrostu i turbulencji ekonomiczno-społecznych.

Realizacja tego projektu umożliwiła opracowanie bardzo cennej i przydatnej w przyszłości dokumentacji. Praca reprezentuje wysoki poziom w zakresie szczególnie dotyczącym zagadnień technologicznych stosowanych w procesach opartych na chemii nieorganicznej i ochronie środowiska.

Dr hab. inż. Józef Hoffmann, prof. PWR

ISBN 978-83-62108-12-1



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO

