

# Spis treści

|                |    |
|----------------|----|
| Przedmowa..... | 11 |
|----------------|----|

## 1. SZACOWANIE RYZYKA AWARII INSTALACJI PRZEMYSŁOWYCH

**Mieczysław Borysiewicz, Sławomir Potemski**

|  |    |
|--|----|
| 1.1. Mechanizmy powstawania awarii instalacji przemysłowych.....                   | 17 |
| 1.1.1. Specyfika powstawania awarii przemysłowych.....                             | 18 |
| 1.2. Zagadnienia rozpatrywane w ocenie ryzyka awarii instalacji przemysłowych..... | 28 |
| 1.2.1. Przegląd scenariuszy uwolnień.....  | 30 |
| 1.2.2. Prawdopodobieństwo wystąpienia scenariusza awaryjnego.....                  | 31 |
| 1.2.3. Skutki.....   | 33 |
| 1.2.4. Lista zadań oceny ryzyka awarii przemysłowych.....                          | 35 |
| 1.2.5. Ocena ryzyka awarii metodą analizy warstw zabezpieczeń (AWZ/LOPA).....      | 40 |

## 2. METODOLOGIA OCENY RYZYKA AWARII INSTALACJI PRZEMYSŁOWYCH W KONTEKŚCIE DYREKTYWY SEVESO II/III

**Mieczysław Borysiewicz, Piotr Kopka, Ewa Kowalik-Pilarska**

|   |     |
|---|-----|
| 2.1. Wstęp.....   | 51  |
| 2.2. Metodyka MIMAH.....  | 56  |
| 2.2.1. Metoda „muszki”.....   | 56  |
| 2.2.2. Zdarzenie krytyczne.....   | 57  |
| 2.2.3. Klasyfikacja.....  | 58  |
| 2.2.3.1. Klasyfikacja typów instalacji.....   | 58  |
| 2.2.3.2. Klasyfikacja stanów skupienia substancji.....  | 60  |
| 2.2.3.3. Klasyfikacja zwrotów ryzyka opisujących<br>właściwości niebezpieczne substancji..... | 60  |
| 2.2.4. Cel i założenia metodyki MIMAH.....  | 61  |
| 2.2.5. Etapy metodyki MIMAH.....  | 61  |
| 2.2.6. Podsumowanie metodyki MIMAH.....   | 85  |
| 2.2.7. Przykład zastosowania metodyki MIMAH.....  | 86  |
| 2.3. Metodyka MIRAS.....  | 95  |
| 2.3.1. Etapy metodyki MIRAS.....  | 95  |
| 2.3.2. Indeks ryzyka dotkliwości skutku.....  | 101 |
| 2.4. Modelowanie efektu domina.....   | 103 |
| 2.4.1. Podejście oparte na wartości progowej.....   | 103 |
| 2.4.2. Wektory eskalacji i mechanizmy uszkodzenia sprzętu.....                                | 106 |
| 2.4.2.1. Promieniowanie termiczne i działanie ognia od stacjonarnych pożarów.....             | 106 |
| 2.4.2.2. Promieniowanie termiczne i oddziaływanie ciepła od płomieni chwilowych.....          | 108 |
| 2.4.2.3. Fale uderzeniowe.....  | 109 |
| 2.4.2.4. Uderzenia odłamkami.....   | 110 |
| 2.4.2.5. Definicja i obliczanie wektorów eskalacji.....                                       | 111 |

|  |     |
|--|-----|
| 2.4.3. Kryteria intensywności stanów uszkodzeń i strat .....                 | 112 |
| 2.4.3.1. Pojęcie stanu uszkodzenia sprzętu .....                             | 112 |
| 2.4.3.2. Intensywność strat i stan uszkodzeń .....                           | 113 |
| 2.4.3.3. Pojęcie progę uszkodzenia .....                                     | 114 |
| 2.4.3.4. Pojęcie progę eskalacji .....                                       | 115 |
| 2.4.4. Progi uszkodzeń i eskalacji .....                                     | 117 |
| 2.4.4.1. Wartości progów uszkodzeń i eskalacji .....                         | 117 |
| 2.4.4.2. Progi uszkodzeń i eskalacji dla scenariuszy pożarów .....           | 117 |
| 2.4.4.3. Progi uszkodzeń i eskalacji dla scenariuszy fali uderzeniowej ..... | 118 |
| 2.4.4.4. Odłamkowanie .....  | 122 |
| 2.4.5. Podsumowanie efektu domina .....                                      | 123 |

### 3. MODELE ŹRÓDEŁ EMISJI

**Mieczysław Borysiewicz, Sławomir Potemski, Henryk Wojciechowicz**

|   |     |
|---|-----|
| 3.1. Koncepcja określania warunków źródłowych .....   | 125 |
| 3.1.1. Wstęp .....  | 125 |
| 3.1.2. Podstawowe źródła emisji .....   | 126 |
| 3.2. Charakterystyka źródła uwolnienia .....  | 128 |
| 3.2.1. Określanie warunków początkowych .....   | 128 |
| 3.2.2. Rodzaje uwolnień i parametry wypływu .....   | 129 |
| 3.3. Modelowanie wypływów .....   | 131 |
| 3.3.1. Wypływy jednofazowe .....  | 131 |
| 3.3.2. Wypływ dwufazowy z rury z uwzględnieniem tarcia .....  | 135 |
| 3.3.3. Formowanie rozlewiska .....  | 136 |
| 3.3.3.1. Wypływ z rurociągu .....   | 138 |
| 3.3.3.2. Wypływ dwufazowy z rury z uwzględnieniem tarcia .....  | 138 |
| 3.3.3.3. Obliczenia rozprężania od warunków przepływu dławionego<br>do ciśnienia atmosferycznego w przypadku wypływu ciągłego ..... | 141 |
| 3.3.4. Wypływy chwilowe .....   | 143 |
| 3.3.5. Modelowanie rozprężenia .....  | 143 |
| 3.3.6. Uwolnienie w budynku .....   | 144 |
| 3.3.7. Uwolnienia zmienne w czasie .....  | 145 |
| 3.3.8. Modelowanie dynamiki kropli dla obliczeń opadu deszczowego<br>substancji po uwolnieniach strumieniowych .....                | 146 |
| 3.4. Modelowanie wielkości rozlewiska .....   | 146 |
| 3.4.1. Rozlewiska na ziemi .....  | 146 |
| 3.4.2. Rozlewiska na wodzie .....   | 147 |
| 3.4.3. Czynniki powstrzymujące rozpyływanie .....   | 150 |
| 3.5. Parowanie rozlewiska .....   | 151 |
| 3.5.1. Wrzenie na ziemi .....   | 152 |
| 3.5.2. Parowanie na ziemi .....   | 153 |
| 3.5.3. Konwekcja na ziemi lub wodzie .....  | 154 |
| 3.5.4. Promieniowanie ciepłe .....  | 155 |
| 3.5.5. Wrzenie na wodzie .....  | 155 |
| 3.5.6. Brak tworzenia się lodu .....  | 156 |
| 3.5.7. Tworzenie się lodu .....   | 156 |

|   |     |
|---|-----|
| 3.5.8. Parowanie wody.....                                      | 157 |
| 3.5.9. Rozpuszczanie w wodzie .....                             | 158 |
| 3.5.10. Reakcja z wodą .....                                    | 160 |
| 3.6. Parowanie cieczy wieloskładnikowej .....                   | 160 |
| 3.6.1. Parowanie ze zbiornika cieczy wieloskładnikowej .....    | 160 |
| 3.6.2. Powiązanie parowania rozlewiska i dyspersji chmury ..... | 161 |
| 3.7. Błędy w oszacowaniach warunków źródłowych.....             | 162 |

#### 4. MODELE TRANSPORTU I DYSPERSJI W ATMOSFERZE

**Orest Dorosh, Piotr Kopka, Tomasz Kwiatkowski,  
Piotr Prusiński, Grzegorz Siess**

|   |     |
|---|-----|
| 4.1. Wprowadzenie dotyczące meteorologii oraz dyspersji atmosferycznej .....  | 165 |
| 4.1.1. Definicje pojęć i terminów .....   | 165 |
| 4.1.2. Miejska i przemysłowa wyspa ciepła .....   | 176 |
| 4.1.3. Silne ogrzewanie przeszkód przez słońce .....  | 176 |
| 4.1.4. Inwersja .....   | 176 |
| 4.1.5. Kategorie stabilności atmosfery używane do opisu turbulencji .....   | 177 |
| 4.1.6. Usuwanie przez wymywanie i reakcje chemiczne .....   | 179 |
| 4.1.7. Inżynieria podłoża .....   | 180 |
| 4.2. Przegląd dostępnych obecnie metod klasyfikacji współczynników<br>rozproszenia dla różnych typów powierzchni .....      | 184 |
| 4.2.1. Wprowadzenie do dyskusji o efektach właściwości powierzchni .....  | 185 |
| 4.2.2. Wykorzystanie prostego modelu rozpraszania Gaussa<br>do zrozumienia wpływu szorstkości .....                         | 187 |
| 4.2.3. Sytuacje, w których prędkość wiatru, stabilność, ukształtowanie<br>terenu różni się w czasie i/lub przestrzeni ..... | 189 |
| 4.2.4. Metody obliczania długości szorstkości powierzchni<br>i długości przemieszczenia w modelach rozpraszania .....       | 190 |
| 4.3. Trajektorie ruchu oraz porywanie strumieni pary lub gazu .....   | 192 |
| 4.3.1. Strumienie zdominowane pędem .....   | 193 |
| 4.3.2. Unoszące się gęste strumienie gazu .....   | 194 |
| 4.3.3. Chmury dodatnio pławne .....   | 197 |
| 4.4. Procesy związane z uwolnieniami gazu ciężkiego.....  | 198 |
| 4.5. Trójwymiarowe modele numeryczne dyspersji gazu ciężkiego .....   | 201 |
| 4.6. Transport i dyspersja w pobliżu budynków .....   | 204 |
| 4.6.1. Uwolnienie w „kanionie” .....  | 205 |
| 4.6.2. Koncentracja na ścianach budynków spowodowana uwolnieniami<br>z otworów wentylacyjnych .....                         | 206 |
| 4.6.3. Koncentracja na ścianie zawietrznej budynku spowodowana<br>uwolnieniem ze źródła znajdującego się na budynku.....    | 207 |
| 4.6.4. Inne efekty na budynkach.....  | 208 |
| 4.7. Modelowanie CFD.....   | 209 |
| 4.8. Modelowanie dyspersji w obszarze miejskim .....  | 219 |
| 4.8.1. Modelowanie obszarów miejskich w środowisku obliczeniowym QUIC .....   | 221 |
| 4.8.2. Model QUIC-URB.....  | 227 |

|   |     |
|---|-----|
| 4.8.3. Fizyka cząstek Lagrange'a w modelu QUIC-PLUME .....                | 228 |
| 4.9. Modelowanie dyspersji w obszarze przemysłowym .....                  | 233 |
| 4.10. Przegląd stosowanych modeli chmur par .....                         | 239 |
| 4.10.1. Przegląd narzędzi do modelowania gazów ciężkich .....             | 239 |
| 4.10.2. Narzędzia do analizy zgrubnej .....                               | 243 |
| 4.10.3. Modele pudełkowe .....  | 244 |
| 4.10.4. Modele smugowe dla stanu ustalonego .....                         | 246 |
| 4.10.5. Uogólnione modele smugowe dla stanu ustalonego .....              | 246 |
| 4.10.6. Jednowymiarowe modele smug wyniesionych .....                     | 247 |
| 4.10.7. Jedno- i dwuwymiarowe modele płytkiej warstwy .....               | 248 |
| 4.10.8. Modele trajektorii cząstek w ujęciu Lagrange'a .....              | 250 |
| 4.10.9. Dyspersyjny model kłębow gazu ciężkiego w ujęciu Lagrange'a ..... | 251 |
| 4.10.10. Narzędzia klasy CFD w ujęciu Euler RANS .....                    | 252 |
| 4.10.11. Narzędzia klasy CFD w ujęciu Euler LES .....                     | 254 |
| 4.10.12. Perspektywy dalszego rozwoju modeli gazów ciężkich .....         | 255 |

## 5. MODELE DYPERSJI SKAŻEŃ W ŚRODOWISKU WODNYM

**Mieczysław Borysiewicz, Sławomir Potemski**

|   |     |
|---|-----|
| 5.1. Wprowadzenie .....   | 259 |
| 5.2. Identyfikacja podstawowych procesów .....                        | 263 |
| 5.3. Ogólne podejście do modelowania transportu skażeń w wodach ..... | 266 |
| 5.4. Modelowanie transportu skażeń w wodach powierzchniowych .....    | 269 |
| 5.5. Modelowanie w gruncie i wodach podziemnych .....                 | 273 |
| 5.6. Przegląd programów komputerowych .....                           | 280 |
| 5.6.1. Modele trójwymiarowe .....                                     | 281 |
| 5.6.2. Modele dwuwymiarowe .....                                      | 291 |
| 5.6.3. Modele dwuwymiarowe o zmiennych x-y .....                      | 291 |
| 5.6.4. Jednowymiarowe modele korytowe .....                           | 292 |
| 5.6.5. Modele zerowymiarowe .....                                     | 295 |

## 6. METODY OBLICZEŃ LĄDOWYCH ROZLEWISK NAPL

**Mieczysław Borysiewicz**

|   |     |
|---|-----|
| 6.1. Wprowadzenie .....   | 297 |
| 6.1.1. Konceptualizacja modelu wycieku .....                          | 298 |
| 6.1.2. Rozlania a wycieki .....                                       | 300 |
| 6.1.3. Podmodele koncepcyjne modelu wycieku .....                     | 304 |
| 6.1.3.1. Model uwolnienia NAPL .....                                  | 304 |
| 6.1.3.2. Model przepływu lądowego .....                               | 304 |
| 6.1.3.3. Wielofazowy podpowierzchniowy symulator przepływu NAPL ..... | 305 |
| 6.1.3.4. Model stężenia NAPL na powierzchni .....                     | 306 |
| 6.2. Teoria kwantyfikacji wycieków .....                              | 307 |
| 6.2.1. Infiltracja cieczy niewodnych pod powierzchnią .....           | 308 |
| 6.2.1.1. Prawo Darcy'ego .....  | 308 |
| 6.2.1.2. Retencja płynów .....  | 309 |

|   |     |
|---|-----|
| 6.2.1.3. Infiltracja .....  | 312 |
| 6.2.1.4. Uproszczony model infiltracji .....                          | 313 |
| 6.2.2. Rozprzestrzenianie się na powierzchni .....                    | 313 |
| 6.2.2.1. Przepływ lądowy.....   | 313 |
| 6.2.2.2. Uproszczony model rozprzestrzeniania .....                   | 315 |
| 6.2.3. Zniknięcie wycieku .....                                       | 315 |
| 6.2.3.1. Drenaż NAPL.....   | 317 |
| 6.2.4. Utrata przez parowanie z powierzchni .....                     | 318 |
| 6.2.4.1. Odparowanie .....  | 318 |
| 6.2.5. Wietrzenia chemiczne rozlania .....                            | 320 |
| 6.2.5.1. Transformacja chemiczna .....                                | 320 |
| 6.2.5.2. Transformacja fotochemiczna .....                            | 321 |
| 6.2.5.3. Transformacja drobnoustrojów .....                           | 321 |
| 6.3. Wymagania dotyczące parametrów do modelowania wycieków .....     | 322 |
| 6.3.1. Właściwości płynu .....  | 322 |
| 6.3.1.1. Gęstość NAPL.....  | 322 |
| 6.3.1.2. Lepkość .....  | 323 |
| 6.3.1.3. Napięcie powierzchniowe.....                                 | 324 |
| 6.3.1.4. Napięcie międzyfazowe.....                                   | 324 |
| 6.3.1.5. Zwilżalność .....  | 324 |
| 6.3.1.6. Ciśnienie pary.....  | 324 |
| 6.3.1.7. Równanie fazowe .....  | 325 |
| 6.3.1.8. Rozpuszczalność .....  | 325 |
| 6.3.1.9. Nasycenie resztkowe .....                                    | 325 |
| 6.3.1.10. Dyfuzyjność powietrza .....                                 | 325 |
| 6.3.1.11. Stała Henry'ego .....                                       | 326 |
| 6.3.1.12. Współczynnik degradacji .....                               | 326 |
| 6.3.2. Właściwości nośników podpowierzchniowych .....                 | 326 |
| 6.3.2.1. Rodzaj gleby .....   | 327 |
| 6.3.2.2. Zawartość minerałów .....                                    | 328 |
| 6.3.2.3. Gęstość nasypowa.....  | 328 |
| 6.3.2.4. Porowatość.....  | 328 |
| 6.3.2.5. Zatrzymywanie wody w glebie .....                            | 328 |
| 6.3.2.6. Przepuszczalność wewnętrzna .....                            | 329 |
| 6.3.2.7. Rozkład wielkości ziarna .....                               | 330 |
| 6.3.2.8. Współczynnik dyfuzji pary.....                               | 330 |
| 6.3.3. Właściwości powierzchni terenu .....                           | 330 |
| 6.3.3.1. Topografia .....   | 330 |
| 6.3.3.2. Chropowatość.....  | 330 |
| 6.3.3.3. Makropory.....   | 331 |
| 6.3.3.4. Wiatr nad powierzchnią ziemi.....                            | 331 |
| 6.3.3.5. Pogoda .....   | 331 |
| 6.3.4. Źródła właściwości gleby.....                                  | 331 |
| 6.4. Dostępne modele wycieków .....                                   | 332 |
| 6.4.1. Model przesiewowy do rozprzestrzeniania powierzchniowego ..... | 332 |
| 6.4.2. Modele częściowe .....   | 333 |
| 6.4.2.1. Infiltracja niewodnych cieczy.....                           | 333 |
| 6.4.2.2. Rozprzestrzenianie się po powierzchni .....                  | 333 |
| 6.4.2.3. Tworzenie i rozprzestrzenianie się rozlewiska .....          | 333 |

|  |     |
|--|-----|
| 6.4.2.4. Odparowanie wycieków .....                            | 334 |
| 6.4.3. Rozlewisko i potrzeba sprzężenia modelu .....           | 334 |
| 6.4.4. Uproszczony model rozprzestrzeniania się wycieków ..... | 335 |
| 6.4.5. Dokładny model wycieku .....                            | 338 |
| 6.4.6. Chropowatość powierzchni .....                          | 340 |
| 6.5. Ograniczenia modelu .....                                 | 342 |
| 6.6. Wnioski dotyczące najnowszego modelowania wycieków .....  | 343 |

## 7. PALNOŚĆ

**Mieczysław Borysiewicz, Aleksey Kaszko**

|  |     |
|--|-----|
| 7.1. Granice palności .....                            | 347 |
| 7.1.1. Oszacowanie granicy palności .....              | 349 |
| 7.1.2. Granice palności dla mieszanek gazowych .....   | 350 |
| 7.1.3. Granice palności jako funkcja ciśnienia .....   | 350 |
| 7.1.4. Granice palności jako funkcja temperatury ..... | 351 |
| 7.1.5. Schematy zubożniania i palności .....           | 352 |
| 7.2. Temperatura zapłonu .....                         | 354 |
| 7.3. Temperatura samozapłonu .....                     | 355 |

## 8. WYBUCHY

**Mieczysław Borysiewicz, Aleksey Kaszko**

|   |     |
|---|-----|
| 8.1. Wprowadzenie .....   | 357 |
| 8.2. Wybuch chmury gazu w otwartej przestrzeni .....                                      | 362 |
| 8.2.1. Obliczenie maksymalnego nadciśnienia $\Delta p$ .....                              | 363 |
| 8.2.1.1. Deflagracja .....  | 363 |
| 8.2.1.2. Detonacja .....  | 364 |
| 8.2.2. Obliczenie czasu trwania fazy dodatniej $t_+$ .....                                | 364 |
| 8.2.2.1. Deflagracja .....  | 364 |
| 8.2.2.2. Detonacja .....  | 365 |
| 8.2.3. Model fali uderzeniowej dla wybuchu chmury gazu<br>w otwartej przestrzeni .....    | 366 |
| 8.2.3.1. Algorytm metody fali uderzeniowej .....  | 367 |
| 8.2.4. Model korelacji .....  | 367 |
| 8.2.4.1. Klasyfikacja na podstawie zawartości energii<br>w wybuchowej części chmury ..... | 369 |
| 8.2.4.2. Klasyfikacja typów gazu zgodnie z zachowaniem w trakcie wybuchu .....            | 369 |
| 8.2.4.3. Współczynnik wydajności .....  | 369 |
| 8.2.5. Określenie stref szkód .....   | 370 |
| 8.3. BLEVE .....  | 371 |
| 8.3.1. Mechanizm BLEVE .....  | 374 |
| 8.3.2. Przegrzanie cieczy .....   | 377 |
| 8.3.3. Graniczna temperatura przegrzania .....  | 379 |
| 8.3.4. Graniczna temperatura przegrzania z bilansu energetycznego .....                   | 383 |
| 8.4. Kiedy występuje BLEVE? .....   | 386 |

|  |     |
|--|-----|
| 8.5. Model wybuchu TNT.....                      | 387 |
| 8.5.1. Wyznaczenie ładunku równoważnika TNT..... | 387 |
| 8.5.2. Metoda wybuchu multienergetycznego .....  | 391 |

## 9. MODELE SKUTKÓW

**Anna Wawrzyńczak**

|  |     |
|--|-----|
| 9.1. Wstęp .....   | 395 |
| 9.2. Funkcje odpowiedzi na dawkę i funkcje probitowe ..... | 396 |
| 9.2.1. Funkcje odpowiedzi na dawkę.....                    | 396 |
| 9.2.2. Funkcje probitowe .....                             | 398 |
| 9.3. Modele skutków w przypadku gazów toksycznych .....    | 400 |
| 9.4. Modele skutków w przypadku efektów termicznych.....   | 403 |
| 9.5. Modele skutków w przypadku eksplozji .....            | 408 |

## 10. ILOŚCIOWE METODY SZACOWANIA RYZYKA

**Anna Wawrzyńczak**

|   |     |
|---|-----|
| 10.1. Wstęp .....   | 415 |
| 10.2. Ryzyko lokalne .....  | 418 |
| 10.2.1. Wyznaczenie ryzyka lokalnego w wyniku dyspersji substancji toksycznej ..... | 419 |
| 10.3. Ryzyko indywidualne .....   | 422 |
| 10.4. Ryzyko społeczne.....   | 425 |
| 10.4.1. Wyznaczanie przykładowej krzywej F-N .....                                  | 427 |
| 10.4.2. Definiowanie kryteriów ryzyka z wykorzystaniem krzywej F-N'.....            | 429 |

## 11. RYZYKO ŚRODOWISKOWE

**Mieczysław Borysiewicz, Grzegorz Siess**

|  |     |
|--|-----|
| 11.1. Wstęp .....  | 431 |
| 11.2. Metody oceny ryzyka środowiskowego.....  | 432 |
| 11.3. Substancje powstające w trakcie poważnej awarii .....                          | 439 |
| 11.3.1. Metody teoretyczne.....  | 440 |
| 11.3.2. Metoda grupowania .....  | 441 |
| 11.3.3. Metoda prognozowania .....   | 441 |
| 11.3.4. Metody eksperymentalne .....   | 442 |
| 11.4. Ogólne zasady podatności i reakcji środowiska.....                             | 443 |
| 11.5. Identyfikacja poważnych zagrożeń awaryjnych: przykłady, kryteria i progi ..... | 448 |
| 11.6. Ocena ryzyka środowiskowego .....  | 452 |
| 11.6.1. Dane i informacje na potrzeby oceny ryzyka .....                             | 455 |
| 11.6.2. Identyfikacja zagrożeń.....  | 457 |
| 11.6.3. Zdarzenie początkujące / analiza przyczyn .....                              | 457 |
| 11.6.4. Wykaz potencjalnych scenariuszy awarii .....                                 | 459 |
| 11.6.5. Analiza częstości awarii.....  | 461 |
| 11.6.6. Szacowanie ryzyka .....  | 464 |
| 11.6.7. Zapobieganie, kontrola i eliminacja awarii.....                              | 467 |
| 11.6.8. Skutki awarii .....  | 468 |

|   |     |
|---|-----|
| 11.6.9. Przedstawianie wyników analizy ryzyka środowiskowego .....                      | 471 |
| 11.7. Kryteria akceptacji ryzyka .....  | 472 |
| 11.8. Tolerancja ryzyka środowiskowego w przypadku poważnych awarii przemysłowych ..... | 477 |
| 11.9. Ocena i wybór środków zarządzania ryzykiem .....                                  | 480 |
| 11.10. Zagadnienia środowiskowe w uregulowaniach prawnych.....                          | 482 |

## **12. PRZYKŁAD ANALIZY RYZYKA INSTALACJI BAZY PALIW**

**Wojciech Wiśniewski**

|  |     |
|--|-----|
| 12.1. Opis zakładu .....   | 487 |
| 12.2. Klimat i dominujące warunki meteorologiczne w obszarze zakładu .....                   | 489 |
| 12.3. Zewnętrzne źródła zagrożeń .....   | 490 |
| 12.4. Opis instalacji magazynowania paliw (zbiorniki magazynowe).....                        | 491 |
| 12.5. Ogólny wykaz prowadzonych procesów technologicznych .....                              | 493 |
| 12.6. Wykaz warstw bezpieczeństwa.....   | 494 |
| 12.7. Środki bezpieczeństwa służące do ograniczenia skutków awaryjnych uwolnień.....         | 499 |
| 12.8. Opis substancji niebezpiecznych występujących w zakładzie .....                        | 500 |
| 12.9. Zagrożenia związane ze stosowanymi substancjami.....                                   | 501 |
| 12.10. Zagrożenia związane z operacjami rocesowymi oraz transportem wewnątrzzakładowym ..... | 502 |
| 12.11. Założenia do procesu szacowania poziomu ryzyka .....                                  | 503 |
| 12.12. Przyczyny wystąpienia poważnych awarii przemysłowych.....                             | 505 |
| 12.13. Zagrożenia efektem domino .....   | 507 |
| 12.14. Założenia do oceny szkód i prawdopodobieństwa wystąpienia awarii .....                | 508 |
| 12.15. Lista wytypowanych scenariuszy .....  | 517 |
| 12.16. Zestawienie prawdopodobieństwa wystąpienia scenariuszy .....                          | 519 |
| 12.17. Dane wejściowe do modelowania skutków uwolnień .....                                  | 521 |
| 12.18. Ocena zasięgu reprezentatywnych scenariuszy awaryjnych .....                          | 522 |
| 12.19. Ocena skutków reprezentatywnych scenariuszy awaryjnych.....                           | 523 |

### **DODATEK**

#### **Analiza ryzyka awarii instalacji przemysłowych**

|  |            |
|--|------------|
| <b>z wykorzystaniem prototypu systemu RAT-IF .....</b>                   | <b>527</b> |
| Mapowanie zakładu.....   | 528        |
| Analiza ryzyka dla zakładu .....   | 530        |
| Prezentacja wyników obliczeń modelu skutków scenariuszy awaryjnych ..... | 533        |
| Prezentacja rozkładu ryzyka lokalnego i indywidualnego .....             | 534        |
| Wyznaczanie bezpiecznej odległości od instalacji przemysłowych.....      | 535        |
| Podsumowanie .....   | 538        |

|                        |            |
|------------------------|------------|
| <b>Literatura.....</b> | <b>539</b> |
|------------------------|------------|

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| <b>Notki biograficzne.....</b> | <b>553</b> |
|--------------------------------|------------|