

ropejską projekt dyrektywy ustanawiającej ramy dla ochrony gleb oraz zmieniającej dyrektywę 2004/35/WE, widać wyraźnie, że niezbędna jest poważna debata, jakie rozwiązania systemowe w zakresie ochrony gleb powinny być przyjęte w Polsce.

Literatura

1. Dyrektywa Rady 2008/1/WE w sprawie zintegrowanego zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń.
2. Dz. U. L 334 z 17.12.2010 r., s. 17.
3. Dz. U. L 353 z 31.12.2008 r., s. 1.

Małgorzata TYPKO – Zastępca Dyrektora, Departament Ocen Oddziaływania na Środowisko, Ministerstwo Środowiska. Od 1998 r. do chwili obecnej pracownik Ministerstwa Środowiska. Początkowo główny specjalista, później radca ministra, następnie zastępca dyrektora Departamentu Instrumentów Środowiskowych, Departamentu Ocen Oddziaływania na Środowisko, obecnie zastępca dyrektora Departamentu Instrumentów Środowiskowych. W zakresie kompetencji m.in. dyrektywa IPPC. Absolwentka Politechniki Warszawskiej i Krajowej Szkoły Administracji Publicznej.

Zastosowanie QRA (Quantitative Risk Assessment) w praktyce ochrony środowiska w Europie i USA

Magdalena TRYBUCH, Jerzy KOŁŁAJTIS, Tomasz GALOCH – ENVIRON Poland, Warszawa

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2011, 65, 8, xx



Wstęp

Quantitative Risk Assessment (QRA) oznacza Ilościową Ocenę Ryzyka. Ocena/analiza ryzyka wraz z zarządzaniem ryzykiem są narzędziami służącymi do minimalizacji zagrożeń dla życia i zdrowia ludzkiego oraz dla ekosystemów – przy postępowaniu z zanieczyszczeniami środowiska. W szczególności mają one zastosowanie przy oczyszczaniu terenów zanieczyszczonych i rewitalizacji obszarów po długookresowym wykorzystaniu przemysłowym.

Celem QRA jest naukowo uzasadnione i szczegółowo (ilościowo) określone zaprojektowanie działań naprawczych tak, by były skuteczne, bezpieczne, efektywne kosztowo, przy jednoczesnym poszanowaniu wymagań prawnych, oraz czynników społecznych, kulturowych oraz etycznych (definicja na podstawie Amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska – EPA).

W prezentacji podczas Konferencji Trendy Ekorozwoju w Przemśle Chemicznym wykorzystano przykłady stosowania metodyk QRA w USA i Europie. W miarę możliwości podawano koszty wraz z porównaniem do realiów polskich.

Ważna informacja natury ogólnej: nie istnieje „ryzyko zerowe”, zawsze następuje etap, kiedy należy określić, jaki poziom ryzyka jest akceptowalny dla władz, społeczeństwa, obecnych i przyszłych użytkowników. Należy przy tym pamiętać, że brak akcji (np. ze względu na niemożność uzgodnienia akceptowalnego ryzyka końcowego) stanowi również czynnik ryzyka, który nie powinien być pomijany w analizie. Brak ustalenia akceptowalnego poziomu ryzyka czyni QRA bezcelową.

QRA według Amerykanów

W USA metodyka QRA została w sposób najobszerniejszy (w porównaniu z innymi krajami) opracowana i sformalizowana do postaci procedur. Wynika to z amerykańskich wymagań prawnych, a w szcze-

gólności związane jest amerykańską ustawą o odpowiedzialności środowiskowej (CERCLA – *Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act*, 1980-1986). Odpowiednikiem CERCLA w Europie jest Dyrektywa o Odpowiedzialności Środowiskowej (2005), w Polsce wdrożona jako ustawa o Zapobieganiu i Naprawie Szkód w Środowisku (2007).

W przypadku, gdy dany teren jest zanieczyszczony i podlega przepisom CERCLA, uruchamiany jest następujący algorytm działań:

- wstępna badanie terenu wraz z wstępną oceną zanieczyszczenia
- analiza konieczności wykonania oczyszczenia
- jeśli oczyszczanie jest konieczne – analiza wykonalności wraz ze wstępnym wyborem techniki oczyszczenia
- szczegółowe zaprojektowanie oczyszczenia oraz jego wykonanie
- zamknięcie procesu.

QRA jest wykorzystywane na każdym etapie; początkowo do ustalenia ryzyka dla populacji i ekosystemu (akceptowalne/nieakceptowane – decyzja o oczyszczaniu), następnie do ustalenia celów oczyszczenia (jaki stopień oczyszczenia pozwoli na obniżenie ryzyka do poziomu akceptowalnego), do zaprojektowania optymalnego sposobu oczyszczenia (te same efekty można uzyskać diametralnie różnymi środkami), do zapewnienia bezpiecznego wykonania oczyszczenia (minimalizacja ryzyka dla wykonawców), do monitoringu poprawności wykonywanych działań (oceny ryzyka uaktualniane danymi uzyskiwanymi w trakcie procesu) oraz do określenia, czy założone cele zostały osiągnięte (powykonawcza QRA).

QRA w Europie

W Europie nie ma jednolitego systemu wykonywania ocen ryzyka. W wielu krajach metodologie ewoluowały z wcześniej istniejących metodyk i uregulowań prawnych. Niektóre kraje adaptowały wprost lub w sposób uproszczony metodyki EPA (np. Czechy). Być może taka jednolita metodyka (wytyczne) zostanie utworzona przy okazji planowanej Ramowej Dyrektywy Ziemnej, ale na razie właśnie brak konsensusu pomiędzy państwami Unii Europejskiej powoduje, że nie wiadomo, czy i kiedy dyrektywa miałaby wejść w życie.

Polska jest jednym z ostatnich krajów Unii Europejskiej, gdzie nie ma formalnie zaakceptowanej metodyki analizy ryzyka przy rozstrzygnięciu kwestii oczyszczenia terenów zanieczyszczonych. Z dru-

giej strony, wydaje się, że pewne furtki zostały otwarte przy okazji uchwalania ustawy o szkodach i towarzyszących jej aktach wykonawczych. Jednak ostatecznie analiza ryzyka, jako akceptowalne narzędzie, nie zaistniała w sposób jednoznaczny.

Przykłady

Ze względu na poufność prezentowanych informacji, pewne dane (umożliwiające identyfikację poszczególnych przypadków) nie zostaną przedstawione. Prosimy o wyrozumiałość.

Przykład 1

Zakład stary (110 lat), ok. 3 ha powierzchni, historycznie część większej całości (ok. 10 ha). W ostatnim okresie (od lat 70. XX w.) przemysł maszynowy, od 2008 r. nieczynny. Wcześniej bardzo zróżnicowana działalność (m.in. drobny maszynowy, przetwórstwo drewna, składy magazynowe, emaliowanie i inne). Zakład położony w centrum miasta, na południowo-zachodniej granicy strefy przemysłowej, od zachodu i południa sąsiaduje bezpośrednio z zabudową mieszkaniową. Ze względu na gęstość zabudowy i planowanie przestrzenne, teren zakładu jest jedynym obszarem w okolicy do wykorzystania przemysłowego, pod warunkiem braku zagrożenia dla pracowników i okolicznych mieszkańców.

W okresie 1999-2002 (przy okazji zmiany właścicielskiej) wykonano badania zanieczyszczeń. Wykryto rozległe zanieczyszczenia produktami ropopochodnymi, chlorowanymi rozpuszczalnikami organicznymi, wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi oraz metalami ciężkimi. W szczególności, na powierzchni płytce warstwy wód podziemnych znajdował się wolny produkt olejowy. Plama obejmowała 40% powierzchni zakładu, lokalnie dochodziła do 50 cm grubości i migrowała poza granicę zakładu w kierunku pobliskiej rzeki. Zidentyfikowano również 3 źródłowe obszary zanieczyszczeń związane z historyczną działalnością.

Badania zostały zakończone w 2002 r. analizą ryzyka oraz projektem następujących działań naprawczych (zatwierdzonym przez władze):

- odpompowanie wolnego produktu (2 studnie)
- wykonanie nowych, szczelnych posadzek betonowych w obszarze zagrożonym emisją lotnych związków chloroorganicznych oraz naprawa i uszczelnienie posadzek w pozostałych obszarach źródłowych
- wykonanie gęstej siatki monitoringowej (12 stałych piezometrów, 4 badania rocznie) i kontrola sytuacji na terenie obiektu.

Pompowanie podstawowe wolnego produktu trwało 18 miesięcy (do 2004 r.), w okresie 2004-2008, wzrost stężeń w sieci monitoringu uruchomił 2 interwencyjne kampanie pompowania (każda po 3 miesiące). Oczyszczanie zostało zaaprobowane przez władze, z zastrzeżeniem konieczności utrzymania monitoringu w 7 piezometrach (2 razy w roku, co najmniej do 2020 r.).

W 2008 r., ENVIRON został poproszony przez potencjalnego nabywcę terenu o weryfikację historycznych badań i działań naprawczych, oraz przeprowadzenie niezależnej oceny stanu terenu. Badania obejmowały pobranie próbek ziemi z nowych odwiertów (30 punktów), pobranie próbek wody ze starych i nowowykonanych piezometrów (17), pobór próbek konstrukcji budynków (15) oraz analizę atmogeochemiczną na obecność chlorowanych związków organicznych (wszystkie otwory oraz obszary hal w rejonach źródłowych). Wykonane badania potwierdziły stan zgodny ze stanem docelowym w projekcie oczyszczania. W szczególności, wolny produkt wykryto tylko na obszarze ok. 500 m², grubość warstwy nie przekraczała 0,5-1 cm, nie wykryto zanieczyszczeń w piezometrach na granicy zakładu, a w piezometrach położonych centralnie zanieczyszczenia były na poziomie akceptowalnym. Nie wykryto chlorowanych związków organicznych w powietrzu wewnątrz hal, stężenie pomierzone w otworach prowadzących do obszaru źródłowego były na poziomie akceptowalnym.

Koszty

Koszt pełnego oczyszczania ziemi (z uwzględnieniem usunięcia części budowli) metodą *dig-and-dump* (czyli wywiezienie zanieczyszczonego materiału na odpowiednie składowiska) został oszacowany na 7-10 mln EUR. Koszt rzeczywisty działań podjętych w okresie 1999-2008 (wg danych uzyskanych od właściciela) wyniósł nieco ponad 1 mln EUR, z czego ponad 150 tys. EUR wyniosły koszty badań wstępnych, analizy ryzyka i późniejszego monitoringu. Koszty badań weryfikujących wykonanych przez ENVIRON wyniosły ok. 40 tys. EUR.

Uzyskano zamierzony efekt (przy założeniu dalszego przemysłowego wykorzystania terenu) bez konieczności intensywnych prac rozbiórkowych i ziemnych w gęsto zabudowanym terenie, uniknięto transportu materiałów zanieczyszczonych (za wyjątkiem odpompowanej zanieczyszczonej wody) i składowania ich na wysypisku. Pozostaje obowiązek monitoringu do 2020 r. (gdyma nastąpić kolejna weryfikacja programu).

Przykład 2

Zakład stary (130 lat), obecnie ok. 20 ha powierzchni (odpowiada oryginalnej powierzchni zakładu), historycznie powierzchnia zakładu (lata 1940-1990) dochodziła do 40 ha. Oryginalnie zakład z branży petrochemicznej, w latach międzywojennych rafineria, zniszczony (bombardowania) w okresie wojny w 75%. Częściowo odbudowany po wojnie, od lat 70. XX w. zaczął podupadać. W ostatnich latach (2008-2009) produkcja asfaltów oraz magazynowanie i konfekcjonowanie olei (wyprodukowanych w innym zakładzie). Według ostatnich informacji, obecnie nieczynny.

Oryginalnie zakład zbudowany na peryferiach miasta, obecnie wchłonięty przez strefę usługowo-przemysłową pomiędzy rozrastającymi się dzielnicami mieszkalnymi. Budowa nowych dróg pod koniec XX w. odcięła również peryferyjne tereny zakładu. Plan zagospodarowania przestrzennego nie dopuszcza w tym miejscu zabudowy mieszkaniowej. Akceptuje istniejącą zabudowę przemysłową, preferowana nowa zabudowa powinna obejmować usługi i tereny składowe. Ze względu na tereny handlu i usług zbudowane w bezpośrednim sąsiedztwie (w tym na byłych terenach zakładu), teren części zakładu byłby cennym miejscem na budowę dalszych usług handlowych lub logistyczno-składowych. Część produkcyjna zakładu (wg danych z 2009 r.) zajmowałaby 30-50% obecnej powierzchni.

Główne zanieczyszczenia na terenie zakładu powstały w trakcie działań wojennych oraz w okresie odbudowy (m.in. zanieczyszczony gruz ze zniszczonych instalacji został wykorzystany do prac ziemnych). Próby wykonania oczyszczania terenu były podejmowane od lat 70. XX w., ale ogromny zasięg zanieczyszczeń, niepewna przyszłość zakładu (w tym częste zmiany własnościowe) powodowały brak działań. Pierwsze decyzje o oczyszczaniu były podjęte w latach 90. XX w.; tym razem doszło do porozumienia z władzami i ówczesnym właścicielem w kwestii wspólnego pokrycia kosztów. Od 1994 r. rozpoczęto oczyszczanie terenów peryferyjnych zakładu, które następnie zmieniły właściciela i zostały zabudowane obiektami handlowo-usługowymi. Rozpoczęto również odpompowywanie wolnego produktu z terenu głównego zakładu.

Główny teren zakładu został dokładnie przebadany w 2002 r. Wykonano odwierty, pobór oraz analizę próbek wód podziemnych z 80. lokalizacji, pobór próbek ziemi (ok. 140), analizę powietrza z odwiertów, pobór próbek ścieków oraz wód powierzchniowych (pobliski strumień oraz rzeka na kierunku spływu), a także pobór i analizę fragmentów konstrukcji wybranych budynków. Wykryto 24 ogniska zanieczyszczeń. Najistotniejsze, to tereny po dawnych zbiornikach, tereny zasypane gruzem po zniszczonych instalacjach, bocznicą kolejową do przeładunku produktów naftowych, historyczne przepompownie oraz część ocalałych budynków przedwojennych składow petrochemicznych. Wiek pochodzenia zanieczyszczeń, to lata 1940-1970. Wykryte zanieczyszczenia, to oleje mineralne,

rozpuszczalniki aromatyczne (BTX), chlorowane związki organiczne oraz fenole. Wolny produkt o grubości 0,5-1,5 m obejmował na początku lat 90. XX w. ok. 80% terenu głównego, w 2002 r. zweryfikowano to na ok. 50-60%.

Na podstawie badań z 2002 r. i wcześniejszych, wykonano analizę ryzyka. Analiza ryzyka zakładała dalsze przemysłowe lub usługowe wykorzystanie terenu. Założono, że istniejące obiekty budowlane pozostaną do dalszego wykorzystania, jeśli QRA nie wykaże nadmiernego ryzyka zdrowotnego dla pracowników. Za najistotniejsze z punktu widzenia ryzyka ekologicznego uznano niedopuszczenie do zanieczyszczenia pobliskiej rzeki wskutek migracji zanieczyszczeń pod ziemią.

QRA (zatwierdzona przez władze) wykazała, że aby spełnić takie warunki, należy oczyścić na terenie zakładu dwa obszary zanieczyszczenia ziemi, a jeden kompleks budynków musi zostać rozebrany i usunięty. Należy również docelowo usunąć wolny produkt unoszący się na wodach podziemnych i odciąć przepływ wód do pobliskiej rzeki. Poza obecnie wykorzystywanym terenem zakładu, oczyszczania wymagają także trzy działki.

Istniejące studnie do odpompowania wolnego produktu zostały przebudowane, a ich liczba zwiększona (do 10). Ich reżim funkcjonowania został zmieniony tak, żeby stworzyć barierę hydrauliczną. Odpompowane wody trafiają na oczyszczalnię ścieków. W okresie 2003-2009, rocznie odseparowywano ok. 50 ton olei z odpompowywanych wód. Jako stężenie docelowe olei w ziemi na terenie zakładu ustalono 10 000 mg/kg suchej masy (dla porównania, polskie standardy dopuszczają dla analogicznych terenów od 1000 do 3000 mg/kg s.m.).

Dalsze komplikacje w kwestiach własnościowych oraz z wybo-ru wykonawcy spowodowały, że większość planowanych działań nie przekroczyła etapu projektu, albo wstępnych przygotowań.

Koszty

Oryginalny budżet (2002) był planowany na ok. 50 mln EUR, jednak dodatkowe badania, urealnienie kosztów oraz opóźnienia w projekcie spowodowały, że w 2009 r. oszacowano nowy budżet na 62-144 mln EUR (wg firmy nadzorującej obecne oczyszczanie). Niezależne oszacowanie przez ENVIRON dla realistycznego, najgorszego scenariusza – 130 mln EUR. Do tej pory wydano ok. 14 mln EUR (bariera hydrauliczna, oczyszczenie 2 z 3 działek poza terenem zakładu).

Oszacowano również potencjalny koszt oczyszczenia wszystkich pozostałych terenów zakładu (co obejmowało konieczność dodatkowych badań i rozbiorę budynków), na ok. 100-400 mln EUR extra (wg firmy nadzorującej obecne oczyszczanie). Niezależne oszacowanie przez ENVIRON dla realistycznego najgorszego scenariusza skalkulowano na 150-200 mln EUR ponad koszty działań zaplanowanych w wyniku analizy ryzyka.

Analiza ryzyka pozwoliła więc na zdefiniowanie „niezbędnych działań” z punktu widzenia zdrowotnego i środowiskowego; poniesione (i planowane) koszty są znaczne, ale możliwe do zdefiniowania i zaakceptowania. Jeśli zastosowałoby się aktualne przepisy polskie, przedsięwzięcie nie miałoby szans powodzenia, ani z punktu widzenia ekonomicznego, ani środowiskowego.

Magdalena TRYBUCH jest dyrektorem ENVIRON Poland Sp. z o.o. Jest specjalistą w zakresie gospodarki odpadowej oraz wodno-ściekowej z ponad 25-letnią praktyką w sektorze publicznym i prywatnym, oraz szczególnymi doświadczeniami technicznymi, ekonomicznymi i organizacyjnymi w dziedzinie specjalizacji. Od 1994 r. do końca 2003 r. była związana z ERM Polska, a od stycznia 2004 r. jest stałym pracownikiem firmy ENVIRON Poland Sp. z o.o. Specjalizuje się w audytach środowiskowych, doradztwie technicznym w zakresie gospodarki wodnej i ściekowej, gospodarki odpadami, badaniach polityki ekologicznej oraz szkoleniach środowiskowych.

Jerzy A. KOŁŁAJTIS ukończył studia na Wydziale Inżynierii Sanitarnej i Wodnej Politechniki Warszawskiej (1979) i na Wydziale Inżynierii Środowiska Notre Dame w Indianie, USA (1983). W latach 1983-1985 pracował w USA jako niezależny konsultant dla firm Hercules, Inc. i Biomechanics Ltd., a w latach 1985-2003 w Environmental Resources Management w USA i w Polsce. Od stycznia 2004 r. jest Prezesem firmy ENVIRON Poland Sp. z o.o. Jest członkiem amerykańskich organizacji branżowych: Water Environment, American Water Association i American Society of Civil Engineers.

Tomasz GALOCH jest inżynierem środowiska ukierunkowanym na zastosowanie komputerowych metod matematycznych oraz zarządzanie informacją w ochronie środowiska. Posiada 10-letnie doświadczenia w pracach badawczo-rozwojowych w sektorze ochrony środowiska i technologii informatycznych. Specjalizuje się w modelowaniu matematycznym, ocenach oddziaływania na środowisko oraz ilościowej analizie ryzyka. Zdobył znaczące doświadczenie w pracach przy systemach wspomaganych komputerowo (projektowanie, tworzenie, obsługa) dla ochrony środowiska. Studia magisterskie ukończył w 1996 r., natomiast w lipcu 2005 r. obronił doktorat.

W IChF PAN określono warunki przyspieszonej separacji mieszaniny polimerów i ciekłych kryształów

Separację składników w niejednorodnych mieszaninach można przyspieszyć nawet tysiąckrotnie za pomocą zmiennego pola elektrycznego o odpowiedniej częstotliwości. Efekt zaprezentowała doktorantka Natalia Ziębacz z IChF PAN. W Instytucie Chemii Fizycznej PAN zbadano, w jaki sposób zewnętrzne pole elektryczne wpływa na tempo separacji składników w mieszaninach złożonych z polimerów i ciekłych kryształów oraz z samych polimerów różnych typów. Zebrane obserwacje otwierają ciekawe możliwości m.in. przy tworzeniu nowych materiałów kompozytowych. Naukowcy z Instytutu Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk (IChF PAN) w Warszawie przeanalizowali zachowanie mieszanin tego typu poddanych działaniu zewnętrznego, zmiennego pola elektrycznego. Udało się precyzyjnie określić warunki sprzyjające nawet tysiąckrotnemu przyspieszeniu procesu separacji składników badanych mieszanin. Efektywność procesu separacji składników badanych mieszanin silnie zależała od częstotliwości przyłożonego pola elektrycznego. Zdaniem naukowców z IChF PAN, kontrolowanie tempa procesu separacji w tak dużym przedziale czasowym, obejmującym aż trzy rzędy wielkości, otwiera drogę do interesujących zastosowań. Badania zostały sfinansowane z grantów Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, programu TEAM Fundacji na rzecz Nauki Polskiej oraz European Science Foundation.

(<http://www.naukawpolsce.pap.pl,13.07.2011>)