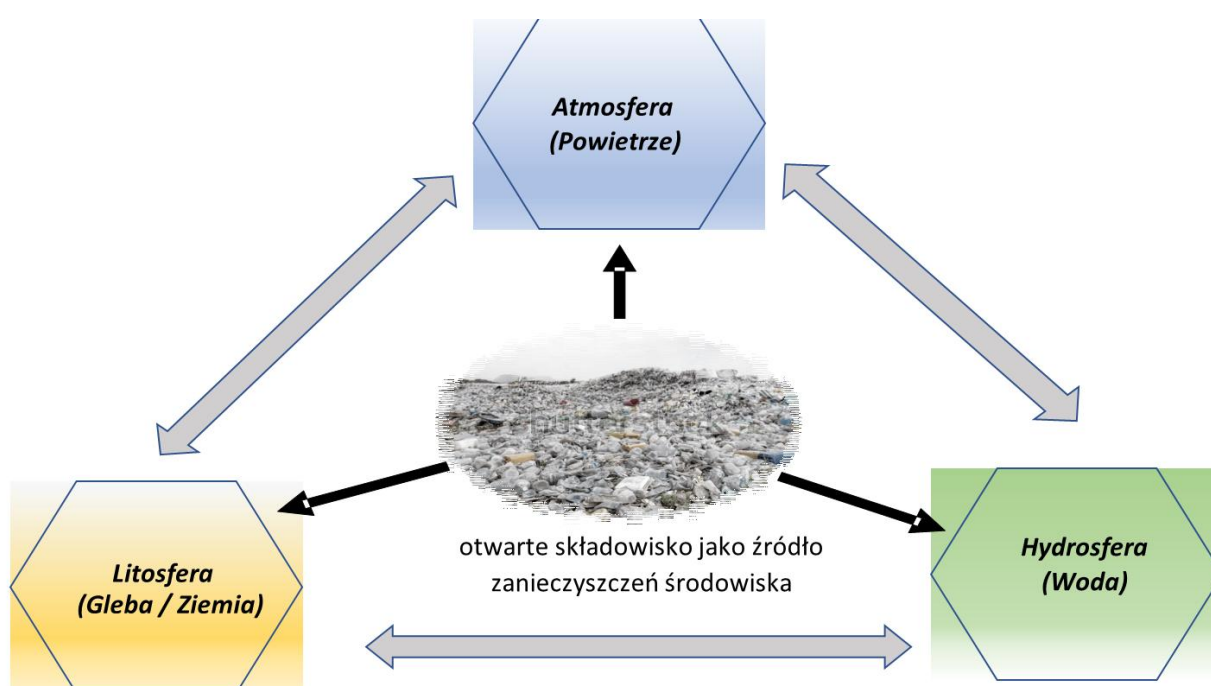
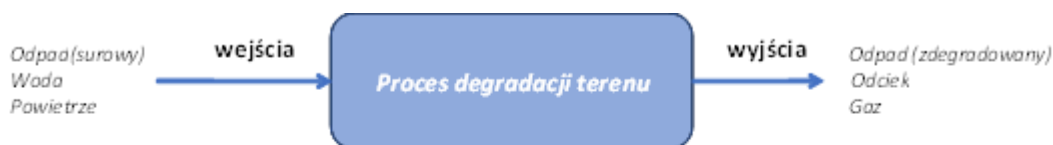


OCENA RYZYKA I ŚRODKI BEZPIECZEŃSTWA

8.1 Wprowadzenie

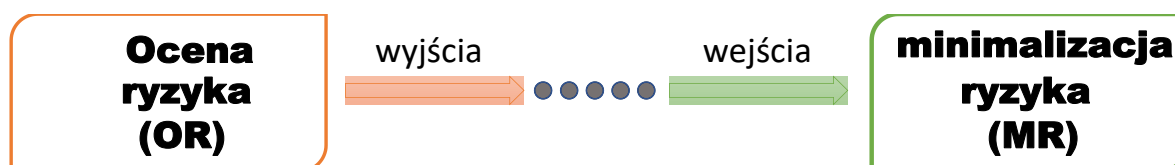
Szybki rozwój ludności i urbanizacja spowodowały powstawanie ogromnych ilości stałych odpadów komunalnych (SOK), a także pogorszenie stanu środowiska naturalnego. Z jednej strony zintegrowana gospodarka odpadami wymaga bezpiecznej i zrównoważonej utylizacji stałych odpadów komunalnych. Z drugiej strony, nieuporządkowane składowanie stałych odpadów komunalnych, które występuje w około trzech czwartych krajów i terytoriów świata, jest prymitywną formą utylizacji odpadów. Są one narażone na otwarte spalanie, działanie osób grzebiących w odpadach, przyczyniają się do zanieczyszczenia wód gruntowych, oraz transmisję chorób. Nieuporządkowane składowiska szkodzą środowisku (rysunek 8.1).





Rysunek 8.1. Najważniejsze lokalizacje środowiskowe i ścieżki dla zagrożeń (otwartych składowisk), przez które mogą przejść (A), a także wejścia i wyjścia procesu degradacji na otwartym składowisku (B).

Można zidentyfikować kilka kluczowych problemów związanych z otwartymi wysypiskami, takich jak brak przykrycia, zbierania i oczyszczania odcieków, niewystarczające zagęszczenie, złe zaprojektowanie terenu itp. (Butt et al., 2008). Rosnące obawy dotyczące zdrowia publicznego, jakości środowiska i ryzyka związanego z istniejącymi otwartymi wysypiskami wymagają zintegrowanego podejścia do ich długoterminowego zarządzania (Sexton & Hattis, 2007). Ocena ryzyka zdrowotnego i środowiskowego wysypisk może pomóc w ustaleniu priorytetów, planowaniu i realizacji rekultywacji wysypisk. Identyfikacja zmiennych ryzyka, które są przedmiotem zainteresowania, pozwoli społeczności skupić wysiłki na zmniejszeniu potencjału zagrożenia składowiska, jak również jego kosztów (Rysunek 8.2).



Rysunek 8.2. Zależność między oceną i minimalizacją ryzyka.

8.2. Metodologia oceny ryzyka

Ocena ryzyka szacuje możliwość wystąpienia zdarzenia, jak również konsekwencje tego zdarzenia. Jest to metoda określania i oceny rodzaju, wpływu i poziomu narażenia, na jakie może być narażony receptor w związku z określonym zagrożeniem. Zagrożenie dla środowiska to zdarzenie lub trwający proces, którego urzeczywistnienie spowoduje sytuacje mogące potencjalnie pogorszyć jakość środowiska w sposób bezpośredni lub pośredni.

8.2.1. Tworzenie modelu koncepcyjnego

Każda ocena skumulowanych skutków różnych czynników, takich jak te związane z otwartymi wysypiskami, wymaga stworzenia modelu koncepcyjnego. Dla dokładnej oceny ekologicznej, zwykle stosuje się wizualne przedstawienie czynników, jak również ich bezpośrednich i niezamierzonych konsekwencji (Menzie et al., 2007). Ze względu na złożoność oceny wielu czynników, zrównoważenie informacji i jasności w ramach modelu konceptualnego jest głównym problemem. Stosowanie wielu modeli jest jedną z metod osiągnięcia tej równowagi. Inną opcją jest zastosowanie interaktywnych symulacji *in silico*, które mogą być rozszerzone i wykorzystane do przedstawienia zarysu problemu, jak również szczegółowych informacji związanych z konkretną analizą.

Ścieżka to kierunek, w którym porusza się cząsteczka wody, lek lub zanieczyszczenie w środowisku, wchodząc w kontakt z receptorem lub oddziałując na niego w inny sposób. Aby istniało ryzyko, musi istnieć źródło zagrożenia, przewód i receptor. Na tym założeniu opiera się koncepcja Źródło-Ścieżka-Receptor (Ź-Ś-R) w zarządzaniu środowiskiem.

Ponadto model koncepcyjny jest przydatny przy ustalaniu zakresu wszelkich badań, ponieważ pozwala zidentyfikować miejsca/działania o największym zagrożeniu dla środowiska, a także powiązania Ź-Ś-R, które wiążą się z największym ryzykiem.

Oceny ryzyka ma wpływ na proces podejmowania decyzji. Kiedy opracowywana jest strategia łagodzenia wszelkich potencjalnych zagrożeń, jest obowiązkowo identyfikowana w modelu koncepcyjnym. Szczegółowe informacje zebrane w trakcie dochodzenia pomogą określić zakres wymaganych działań w zakresie zarządzania ryzykiem, co może obejmować zablokowanie ścieżki, usunięcie źródła lub monitorowanie receptora w niektórych okolicznościach (Mohd & Che, 2019).

8.2.2. Identyfikacja wspólnych receptorów i punktów końcowych

Identyfikacja wspólnych receptorów i punktów końcowych jest zwykle wykorzystywana do grupowania i analizowania połączonych oddziaływań różnych czynników, a także określania sposobu interakcji między czynnikami i efektami. Termin "punkt końcowy oceny" odnosi się do wyniku połączenia receptorów i punktów końcowych, skutków. Jednostki, społeczności i populacje są najbardziej rozpowszechnionymi receptorami ludzkimi i ekologicznymi. Ocena wielu czynników w ocenie ryzyka dla zdrowia ludzkiego może często dotyczyć konkretnej

populacji pracowników lub konkretnego sąsiedztwa. Receptory w ocenach ekologicznych lub środowiskowych mogą obejmować siedliska, konkretne systemy ekologiczne lub większe regiony. Procesy ekologiczne, takie jak sekwestracja węgla przez oceany czy lasy, lub obieg azotu, są przykładami receptorów (Solomon et al., 2016).

Oceniany stan określany jest jako cel końcowy. Może on być określony jako częstotliwość, wskaźnik lub stan cech receptora. Śmiertelność, występowanie choroby, takiej jak rak lub astma, konsekwencje reprodukcyjne lub rozwojowe, zmiany w populacjach i siedliskach to tylko kilka przykładów. W łącznej ocenie skutków można zastosować jeden lub więcej punktów końcowych oceny.

Punkty końcowe oceny muszą być wybrane i przekazane w sposób, który jest charakterystyczny dla ocenianych problemów, a jednocześnie pozwala na agregację połączonych wpływów wielu czynników (Menzie et al., 2007). Wymóg ten stanie się bardziej oczywisty w miarę jak punkty końcowe oceny będą coraz bardziej zdefiniowane. Posiadanie wielu odrębnych punktów końcowych oceny (wraz z odpowiednimi ocenami połączonych skutków) jest korzystniejsze niż przeprowadzanie tylko jednej kompleksowej oceny.

8.2.3. Podejście etapowe

W ocenach ryzyka powszechnie stosuje się podejścia etapowe, czasami znane jako oceny "wielostopniowe" lub "iteracyjne" (Kodeks postępowania; EPA 2007). Równoważą one zasoby z celem, zmniejszając w ten sposób niepewność w ocenach ryzyka. Ocena połączonych skutków wielu czynników może być trudna. Jest to szczególnie prawdziwe, gdy dodatkowe czynniki są włączone do oceny i pożądanym jest kompleksowy zakres efektów i interakcji. Problem ten jest analizowany z punktu widzenia wartości dodanej danych dla procesu podejmowania decyzji. W rezultacie proponowana jest strategia, która zaczyna się tak prosto, jak to możliwe, a jednocześnie pozostaje tak szczegółowa, jak jest to dopuszczalne w danej sytuacji. Dopiero tak pogłębiona, bardziej wyrafinowana analiza jest wymagana do zróżnicowania ryzyka na poziomie odpowiednim do podejmowania decyzji przez kierownictwo.

Rozpoznanie podstawowych aspektów, które powinny być uwzględnione w ocenie od samego początku, jest ważnym aspektem podejścia etapowego. Oferuje to szerokie podejście koncepcyjne, jak również podejmuje wysiłek w celu uszeregowania względnego znaczenia różnych czynników. Model koncepcyjny może być wykorzystany do podkreślenia odpowiedniego znaczenia wzorców czynników i ścieżek, jak również śledzenia licznych ścieżek

narażenia i wzajemnych powiązań. Możliwe jest przedstawienie zakresu problemu przy jednoczesnym skupieniu się na jego kluczowych cechach.

Poniżej przedstawiono elementy podejścia etapowego:

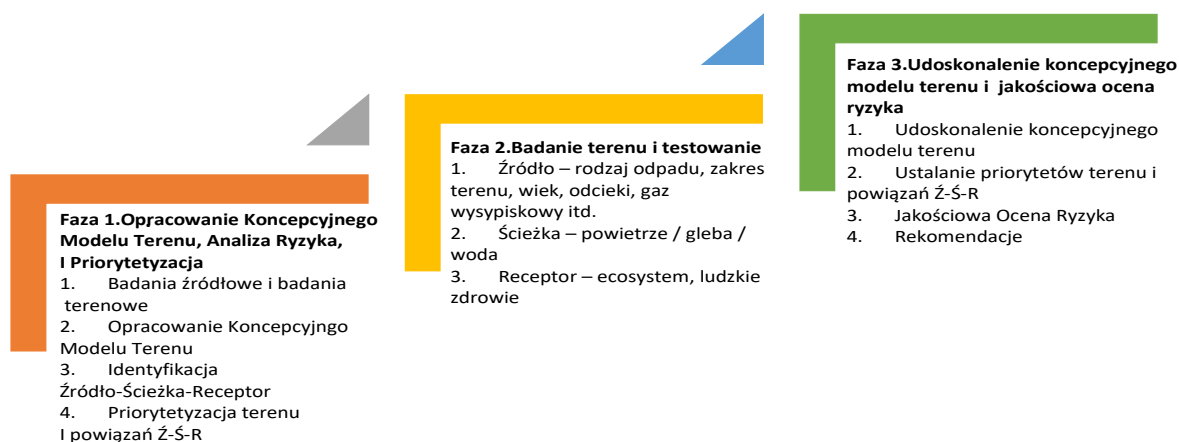
- Opracowanie modelu koncepcyjnego, który obejmuje wszystkie ważne stresory i wyjaśnia, jak mogą one na siebie oddziaływać (rysunek 8.3).
- Oddzielenie stresorów, aby uzyskać rozsądne i możliwe do przetworzenia informacje, które pozwolą rozwiązać problem. Inne stresory i ścieżki mogą być zawarte w modelu koncepcyjnym, ale wysiłki koncentrują się na badaniu wzorców stresorów i ścieżek, które uważa się za mające największy wpływ.
- Zbadanie specyficznych efektów każdego stresora, aby sprawdzić, czy któryś z nich najlepiej przyczynia się do efektu(ów) zainteresowania.
- Identyfikacja nakładania się efektów i potencjalnych stresorów, na przykład badanie ich cechy lub powiązania czasowego i przestrzennego. Ponadto skumulowane oddziaływania stresorów również podlegają ocenie (np. synergizm lub antagonizm).
- W zależności od dostępnych informacji, ocena skumulowanych skutków stresorów.
- Kluczowe znaczenie ma ponowne rozważenie wszystkich kluczowych kroków na pośrednich etapach oceny. Zapewnia to, że główne stresory, czynniki wpływające i punkty końcowe są brane pod uwagę. W ten sposób można dobrze scharakteryzować wspólne skutki i główne zagrożenia w zakresie, na jaki pozwala istniejąca wiedza. Podejście to może być z powodzeniem stosowane zarówno w ocenach opartych na skutkach, jak i na stresorach.

Punktem wyjścia dla ocen opartych na efektach są skutki, których dotyczy problem. Zwiększone wskaźniki zachorowań na raka lub inne problemy zdrowotne w społeczności, zmiany w faunie i florze rzeki lub lasu są przykładami takich skutków. Może występować jeden lub więcej stresorów, a następujące formy informacji są przydatne dla decyzji dotyczących zarządzania:

- Identyfikacja stresorów, które przyczyniają się do zgłaszanych skutków.
- Informacje o tym, jak stresory, osobno lub w połączeniu, tworzą efekt.
- Dostrzeżenie, jak złagodzić efekt poprzez zmniejszenie lub zapobieganie wytwarzaniu go przez stresor.
- Szczegółowe informacje na temat krótko- i długoterminowych konsekwencji różnych opcji zarządzania.

8.3. Ocena ryzyka związanego z otwartymi wysypiskami śmieci

Podejście do oceny ryzyka stosowane do oceny możliwych zagrożeń stwarzanych przez nieuporządkowane składowiska odpadów powinno być systematyczną, jasną i praktyczną procedurą, która pomaga w procesie podejmowania decyzji. W przypadku tej oceny ryzyka szczególnie skuteczną metodyką jest podejście etapowe (Rysunek 8.3) (Kodeks postępowania; EPA 2007). Gwarantuje ono, że największe wysiłki i zasoby są kierowane do najbardziej podatnych receptorów lub tam, gdzie istnieje duża niepewność połączona z możliwością znacznych szkód dla środowiska.



Rysunek 8.3. Metodyka oceny ryzyka związanego z otwartymi składowiskami odpadów: podejście etapowe (zaadaptowana przez Kodeks postępowania; EPA 2007).

8.3.1. Faza 1: Opracowanie koncepcyjnego modelu terenu, badanie ryzyka i ustalenie priorytetów

Wstępne badanie terenu, jak również opracowanie koncepcyjnego modelu terenu (KMT) z wykorzystaniem danych uzyskanych z badania źródłowego i inspekcji na miejscu oraz wstępnej oceny ryzyka, stanowią część pierwszego etapu procesu oceny ryzyka związanego z otwartym składowiskiem odpadów (poziom 1). KMT opisuje różne relacje źródło-ścieżka-receptor (Ź-Ś-R) i w związku z tym dostarcza danych dla komponentu analizy ryzyka. Metoda klasyfikacji jest wykorzystywana do ustalania priorytetów miejsc w oparciu o ich zagrożenie.

8.3.1.1. Konceptyjny model terenu (KMT)

Model koncepcyjny jest sposobem przewidywania zachowania się systemu stosowany w działalności związanej z odpadami. Jest to obraz budowany stopniowo, w oparciu o systematyczne badania, z wykorzystaniem modelu koncepcyjnego związku pomiędzy obecnością potencjalnego zagrożenia i powiązania z prawdopodobnymi receptorami. Podstawowym celem tych działań jest określenie rzeczywistej sytuacji i wykorzystanie jej do wykrycia wszystkich prawdopodobnych źródeł (Ż), ścieżek (Ś) i receptorów (R). Ponadto identyfikuje się również procesy i niepewności, których wystąpienia oczekuje się wzdłuż każdego z połączeń źródło-ścieżka-receptor (Ż-Ś-R).

Koncepcje stosowane przy opracowywaniu KMT są dopasowane do zalecanego podejścia w metodologii oceny ryzyka, co przedstawiono na rysunku 8.4. Trzy główne etapy opracowywania KMT to:

1. Badania źródłowe i inspekcja terenu
2. Inspekcja terenu
3. Monitoring środowiska w celu zatwierdzenia LMT.

Opracowanie KMT powinno stanowić część poziomu 1 metodologii oceny ryzyka, a KMT należy opracować dla wszystkich obiektów, niezależnie od ich wielkości i zakresu. Badania poziomu drugiego powinny być planowane i opracowywane przy pomocy KMT. Powinno ono również służyć jako przydatne narzędzie do skutecznego określania charakteru ryzyka i zrozumienia wyników monitorowania. Ostatecznie, pomaga w procedurach kształtowania polityki w zakresie wyboru środków zaradczych. Niezbędny poziom szczegółowości jest określany przez relację Ż-Ś-R danego miejsca.

Wszystkie niewiadome zarejestrowane podczas przygotowywania CSM powinny zostać uznane i rozważone podczas planowania programu badania terenu i oceny potencjalnych strategii rekultywacji.

Badania źródłowe

Celem badań źródłowych jest zebranie wszystkich istotnych danych pomocnych w scharakteryzowaniu terenu, a także opracowanie wstępnego KMT i jej kontekstu hydrogeologicznego.

Określając zakres badań źródłowych, należy pamiętać, że opracowanie modelu koncepcyjnego wymaga postawienia hipotezy dotyczącej rodzaju, ilości i stanu źródła, mechanizmów jego transportu i możliwych dróg migracji oraz receptorów.

Rysunek 8.4 przedstawia związek pomiędzy tymi elementami, a kwestie te omówiono bardziej szczegółowo w dalszej części opracowania.



Figure 8.4. Źródło – Ścieżka - Receptor Model Koncepcyjny (EPA 2007).

Źródło emisji/Zagrożenie

Odciek i gaz wysypiskowy mogą być uważane za podstawowe źródła zanieczyszczenia/zagrożenia w przypadku nieuregulowanego składowania odpadów. Aby określić możliwość powstawania odcieków, należy znać rodzaj odpadów lub przyjąć założenia dotyczące ich kategoryzacji. Potencjalna toksyczność odcieku, a tym samym stopień

szkodliwości dla wód powierzchniowych i gruntowych, jest determinowana przez rodzaj odpadów.

Ponadto należy przeprowadzić badanie możliwości powstawania gazu składowiskowego. Jeśli gaz składowiskowy jest obecny, staje się źródłem. Należy oszacować zdolność migracji gazów lotnych.

Pył nie jest uważany za główne źródło, ponieważ większość historycznych miejsc składowania odpadów posiada pokrywę roślinną, która zmniejsza produkcję pyłu. Pył może powstawać, jeśli odpady są wystawione na powierzchnię, więc należy to uwzględnić.

Ścieżki

Ścieżka to proces lub kanał, przez który zanieczyszczenie wchodzi w interakcję z receptorem lub na niego wpływa. Jeśli zagrożenie stanowi ryzyko dla receptora, musi mieć ścieżkę. Możliwość kontaktu lub transportu do receptora jest określona przez tę ścieżkę. W każdych okolicznościach należy zakładać, że historyczne składowiska odpadów są nieobudowane i nie posiadają syntetycznej bariery ochronnej.

Ścieżki migracji odcieku

Istnieją trzy możliwe drogi migracji odcieku: pionowo do lustra wody lub szczytu warstwy wodonośnej, gdzie receptorem jest woda gruntowa; pionowo do warstwy wodonośnej, a następnie poziomo w warstwie wodonośnej do receptora, takiego jak studnia, źródło lub strumień; oraz poziomo na powierzchni ziemi lub na niewielkiej głębokości do receptora powierzchniowego.

Przepuszczalność i grubość podłoża, jak również wartość przepuszczalności i rodzaj skały macierzystej, wpływają na przemieszczanie się i rozcieńczanie odcieków ze składowiska. Do czynników tych zalicza się następujące elementy:

- ✓ Podatność wód gruntowych
- ✓ Reżim przepływu wód gruntowych
- ✓ Odpływ wód powierzchniowych

Zdolność zanieczyszczeń do przemieszczania się w pionie do warstwy wodonośnej jest mierzona podatnością wód gruntowych, która jest funkcją przepuszczalności podłoża (która zależy głównie od rodzaju podłoża) i jego grubości.

Długość dróg przepływu wód podziemnych w warstwie wodonośnej (lub składowa przepływu poziomego), rozcieńczanie zanieczyszczeń w warstwie wodonośnej oraz możliwość interakcji z wodami powierzchniowymi są mierzone przez reżim przepływu wód podziemnych.

Ocena bezpośredniego związku pomiędzy odpływem wód powierzchniowych związanych z ciałem odpadowym a przyległymi receptorami znana jest jako odpływ wód powierzchniowych. Wskazuje ona na możliwość poziomego przepływu deszczu lub zanieczyszczeń na lub w pobliżu powierzchni ziemi do receptora, takiego jak strumień, poprzez przepływ lądowy lub wyciek.

Receptory

Receptor to człowiek, istota żywa (taka jak zwierzęta gospodarskie, uprawy, zwierzęta domowe lub zwierzęta), system ekologiczny, regulowane wody, atmosfera, struktury lub obiekty użyteczności publicznej, które mogą zostać uszkodzone przez źródło. Potencjał narażenia receptora na zagrożenie, czy to odciek czy gaz wysypiskowy, jest określony przez ścieżkę i odległość między zagrożeniem/źródłem a receptorem lub wartość zasobu w przypadku warstwy wodonośnej.

Receptory migracji odcieków

Obecność ludzi, która jest oznaką możliwości występowania określonych źródeł wody i zagrożenia dla zdrowia ludzi, jest uważana za receptor wrażliwy pod względem migracji odcieków. Obszary chronione (w tym tereny podmokłe/ekosystemy), które są innymi potencjalnymi receptorami wrażliwymi, również mają wpływ na wynik ryzyka ze względu na ich sąsiedztwo z obiektem. Wody gruntowe są istotnym receptorem dla odcieku i stanowią potencjalny cel w przypadku migracji odcieku. Zaopatrzenie w wodę uważa się za istotny receptor, ponieważ jest ono wskaźnikiem ryzyka dla zdrowia publicznego. Na wynik ryzyka wpływa bliskość otwartych wysypisk do źródła wody, jak również ich umiejscowienie w stosunku do wód gruntowych i/lub kierunku przepływu wód powierzchniowych. Rzeki, jeziora, estuaria i przybrzeżne zbiorniki wodne są przykładami zbiorników wód powierzchniowych, a ich bliskość do receptorów jest kluczowym aspektem.

Receptory migracji gazu składowiskowego

Ze względu na możliwość gromadzenia się gazu na obszarach zamkniętych, takich jak szkoły, domy i inne podobne obiekty, obecność ludzi uważa się za główny wrażliwy receptor w odniesieniu do gazu składowiskowego (i innych związanych z nim czynników uciążliwych, takich jak pył i odór). Ogólnie rzecz biorąc, ryzyko palności i eksplozji związane z ekspozycją gazu składowiskowego na zewnątrz jest znikome. Należy określić minimalne odległości wszystkich potencjalnych receptorów i zaznaczyć je na mapie.

Tam gdzie jest to możliwe, następujące dane (tabela 8.1) powinny być przedstawione w Koncepcyjnym Modelu Terenu:

Element	Opis	Wymagana informacja	
Źródło	Skład odpadów i ich ilość	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ilość odpadu ✓ Ogólny opis topografii ✓ Rzeczywisty rodzaj odpadów i powierzchnia terenu (wyznaczona na planie i w przekroju) ✓ Okres eksploatacji nieuporządkowanego składowiska odpadów ✓ Dowód (lub możliwość) powstawania odcieków lub gazu składowiskowego (po inspekcji terenu (w tym obejściu) za pomocą detektora podczerwieni (IR)) ✓ Wiek odpadów, a także historia miejsca, w którym się znajdują 	
Ścieżka odcieku	Migracja wód gruntowych	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Kierunek przepływu ✓ Ocena podatności wód gruntowych ✓ Reżim przepływu wód gruntowych; Odpływ wód powierzchniowych 	
	Migracja gazu wysypiskowego	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Rodzaj podłoża i skały macierzystej ✓ Możliwa obecność usług podziemnych 	
Receptory	Migracja odcieku	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Źródła wód gruntowych ✓ Źródła wody pitnej w promieniu 1000 m (zarówno wody powierzchniowe jak i woda pitna) ✓ Lokalizacja domów, szkół, zabudowy przemysłowej, w tym zagospodarowanie terenu w promieniu 1000 m ✓ Obszary chronione: Wszelkie ekosystemy zależne od wód gruntowych lub powierzchniowych w promieniu 1000 metrów od granicy terenu ✓ Mokradła Wszelkie zbiorniki wód powierzchniowych w 	

		promieniu 1000 metrów od granicy terenu	
	Migracja gazu wysypiskowego	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Położenie budynków mieszkalnych, szkół, obiektów przemysłowych, tymczasowych budynków mieszkalnych w odległości 250 metrów od granicy terenu ✓ Szczegóły i lokalizacje usług podziemnych 	

Tabela 8.1. Kluczowe dane dla opracowania KMT

Źródła danych

Każdy samorząd lokalny jest odpowiedzialny za identyfikację składowisk odpadów i instalacje do unieszkodliwiania i odzysku odpadów w swojej jurysdykcji (Ustawa o zarządzaniu odpadami Republiki Bułgarii - SG nr 26/30.03.2012; Prawo ochrony środowiska nr 2872 w Turcji; Ustawa o odpadach z 14 grudnia 2012 r. w Polsce; Dekret legislacyjny 36/2003 we Włoszech; oraz Nadzwyczajne rozporządzenie rządowe nr 78/2000 w Rumunii), dlatego też należy podjąć kroki w celu zapewnienia, że zebrane dane są jak najbardziej dokładne. Należy przynajmniej nanieść na mapie GIS obszar i grubość bryły odpadów, a także określić wiek i rodzaj odpadów.

Inspekcja terenu (w tym badanie metodą obchodu)

W ramach metodologii oceny ryzyka na poziomie 1 inspekcja na miejscu (w tym obchód) powinna być przeprowadzona przez odpowiednio wykwalifikowaną/przeszkoloną osobę i powinna umożliwić udokumentowanie informacji zebranych podczas badania źródłowego.

W okolicznościach, w których informacje wykorzystane w ocenie ryzyka mają niski poziom zaufania, wymagane jest przeprowadzenie badania terenowego w celu zweryfikowania podstawowych faktów przed zastosowaniem metody analizy ryzyka. W każdym przypadku, jeśli obiekt ma zostać wyeliminowany z dalszego rozpatrywania, wymagane jest przeprowadzenie badania na miejscu. Jeśli podczas obchodu zostaną odkryte istotne obawy, obiekt należy uznać za obiekt o potencjalnie wysokim ryzyku i przeprowadzić odpowiednie badania terenu.

Badanie terenu (które obejmuje badanie metodą obchodu) będzie miało na celu zbadanie każdego z potencjalnych powiązań Ź-Ś-R i zebranie dalszych informacji w formie zdjęć, szkiców, map i innych metod. Pomoże to w planowaniu wszelkich badań inwazyjnych. Podczas etapu poziomu

I wszystkie obiekty muszą mieć wykonane badanie terenowe przez odpowiednio przeszkoloną/wykwalifikowaną osobę.

W trakcie badania z obejściem należy dokonać rozgraniczenia ciała odpadu, oceny typu odpadu, oceny odcieku i/lub wytwarzania gazu składowiskowego (np. przy użyciu analizatora gazu składowiskowego). Powinno być również wykorzystane do określenia skuteczności wszelkich materiałów przykrywających oraz do zlokalizowania wszelkich terenów podmokłych. Odbarwienie roślinności, zapachy gazu wysypiskowego i wycieki odcieku powinny być udokumentowane, a dowody fotograficzne powinny być zawsze zebrane. Na tym etapie, pasek poszukiwawczy i analizator gazu wysypiskowego (podczerveń, metan i CO₂) mogą pomóc w ustaleniu, czy gaz wysypiskowy jest wytwarzany na miejscu. Zmiany w nachyleniu i pokryciu roślinnością mogą być doskonałymi wskaźnikami ilości odpadów lub przynajmniej odłożonego materiału w starszych miejscach, co może utrudniać w zebraniu wiarygodnych informacji ze względu na fakt, że mogą być pokryte trawą i nie być wyraźnie rozpoznawalne.

Jeśli istnieje dowód na zanieczyszczenie w tym miejscu, należy podjąć działania, a właściciele gruntów, mieszkańcy, właściciele studni i inne zainteresowane strony powinny zostać poinformowane o wszelkich znanych zagrożeniach lub wpływach.

Położenie wszystkich potencjalnych receptorów powinno być wyraźnie zaznaczone na mapie, ze szczególnym uwzględnieniem wszelkich istotnych terenów podmokłych w promieniu 1 km od miejsca zdarzenia.

Prezentacja informacji

Informacje potrzebne do stworzenia koncepcyjnego modelu terenu można przedstawić na wiele sposobów. Najczęstszym formatem jest format graficzny, który obejmuje przekroje wskazujące Ż-Ś-R oraz plan terenu (Rysunek 8.5), przy czym poziom informacji różni się w zależności od złożoności terenu. Bardzo ważne jest, aby dane KMT były dobrze udokumentowane i łatwo dostępne w formie tekstu, rysunków i tabel.



Rysunek 8.5. Plan terenu pokazujący źródło i receptory (EPA 2007)

8.3.1.2. Analiza ryzyka

Powiązania źródło-ścieżka-receptor (Ż-Ś-R) w modelu koncepcyjnym są oceniane podczas analizy ryzyka. Ocenia się, czy miejsce stanowi ryzyko dla receptorów lub może stanowić ryzyko. Opracowuje również koncepcyjny model miejsca, aby zidentyfikować potencjalne połączenia źródło-ścieżka-receptor (Ż-Ś-R). Nadaje się miejscu wstępną lub jakościową ocenę ryzyka. Obejmuje ona określenie prawdopodobieństwa i wielkości wszelkich efektów łączących. Procedura analizy ryzyka dzieli również miejsce na wiele typów śmieci, takich jak wymienione poniżej:

- ✓ Historyczne składowisko odpadów budowlanych i rozbiórkowych
- ✓ Historyczne składowisko odpadów komunalnych eksploatowane lokalnie
- ✓ Historyczne składowisko odpadów komunalnych eksploatowane prywatnie
- ✓ Składowisko odpadów niebezpiecznych
- ✓ Nielegalne składowisko odpadów (utyliczacja)

Wymagana jest oddzielna ocena ryzyka dla migracji odcieku i migracji gazu składowiskowego. Ogólne ryzyko oblicza się na podstawie obu ocen ryzyka.

8.3.1.3. Ustalanie priorytetów ryzyka

Wstępna procedura analizy ryzyka pozwala na zaklasyfikowanie miejsc do kategorii wysokiego, umiarkowanego lub niskiego ryzyka, umożliwiając przeznaczenie zasobów na badanie miejsc o wyższym ryzyku przy jednoczesnym skupieniu się na badaniu powiązań Ź-Ś-R w każdym miejscu (Tabela 8.2). Każde powiązanie otrzymuje wynik w ramach procesu ustalania priorytetów ryzyka, a ogólny wynik dla danego miejsca jest sumą poszczególnych powiązań dla danego miejsca. Umożliwia to identyfikację potencjalnie najbardziej niebezpiecznych miejsc i ich istotnych wzajemnych powiązań. Niektóre powiązania Ź-Ś-R są prawdopodobnie bardziej istotne niż inne, co prowadzi do identyfikacji najbardziej wrażliwych receptorów w każdym miejscu.

Ponieważ system punktacji przypisuje większe wartości miejscom o wyższym ryzyku, możliwe jest dokonanie znaczących porównań między różnymi lokalizacjami i konkretnymi powiązaniem. Każdemu z ogniw Ź-Ś-R zostanie przypisany wynik, który może być wykorzystany do określenia, który receptor jest najbardziej wrażliwy. Miejsca mogą być również wymienione w kolejności ważności, aby pomóc w alokacji zasobów i uwagi. Im większe ryzyko, tym wyższy wynik uzyskuje dany obiekt/łącze. Gdy istnieje znaczny stopień wątpliwości (lub gdy informacje są nieznane) co do konkretnego elementu ryzyka, należy przyjąć najwyższy wynik do czasu, gdy można zebrać dane z badań terenu, które w bardziej zdecydowany sposób charakteryzują klasyfikację ryzyka.

Ryzyko jest definiowane jako szansa wystąpienia zdarzenia, jak również konsekwencje tego zdarzenia. Stanowi to prostą metodę obliczania poziomu ryzyka w danej sytuacji.

Ryzyko = konsekwencje × prawdopodobieństwo

Klasyfikacja ryzyka	Zakres punktacji ryzyka
Podwyższony poziom ryzyka (Class A)	Większe lub równe 70% dla każdego pojedynczego powiązania Ź-Ś-R
Umiarkowany poziom ryzyka (Class B)	Między 40-70% dla każdego pojedynczego powiązania Ź-Ś-R
Niski poziom ryzyka (Class C)	Mniej lub więcej niż 40% dla każdego pojedynczego powiązania Ź-Ś-R

Tabela 8.2. Klasyfikacja ryzyka (Kodeks postępowania, EPA 2007).

8.4.1. Etap 2: Badania i testowanie terenu

Poziom 1 pomoże określić zakres poziomu 2: badania i testy terenu. Badania terenu na miejscu powinny skupić się na zebraniu wystarczających danych, aby określić, czy istnieje związek, a także wielkość związku i niebezpieczeństwo stwarzane przez zagrożenie (rodzaj odpadów).

Podczas badania zagrożenia/źródła (odpadu) dopuszczalne może być na przykład zastosowanie technik badawczych, takich jak próbne wykopy, geofizyka, sondowanie lub odwierty w podejściu etapowym. Poziom niejednoznaczności w każdej lokalizacji, jak również koszty badań, powinny być rozważone w stosunku do postrzeganego ryzyka. Ocena miejsca musi określić, czy odpad ma zdolność do generowania gazu składowiskowego i odcieku, z których oba mogą zawierać niebezpieczne związki, jak również głębokość, na jakiej mogą dotrzeć do wody.

Należy opracować plan komunikacji w celu powiadomienia wszystkich właściwych stron (w tym właścicieli sąsiednich gruntów) o działaniach związanych z badaniem terenu. Wszelkie ustalenia z prac badawczych w terenie, które mogą sugerować poważne zagrożenie dla jakiejkolwiek osoby lub mienia, należy przekazać zainteresowanym, a także zaoferować doradztwo w zakresie odpowiednich działań.

Miejsca o najwyższym ryzyku (miejsca klasy A) powinny mieć kompleksowy program badania terenu, który dostarczy informacji potwierdzających (lub obalających) ich klasyfikację ryzyka, jak również będzie podstawą ilościowej oceny ryzyka, która zostanie przeprowadzona w ramach poziomu 3 i późniejszych zaleceń dotyczących remediacji. W przypadku terenów o najniższym ryzyku (klasa C), badania należy zorganizować w taki sposób, aby dostępne były informacje wystarczające do zweryfikowania klasyfikacji terenu i sformułowania zaleceń dotyczących kolejnych kroków (jeśli są one wymagane).

W przypadku pozyskania danych, które mogą mieć potencjalnie znaczące konsekwencje dla celów, kluczowe znaczenie ma regularna analiza informacji przedstawionych na każdym etapie SI i dostosowanie projektu programu badań.

Ogólnym celem badań terenu (BT) jest dostarczenie informacji, które pozwolą na ocenę obecności głównych ogniw zanieczyszczeń na miejscu, co może wymagać wdrożenia środków zaradczych.

Podczas opracowywania celów badania terenu (BT) należy rozważyć następujące ogólne pytania:

- ✓ Na jakie typy zapytań BT musi być w stanie odpowiedzieć?
- ✓ Jakie informacje są wymagane i na jakim poziomie dokładności i szczegółowości?

✓ Jaki jest cel BT w odniesieniu do danej techniki oceny ryzyka?

W zależności od statusu/klasyfikacji ryzyka obiektu należy zebrać różne rodzaje informacji. (Tabela 8.3).

Tabela 8.3. Informacje wymagane do wykonania oceny ryzyka na otwartych wysypiskach.

	Klasa A terenu (podwyższony poziom ryzyka)	Klasa B terenu (umiarkowany poziom ryzyka)	Klasa C terenu (niski poziom ryzyka)
Na jakie rodzaje zapytań badanie terenu musi być w stanie odpowiedzieć?	<ul style="list-style-type: none"> • Czy dane wykorzystane w modelu konceptualnym i w ćwiczeniu oceny ryzyka są prawidłowe i ważne? • Czy konieczne jest skorzystanie z pomocy profesjonalisty, np. ekologa? • Czy masz jakieś odpady biodegradowalne lub niebezpieczne? • Czy istnieje ryzyko migracji gazu wysypiskowego? • Czy na drodze stoi przeszkoda geologiczna? • Czy możliwe jest odprowadzenie określonego materiału bezpośrednio do wód gruntowych? • Jak połączone są wody gruntowe i powierzchniowe pod względem łączności hydraulicznej? • Czy widzą Państwo jakieś reperkusje? • Jakie są niezbędne działania naprawcze? • Czy podjęto jakieś działania naprawcze i czy były one skuteczne? 	<p>Informacje niezbędne dla terenów umiarkowanego ryzyka (tereny klasy B) nie są tak obszerne jak te wymagane dla terenów wysokiego ryzyka (tereny klasy A), ale powinny być znacznie większe niż te wymagane dla terenów niskiego ryzyka (tereny klasy C).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Czy dane wykorzystane w modelu konceptualnym i w ćwiczeniu sprawdzającym ryzyko są prawidłowe i ważne? • Czy widoczne są jakieś reperkusje? • Czy podjęto jakieś działania naprawcze?
Jakie informacje są wymagane i na jakim poziomie dokładności i szczegółowości?	<ul style="list-style-type: none"> • Rodzaj i wiek odpadów na całym terenie • Głębokość odpadów • Głębokość i skład warstwy przykrywającej • Monitorowanie odcieków • Typ, grubość i przepuszczalność podłoża (wymagane badania in-situ lub laboratoryjne) • Właściwości hydrogeologiczne 		<ul style="list-style-type: none"> • Czy na danym terenie powstaje gaz składowiskowy i/lub odciek? • Monitorowanie najbliższego receptora pod kątem gazu wysypiskowego • Czy występuje przesączanie

	<ul style="list-style-type: none"> • Typ skały macierzystej • Typ warstwy wodonośnej i system przepływu • Poziom wód gruntowych i kierunek przepływu • Poziomy progowe wód gruntowych do ustalenia • Lokalizacja drenażu wód powierzchniowych i ustawienie hydrologiczne, w tym poziomy wody i prędkości przepływu • Klasyfikacja wód powierzchniowych • Badanie ekologiczne, w tym wartość i funkcje • Wymagania dotyczące punktów zgodności, które mają być zdefiniowane dla monitoringu • Wymagania dotyczące monitorowania gazu składowiskowego w obrębie odpadu i w pobliskich receptorach (w tym potrzeba instalacji punktów monitorowania i stosowania sond gazowych) • Kryteria monitorowania typowych parametrów odcieków w wodach powierzchniowych • Monitorowanie wód gruntowych pod kątem typowych wartości odcieku zarówno przed, jak i poza lokalizacją (w tym potrzeba instalacji otworów monitorujących) 		<p>się odcieku? Jeśli tak, pobierz próbki z okolicznych wód powierzchniowych i wszystkich prywatnych studni w promieniu 250 metrów.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Czy na miejscu jest wystarczająca ilość materiału przykrywającego, aby zapobiec infiltracji do odpadu?
<p>Jaki jest cel badania terenu w odniesieniu do danej techniki oceny ryzyka?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Potwierdzenie, że teren jest terenem klasy A i że sytuacja wymaga dodatkowej ilościowej oceny ryzyka i remediacji. • Zebranie wystarczających danych do ilościowej oceny ryzyka. • Zebranie danych wystarczających do wykazania skuteczności zalecanych technik zaradczych. 		<ul style="list-style-type: none"> • Służy jako podstawa do zalecanych działań naprawczych poprzez zapewnienie, że obiekt nie stanowi zagrożenia dla środowiska lub zdrowia ludzi (jeśli takie istnieje).

Poziom i zakres programu badań terenu jest uzależniony od poziomu ryzyka środowiskowego, jakie stwarza dany teren. Istnieją różne stopnie badań terenu, które mogą być stosowane, począwszy od badań wstępnych do badań podstawowych, a w niektórych przypadkach specjalistycznych badań uzupełniających, które mogą być konieczne do dalszego badania określonych problemów.

W przypadku różnych typów miejsc, zakres badania terenu może być następujący:

- ✓ Badanie wstępne (Tier 1) – badania źródłowe i inspekcja terenu (w tym badanie metodą obchodu) - wszystkie lokalizacje
- ✓ Badanie rozpoznawcze (poziom 2) - wszystkie obiekty klasy A, B i C
- ✓ Badanie główne (poziom 2) - obiekty klasy A i B
- ✓ Badania uzupełniające (poziom 2) - specyficzne dla danego terenu, ale powinny być prowadzone dla każdej klasy terenu w razie potrzeby.

We wszystkich okolicznościach należy uwzględnić koncepcyjny model terenu (KMT) oraz powiązania źródło-ścieżka-receptor (Z-S-R) określone podczas oceny ryzyka na poziomie 1: koncepcyjny model terenu, badanie ryzyka i ustalanie priorytetów. Ponieważ rzeczywiste wymogi mogą się różnić w zależności od warunków gruntowych zaobserwowanych podczas badania terenu, cel badania terenu powinien umożliwiać elastyczność metod badawczych. Przed rozpoczęciem pracy należy sporządzić plan terenu określający przewidywane badania terenowe i miejsca pobierania próbek. W trakcie badań terenowych należy opracować odpowiedni plan BHP i przestrzegać go, stosując się do wszystkich odpowiednich przepisów BHP.

8.4.2 Etap 3: Udoskonalenie KMT i ilościowa ocena ryzyka

Po przeprowadzeniu programu badań terenowych określonych w Etapie 2 Metodologii oceny ryzyka: Badanie terenu i testowanie, zebrane informacje należy wykorzystać do udoskonaleniu koncepcyjnego modelu terenu (KMT) w razie potrzeby, analizę ryzyka należy powtórzyć w celu potwierdzenia wstępnego stanu ryzyka określonego w Etapie 1 Metodyki oceny ryzyka: Koncepcyjny model terenu, analiza ryzyka i priorytetyzacja.

Podczas badania terenu należy ustalić relacje źródło - ścieżka - receptor oraz ich względne znaczenie. W niektórych przypadkach okaże się, że związek nie istnieje, więc ryzyko zostanie wyeliminowane; w innych przypadkach odkryte zostaną nieznane wcześniej związki, co spowoduje ponowną ocenę kategoryzacji ryzyka danego miejsca. Dopracowanie KMT ma

kluczowe znaczenie, ponieważ pierwszy przegląd opierał się na danych z badań wstępnych/poznawczych, a potwierdzenie kategoryzacji ryzyka jest kluczowe dopiero po przeprowadzeniu pełnego przeglądu ryzyka w oparciu o dane wysokiej jakości.

Dopracowanie modelu koncepcyjnego umożliwia ocenę znanych zagrożeń i określenie stopnia niepewności, co pozwala na dokonanie wyboru w odpowiednim czasie.

Jeżeli w ramach procedury badania ryzyka stwierdzono, że dane miejsce stanowi podwyższone lub umiarkowane ryzyko dla środowiska lub zdrowia ludzkiego, wymagana jest ilościowa ocena ryzyka. Istnieją dwa rodzaje ilościowych ocen ryzyka: ogólne ilościowe oceny ryzyka i szczegółowe ilościowe oceny ryzyka. Ogólne ilościowe oceny ryzyka wykorzystują odpowiednie ogólne kryteria oceny (GAC) (tj. wartości, które mają ogólne zastosowanie do całej klasy lub grupy, np. w oparciu o proponowane przyszłe wykorzystanie terenu) lub wytyczne, natomiast szczegółowe ilościowe oceny ryzyka wykorzystują kryteria oceny specyficzne dla danego terenu oraz narzędzia i modele RA. Wybór formy ilościowej oceny ryzyka, którą należy zastosować, jest specyficzny dla danego miejsca i opiera się na wrażliwości miejsca, jak również na zaufaniu do dostępnych danych.

Po przeprowadzeniu ogólnej lub szczegółowej oceny jakości, należy ocenić ogólne ryzyko związane z miejscem. Należy zdefiniować odpowiednie receptory, stopień niepewności związany z miejscem i wykorzystanymi danymi, a także przyjęte założenia oraz ocenić związane z nimi ryzyko.

8.5. Narzędzia do oceny ryzyka

Ocena ryzyka jest narzędziem, które stale się rozwija. Dotyczy to nie tylko gospodarki odpadami i innych zagadnień środowiskowych, ale także przemysłu spożywczego, ekologii, fizyki zdrowia, promieniowania, trzęsień ziemi, finansów, zarządzania budownictwem, biznesu, systemów regulacyjnych itp. Główny temat lub podstawy są takie same niezależnie od rodzaju oceny ryzyka lub obszaru środowiskowego, w którym jest ona stosowana. Oznacza to, że receptor docelowy/środowiskowy musi podlegać wpływowi zagrożenia lub niepożądanego zdarzenia za pośrednictwem pewnej ścieżki. Podobnie istnieją trzy podejścia do kontroli ryzyka: wyeliminować źródło zagrożeń, usunąć receptory zagrożeń lub manipulować ścieżkami łączącymi zagrożenia.

Dzięki rozwojowi metodologii obliczeniowych i możliwości dokładniejszego modelowania systemów można definiować zagrożenia, symulować ich skutki i przeprowadzać analizę ryzyka z większą dokładnością, co prowadzi do skuteczniejszego zarządzania ryzykiem. Postępy te są niezbędne we wszystkich dziedzinach ludzkiego wysiłku, ale mają szczególne znaczenie dla wyzwań związanych z ochroną środowiska, gdzie ryzyko jest coraz częściej postrzegane jako znaczące.

Kilka technologii komputerowych zostało zidentyfikowanych jako bezpośrednio związane z oceną ryzyka składowiska odpadów (Robu i in., 2007), w tym:

- LandSim
- HELP - Hydrogeologiczna ocena wydajności składowiska odpadów
- GasSim
- GasSimLite, oraz
- RIP - Repository Integration Programme (Program Integracji Repozytoriów).

Chociaż funkcje RIP zostały później rozszerzone o dość szerokie uwzględnienie składowisk odpadów, to pierwsze cztery programy komputerowe są przeznaczone w szczególności do oceny ryzyka składowania odpadów stałych. Pozostałe rodzaje oprogramowania nie są wyraźnie związane z ryzykiem związanym z odpadami, ale mogą być wykorzystane do wspierania niektórych aspektów tego typu oceny ryzyka. Drill Guide, na przykład, jest przydatny w tym sensie, że może być włączony do modułu geologicznego badań podstawowych otwartych wysypisk, co pomoże w procesie oceny ryzyka.

Jeśli chodzi o programy komputerowe dedykowane do oceny ryzyka związanego ze składowiskiem odpadów, nie obejmują one w sposób kompleksowy wszystkich aspektów podejścia oceny ryzyka dla odcieków z otwartych składowisk. Na przykład oprogramowanie LandSim, przeznaczone wyłącznie do oceny ryzyka związanego z odpadami stałymi, probabilistycznie prognozuje potencjalne stężenia zanieczyszczeń w odciekach, które mogą dotrzeć do określonego miejsca w ziemi (np. punktu poboru wód gruntowych) w określonym czasie (w latach). Uwzględnia również zmiany czasowe i przestrzenne. Nie obejmuje jednak części kwantyfikacyjnej badań nad narażeniem, takiej jak ilość narażenia, jaką ludzie (lub bydło) otrzymaliby, gdyby spożyli tę wodę gruntową. W rezultacie cecha LandSim polegająca na szacowaniu stężenia zanieczyszczeń w ośrodku narażenia, takim jak wody gruntowe, może

zostać rozszerzona o ilościowe określenie narażenia (na przykład dla bydła lub hodowli ryb), co pozwala na bardziej wszechstronną ilościową ocenę ryzyka.

Ponadto jest to przede wszystkim technika, która skupia się na wodach gruntowych jako receptorze, a nie na innych receptorach środowiskowych, takich jak populacja ludzka, zwierzęta gospodarskie i uprawy na obszarze gospodarstwa. Mimo że program pozwala na klasyfikację zagrożeń na kategorie takie jak toksyczne, nietoksyczne, rakotwórcze i nierakotwórcze, nie ma przepisu pozwalającego na klasyfikację zagrożeń na grupy takie jak toksyczne, nietoksyczne, rakotwórcze i nierakotwórcze. Podsumowując, LandSim jest elementem całego systemu oceny ryzyka, a nie całym systemem oceny ryzyka. Podobnie program HELP obejmuje tylko część oceny ryzyka związanego z otwartymi wysypiskami/składowiskami. Obejmują one głównie cechy projektowe składowiska (takie jak wykładziny i pokrywy), jak również niektóre elementy badań podstawowych (takie jak opady i spływ powierzchniowy), ale nie obejmują wielu innych modułów i podmodułów oceny ryzyka.

Oprogramowanie GasSim, mimo że zawiera istotne moduły oceny ryzyka, takie jak wytwarzanie gazu, migracja, oddziaływanie i narażenie, zostało opracowane do oceny gazu składowiskowego, a nie odcieku. GasSimLite również został stworzony z myślą o gazie wysypiskowym i może być używany tylko do obliczania emisji gazu. Zarówno GasSim, jak i GasSimLite, podobnie jak inne wymienione modele, nie są całkowitymi modelami oceny ryzyka w sensie kategorialnym i algorytmicznym.

Narzędzie RIP jest zintegrowanym modelem probabilistycznym dla systemów środowiskowych, który nie został zaprojektowany wprost do oceny ryzyka związanego z otwartym wysypiskiem/składowiskiem. Został on stworzony z myślą o każdym możliwym źródle zanieczyszczeń w ziemi, takim jak zbiornik do przechowywania substancji chemicznych. W rezultacie osoby oceniające ryzyko muszą dostosować RIP, który jest oprogramowaniem ogólnym, do swoich indywidualnych problemów, takich jak nieuporządkowane składowiska. To dostosowanie wymaga czasu i nie jest prostym zadaniem dla każdego. Chociaż RIP może być stosowany na składowiskach odpadów w celu rozwiązania problemów takich jak uwalnianie i transport zanieczyszczeń, nie zapewnia on prostego podejścia do oceny całkowitego ryzyka dla odcieku ze składowiska, które osoba oceniająca ryzyko mogłaby stosować w sposób sekwencyjny i systematyczny.

GoldSim jest kolejnym programem symulacyjnym, który może być używany w szerokim zakresie zastosowań, z których większość należy do jednej z trzech kategorii: modelowanie systemów środowiskowych, modelowanie biznesowe i ekonomiczne lub modelowanie systemów inżynierskich. W związku z tym przewyższa on nawet RIP pod względem ogólności, a użytkownicy muszą nauczyć się, jak dostosować GoldSim do swoich indywidualnych sytuacji równoległe z RIP.

Program ConSim jest narzędziem do szacowania ryzyka, jakie dla jakości wód gruntowych stanowią zanieczyszczenia migrujące z zanieczyszczonego terenu. Autorzy odkrywają, że nie został on zbudowany specjalnie do użytku z otwartymi wysypiskami/składowiskami, zwłaszcza gdy zawierają one głowicę odciekową i/lub wykładziny, co jest bardzo prawdopodobne.

Oprogramowanie Contaminated Land Exposure Assessment (CLEA) analizuje wyłącznie zagrożenia dla zdrowia ludzkiego, a nie innych receptorów środowiskowych, takich jak rośliny, zwierzęta, budynki lub wody podlegające regulacji. Ścieżki są rozważane tylko z punktu widzenia gleby jako medium narażenia, a nie z punktu widzenia odcieku. W przypadku ConSim, program CLEA został stworzony do użytku ze skażoną glebą, a nie z otwartymi wysypiskami/składowiskami, i ani ConSim ani CLEA nie zapewniają kompletnego modelu oceny ryzyka dla odcieków z otwartych wysypisk/składowisk.

Metodologia Hazardous Waste Identification Rule (HWIR) opisuje, jak przeprowadza się ocenę na skalę krajową w Stanach Zjednoczonych, aby oszacować ryzyko dla ludzi i środowiska w celu stworzenia akceptowalnych progów zanieczyszczenia dla odpowiednich strumieni odpadów przemysłowych. Proces oceny ryzyka został również zautomatyzowany przy użyciu technologii modelowania HIWR. **Celem systemu HIWR jest ograniczenie możliwości nadmiernej regulacji.** Poprzez promowanie minimalizacji odpadów i rozwój innowacyjnych technologii przetwarzania odpadów, HIWR może przyczynić się do długoterminowego zarządzania odpadami. Metoda HIWR dotyczy szerokiego zakresu żywych receptorów, w tym fauny glebowej, ssaków i roślin, ale wydaje się, że nie traktuje rzeczy nieożywionych jako receptorów. W kontekście szacowania ryzyka związanego z otwartym składowiskiem odpadów wydaje się, że nacisk kładzie się raczej na same odpady niż na konkretny scenariusz nieuporządkowanego składowiska.

SADA (Spatial Analysis and Decision Assistance) to oprogramowanie, które łączy technologie z obszaru oceny środowiska w środowisko do rozwiązywania problemów. Narzędzia te obejmują wizualizację, analizę geoprzestrzenną, ocenę ryzyka dla zdrowia ludzkiego i ryzyka

ekologicznego, analizę kosztów i korzyści, projektowanie próbek oraz analizę decyzji. Tylko dwa najbardziej istotne narzędzia lub moduły zostały wybrane jako przykłady z dużej liczby opcji. Z różnych scenariuszy zagospodarowania terenu moduł ryzyko dla zdrowia człowieka dostarcza dokładną ocenę ryzyka dla zdrowia człowieka i towarzyszą mu stosowne bazy danych. Użytkowanie terenu, które mieści się w tej kategorii, obejmuje mieszkalnictwo, przemysł, rolnictwo, rekreację i wykopy, ale nie nieuporządkowane wysypiska śmieci. Ryzyko ekologiczne jest kolejnym modułem lub jednostką SADA, która pozwala użytkownikom na przeprowadzenie badań porównawczych i obliczenie ryzyka perspektywicznego dla różnych receptorów lądowych i wodnych, które są obecnie uwzględniane.

Inną aplikacją komputerową jest Multimedia Environmental Pollutant Assessment System (MEPAS), który jest zestawem modeli środowiskowych przeznaczonych do oceny skażonego środowiska. Oprogramowanie uwzględnia tranzyty uwolnienia substancji chemicznych i radioaktywnych oraz ścieżki ekspozycji w celu oszacowania ich potencjalnego wpływu na środowisko i populację. Moduły MEPAS zostały zintegrowane z platformą oprogramowania FRAMES, co pozwala na wykorzystanie modeli MEPAS w połączeniu z innymi modelami środowiskowymi w celu zakończenia analizy. Sytuacja z MEPAS i ARAMS w kontekście otwartych wysypisk/składowisk jest podobna. Oba programy komputerowe nie mają na celu dostarczenia holistycznej techniki oceny ryzyka dla odcieków ze składowisk i nie czynią tego.

Risk Analysis Framework Multimedia Environmental Systems (FRAMES) jest platformą programową pozwalającą użytkownikom na tworzenie scenariuszy środowiskowych i zapewniającą opcje wyboru najbardziej odpowiednich kodów komputerowych do wykonywania ocen zarządzania ryzykiem dla ludzi i środowiska. Program ten przyjmuje szerokie i elastyczne podejście, aby dowiedzieć się, jak działalność przemysłowa wpływa na ludzi i środowisko. Zawiera modele, które obejmują dyscypliny naukowe, pozwalając na dostosowanie rozwiązań do konkretnych operacji i dostarczając użytecznych danych dla zarządzania biznesowego i technicznego. Kluczem do rozpoznania, analizy i kontroli potencjalnych zagrożeń dla środowiska, bezpieczeństwa i zdrowia jest stosowanie FRAMES. FRAMES jest bardzo szerokim programem, ale brakuje w nim oprogramowania dla odcieków z otwartych wysypisk/składowisk, które mogłyby pomóc oceniającemu w przeprowadzeniu analizy ryzyka z wykorzystaniem szerokiej gamy elementów oceny ryzyka.

8.6. Walidacja oceny ryzyka

Każde badanie ryzyka lokalizacji wymaga przygotowania sprawozdania. W sprawozdaniu nacisk zostanie położony na model koncepcyjny oraz obliczenie punktacji ryzyka przy użyciu równań powiązania Ź-Ś-R. Sprawozdanie może być wykorzystane do potwierdzenia, że stosowane jest podejście określone w odpowiednich tekstach prawnych i zaleceniach.

W raporcie należy uwzględnić następujące elementy:

- Raport z badania metodą obchodu.
- Odpowiednie ilustracje modelu koncepcyjnego (np. plan i przekroje).
- Diagram sieci (lub coś podobnego), który przedstawia wszystkie relacje źródło - ścieżka - receptor, które zostały zbadane w ramach oceny.
- Zestaw ważnych map GIS (wszystkie w tej samej skali), które zostały wykorzystane jako odrębne warstwy informacji w ocenie ryzyka, z zarysem ciała odpadowego i paskiem skali, który wyraźnie przedstawia odległość. Pozwoli to na podwójne sprawdzenie informacji w tabelach oceny ryzyka.
- Równania powiązań Ź-Ś-R, które zostały wykorzystane w badaniach ryzyka.
- Podsumowanie modelu koncepcyjnego, w tym wszelkie dostępne dane dotyczące oddziaływania oraz wszelkie wdrożone kroki zaradcze.

Niezbędne jest dokładne sprawozdanie opisujące szczegółowo metody i założenia przyjęte w związku z ilościową oceną ryzyka. Powinno ono jasno wyjaśniać zastosowane kryteria oceny, a w przypadku w pełni ilościowej oceny ryzyka powinno zawierać zarówno źródło, jak i wyjaśnienie zastosowania kryteriów oceny specyficznych dla danego miejsca. Musi ona zostać dostarczona odpowiednim właściwym organom i zawierać sugestie dotyczące kroków, które należy podjąć w każdym miejscu. Pełne sprawozdanie z weryfikacji należy przedłożyć po zakończeniu uzgodnionej opcji remediacji, wykazując, że powiązania Ź-Ś-R zostały przerwane i że remediacja zakończyła się sukcesem (lub jego brakiem).

8.7. Potencjał ryzyka związanego z otwartymi wysypiskami śmieci

W czasopiśmie *The Lancet Oncology*, Senior i Mazza (2004) po raz pierwszy użyto terminu "trójkąt śmierci" do opisanie wschodniej części regionu Kampanii (południowe Włochy), która ma jeden z najgorszych rejestrów nielegalnego składowania śmieci. Jest to region w prowincji Neapol, we Włoszech, około 25 kilometrów na północny wschód od miasta Neapol. Kryzys w

gospodarce odpadami i trójkąć śmierci są zasadniczo rezultatem braku zapobiegania przez rząd nielegalnemu składowaniu odpadów. Zanieczyszczenia, takie jak dioksyny i polichlorowane bifenyle (PCB), zostały wykryte w glebie i wśród mieszkańców tego obszaru. W rezultacie w regionie odnotowano wzrost śmiertelności z powodu raka, co przypisano zanieczyszczeniom pochodzącym z otwartych wysypisk śmieci (Triassi i in., 2015). Dlatego w ostatnich dekadach wiele badań skupiło się na możliwości negatywnych konsekwencji zdrowotnych nielegalnego składowania odpadów.

Wpływ odpadów zależy od ich składu i technik nielegalnego składowania. Miedź, arsen, rtęć, polichlorowane bifenyle, węglowodory i inne szkodliwe odpady pochodzące z ostatniej fazy działalności przemysłowej należą do związków występujących w składzie odpadów. Nielegalne zakopywanie jest kolejną szkodliwą praktyką w miejscach, które nie są prawnie wyznaczone jako składowiska odpadów toksycznych, takich jak obszary uprawne, autostrady i budynki oraz place budowy.

Kiedy odpady są uwalniane do środowiska, stwarzają szereg zagrożeń dla ziemi i dzikich zwierząt na danym obszarze. Z drugiej strony, skala wpływu nie zawsze jest jasna i może zająć trochę czasu, aby się ujawnić.

8.7.1. Zanieczyszczenie wody i gleby

Istnieje ryzyko dla pobliskiej gleby i wody, gdy duża ilość odpadów jest gromadzona w jednym miejscu. W przeciwieństwie do certyfikowanych składowisk sanitarnych, które starają się zabezpieczyć otaczający teren przed skażeniem, nieuporządkowane wysypiska nie mają wbudowanych systemów bezpieczeństwa środowiskowego i ciągłego monitorowania. Odpływ odpadów niebezpiecznych może zanieczyścić strumienie, rzeki, jeziora, a nawet wodę pitną, jeśli nie jest monitorowany i zarządzany. Substancje chemiczne mogą również przenikać do gleby, czyniąc ją nieurodzajną lub sprzyjając rozprzestrzenianiu się inwazyjnych roślin odpornych na działanie chemikaliów. Jest również prawdopodobne, że chemikalia zanieczyszczą roślinność, co może prowadzić do skażenia zapasów żywności.

8.7.2. Zanieczyszczenie powietrza

Nielegalne składowanie odpadów może potencjalnie zanieczyszczać powietrze. Niektóre odpady mogą zawierać cząsteczki, które po rozłożeniu emitują do powietrza niebezpieczne związki. Substancje te mogą obejmować CO₂ lub inne gazy, które są szkodliwe dla naszego ekosystemu.

W związku z tym, nieuporządkowane wysypisko może w pewnym stopniu przyczynić się do zanieczyszczenia powietrza.

8.7.3. Wpływ na funkcjonowanie dzikiej przyrody

Nielegalne składowanie odpadów ma wpływ również na zwierzęta. W rzeczywistości to one są najbardziej dotknięte. W najlepszym przypadku sarta odpadów zagradzająca im drogę przemieszczania się powoduje pewne niedogodności. Niestety, na tym problemy zazwyczaj się nie kończą. Niebezpieczne związki mogą być obecne w odpadach składowanych w lasach lub innych obszarach naturalnych. W przypadku kontaktu zwierząt z tymi zanieczyszczeniami może dojść do ich uszkodzenia. Ponadto zwierzęta mogą zostać skażone niebezpiecznymi mikroorganizmami znajdującymi się w odpadach, co powoduje przenoszenie chorób pomiędzy różnymi zwierzętami w łańcuchu pokarmowym.

W wyniku usuwania odpadów zwierzęta mogą również doświadczyć zmiany w ich normalnym środowisku życia. Wiele zwierząt jest bardzo wrażliwych na zmiany w ich naturalnym środowisku życia i unika kontaktu z ludźmi i obiektami stworzonymi przez człowieka. W związku z tym nielegalne składowanie odpadów może spowodować ich migrację do mniej zanieczyszczonych miejsc, gdzie mogą czuć się swobodniej w swoim naturalnym środowisku.

Odpady przyciągają również gatunki, które nie są rodzime dla danego obszaru. Może to spowodować wprowadzenie nowych chorób i drapieżników, takich jak komary i szopy, zaburzając naturalny przepływ ekosystemu.

Nieuporządkowane wysypiska mogą mieć również poważny wpływ na życie wodne. Wiele firm w krajach o mało rygorystycznych regulacjach środowiskowych wyrzuca swoje odpady przemysłowe do rzek i jezior. Zwierzęta wodne, jak również wiele innych organizmów wodnych, zostaną w rezultacie zanieczyszczone. Wiele z tych gatunków wodnych zostanie uszkodzonych przez substancje toksyczne i może nawet umrzeć w wyniku negatywnego wpływu związków odpadów przemysłowych.

Składowanie odpadów może mieć również wpływ na ptaki. Ptaki często spożywają drobne stworzenia, takie jak robaki i owady. Stężenie owadów może drastycznie spaść, jeśli dany region jest silnie zanieczyszczony przez nielegalne składowiska odpadów. Może to spowodować niedobór pożywienia dla ptaków, co w konsekwencji doprowadzi do spadku ich populacji.

8.7.4 Możliwość wzrostu lokalnych pożarów

Większość odpadów jest palna. Ponieważ różne rodzaje odpadów mogą się mieszać, mogą uwalniać się łatwopalne opary. Jeśli nieuporządkowane wysypisko pozostaje bez nadzoru, wzrasta prawdopodobieństwo, że drobny pożar przerodzi się w pełnowymiarowy pożar lasu. Ponadto składowane odpady mogą powodować powodzie, blokując naturalne kanały wodne lub przyspieszając proces erozji.

8.7.5. Możliwość wzrostu problemów zdrowotnych

Problemy zdrowotne są jednym z najpoważniejszych zagrożeń, jakie nieuporządkowane wysypiska stwarzają dla ludzi (Musmeci et al., 2010). Owady, takie jak komary i muchy, a także zwierzęta przenoszące choroby, takie jak szczury, skunksy i oposy, dobrze rozwijają się na obszarach, gdzie składowane są odpady. Denga, żółta gorączka, zapalenie mózgu i malaria to tylko niektóre z chorób zagrażających życiu, które mogą przenosić te owady i zwierzęta. Wspomniano również, że mieszkanie w sąsiedztwie wysypisk śmieci może być szkodliwe dla zdrowia psychicznego.

Rozbite szkło, ostry metal i igły podskórne, wśród innych fizycznych zagrożeń na otwartych wysypiskach, mogą powodować poważne obrażenia; urządzenia, w których dzieci lub zwierzęta mogą zostać uwięzione; i opony, które mogą się zapalić i uwolnić toksyczny dym. Odpady z nielegalnych laboratoriów narkotykowych mogą być od razu niebezpieczne (tj. eksplozje, pożary, oparzenia chemiczne lub opary). Toksyczne związki, takie jak środki przeciw zamazaniu, farby, środki owadobójcze i rtęć z czujników światła pilotowego urządzeń gazowych i innych produktów należą do zagrożeń chemicznych, które mogą być szczególnie niebezpieczne.

Skażone odpady medyczne mogą na przykład wywołać zagrażające życiu infekcje (HIV/AIDS lub zapalenie wątroby typu B lub C). Chorobotwórcze gryzonie mogą być przyciągane przez odpady domowe (np. resztki jedzenia, brudne pieluchy). Komary, które przenoszą zapalenie mózgu lub wirus Zachodniego Nilu mogą rozmnażać się w wyrzuconych oponach lub innych przedmiotach, które gromadzą stojącą wodę. W zależności od poziomu i okresu narażenia, azbest może powodować choroby płuc lub raka.

W rzeczywistości, nieuporządkowane wysypiska zanieczyszczają środowisko w sposób, który ma zarówno krótko- jak i długoterminowe konsekwencje dla zdrowia. Nieprawidłowości

wrodzone, astma i infekcje dróg oddechowych to przykłady skutków krótkoterminowych. Zgłaszano również napięcia, niepokój, bóle głowy, zawroty głowy, nudności oraz podrażnienia oczu i dróg oddechowych. Przewlekłe zaburzenia układu oddechowego i sercowo-naczyniowego, rak oraz choroby mózgu, nerwów, wątroby, układu limfatycznego i nerek to długoterminowe konsekwencje zdrowotne narażenia na odpady (Sexton & Hattis, 2007).

8.7.6. Spadek wartości nieruchomości

Wpływ nieuporządkowanego składowania odpadów na inwestycje w nieruchomości i środowisko mieszkalne jest równie szkodliwy. Powszechnie wiadomo, że lokalizacja nieruchomości ma pozytywny lub negatywny wpływ na cenę lub wynajem nieruchomości. W rezultacie, jeśli problem nielegalnego składowania jest poważny, wartości nieruchomości w dotkniętych nim obszarach prawdopodobnie spadną. Dlatego też, porównując czynsze domów mieszkalnych sąsiadujących z otwartymi wysypiskami z tymi położonymi dalej, można zauważyć znaczne zróżnicowanie w wysokości czynszu.

8.7.7. Wpływ na turystykę

Ludzie chcą spędzać swoje wakacje w miejscach, które są przyjemne i uporządkowane. Są bardziej skłonni zmienić miejsce wypoczynku na inne, gdy w pewnych miejscach jest zbyt dużo odpadów wyrzucanych nielegalnie.

Turystyka jest najważniejszym źródłem dochodów dla wielu krajów. Nielegalne składowanie odpadów może więc stanowić poważne zagrożenie dla źródeł utrzymania. Z drugiej strony wiele rządów zdaje sobie sprawę z problemu i podejmuje kroki w celu jego rozwiązania, aby utrzymać plaże i inne obszary naturalne w czystości.

References

Butt TE, Lockley E, Oduyemi KO. Risk assessment of landfill disposal sites--State of the art. *Waste Management* 2008;28(6):952-64. DOI: 10.1016/j.wasman.2007.05.012.

CODE OF PRACTICE: Environmental Risk Assessment for Unregulated Waste Disposal Sites. Environmental Protection Agency 2007, ISBN 1-84095-226-1

Menzie CA, MacDonell MM, Mumtaz M. A phased approach for assessing combined effects from multiple stressors. *Environ Health Perspect.* 2007 May;115(5):807-16. DOI: 10.1289/ehp.9331.

Mohd Pauzi NI and Che Razali Z. Risk assessment at open dumping area using Monte Carlo simulation. 2019 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 527 012019

Musmeci L, Bellino M, Cicero MR, Falleni F, Piccardi A, Trinca S. The impact measure of solid waste management on health: the hazard index. Ann Ist Super Sanita. 2010;46(3):293-8. DOI: 10.4415/ANN_10_03_12.

Robu BM, Căliman FA, Bețianu C, Gavrilescu M. Methods and procedures for environmental risk assessment. Environmental Engineering and Management Journal 2007 Nov/Dec, Vol.6, No.6, 573-592.

Senior K, Mazza A. Italian "Triangle of death" linked to waste crisis. Lancet Oncol. 2004;5(9):525-7. DOI: 10.1016/s1470-2045(04)01561-x.

Sexton K, Hattis D. Assessing cumulative health risks from exposure to environmental mixtures - three fundamental questions. Environ Health Perspect. 2007 May;115(5):825-32. DOI: 10.1289/ehp.9333.

Solomon KR, Wilks MF, Bachman A, Boobis A, Moretto A, Pastoor TP, Phillips R, Embry MR. Problem formulation for risk assessment of combined exposures to chemicals and other stressors in humans. Crit Rev Toxicol. 2016 Nov;46(10):835-844. DOI: 10.1080/10408444.2016.1211617.

Triassi M, Alfano R, Illario M, Nardone A, Caporale O, Montuori P. Environmental pollution from illegal waste disposal and health effects: a review on the "triangle of death". Int J Environ Res Public Health. 2015 Jan 22;12(2):1216-36. DOI: 10.3390/ijerph120201216.