



Studia i Materiały. *Miscellanea Oeconomicae*
Rok 21, Nr 1/2017, tom I
Wydział Prawa, Administracji i Zarządzania
Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach

Efektywność i bezpieczeństwo gospodarowania

Michał Pająk¹, Monika Madej², Przemysław Tyczewski³

GĘSTOŚĆ ZALUDNIENIA JAKO KRYTERIUM OPRACOWANIA MAPY ZAGROŻEŃ DLA TRANSPORTU TOWARÓW NIEBEZPIECZNYCH

Streszczenie: Praca zawiera mapę zagrożenia dla transportu drogowego towarów niebezpiecznych oraz metodykę jej opracowania. Głównym kryterium metodyki jest gęstość zaludnienia. Mapa obejmuje odcinki dróg krajowych w Polsce (o dł. 1 km) z przypisanymi poziomami zagrożenia w 5 stopniowej skali.

Słowa kluczowe: transport, dangerous goods, hazard map, population density

Wstęp

Zagrożenie związane z transportem drogowym towarów niebezpiecznych jest czynnikiem mającym wpływ na poziom bezpieczeństwa obywateli⁴. Analizując zaistniałe najtragiczniejsze zdarzenia, należy stwierdzić, że istnieje niezerowe prawdopodobieństwo wypadku, na którego skutki zostanie narażona znaczna liczba osób postronnych. W przeszłości do wypadków, w których śmierć poniosło wiele osób, najczęściej dochodziło podczas transportowania towarów niebezpiecznych generujących największe zasięgi stref zagrożenia⁵. Obecnie w Polsce nie jest znana ilość przewozów towarów niebezpiecznych o wyżej opisanej charakterystyce. Wynika to z braku systemowych rozwiązań związanych monitoringiem przewozu towarów niebezpiecznych na obszarze naszego kraju. Nie zostały również wyznaczone trasy

¹ Mgr inż. Michał Pająk, Państwowa Straż Pożarna.

² Dr hab. inż. Monika Madej, Politechnika Świętokrzyska.

³ Dr inż. Przemysław Tyczewski, Politechnika Poznańska.

⁴ M. Pająk, M. Madej, D. Ozimina, K. Milewski, *Transport drogowy towarów niebezpiecznych – prognoza na lata 2015-2020*, Autobusy 4/2016, s. 127-132.

⁵ M. Pająk, M. Madej, D. Ozimina, K. Milewski, *Wypadki w transporcie drogowym towarów niebezpiecznych – analiza zdarzeń z lat 2010-2015*, Autobusy 9/2016, s. 85-91.

dedykowane do przewozu towarów niebezpiecznych. Jedynym ograniczeniem są znaki drogowe ustawione na wybranych odcinkach dróg.

W celu oceny poziom zagrożenia związanego z wystąpieniem wyżej opisanych zdarzeń, w artykule uwzględniono wszystkie drogi krajowe podzielone na odcinki o długości do 1 km. Do każdego odcinka przypisano poziom zagrożenia zgodnie z niżej opisaną metodyką.

W artykule przedstawiono mapę zagrożeń dla transportu drogowego towarów niebezpiecznych wraz z opisem metodyki jej tworzenia. Mapa zagrożeń została opracowana dla najbardziej niekorzystnych scenariuszy, uwzględniających zasięg emisji towarów niebezpiecznych, które generują największe strefy zagrożenia. Elementami składowymi metodyki są:

- określenie obszarów, które mogą być potencjalnie narażone na skutki emisji towarów niebezpiecznych,
- określenie gęstości zaludnienia dla przedmiotowych obszarów,
- określenie dla każdego odcinka drogi (o dł. do 1 km) poziomu zagrożenia wynikającego z gęstości zaludnienia w w/w obszarach.

Mapa zagrożeń jest niezbędną składową do opracowania mapy ryzyka dla transportu drogowego towarów niebezpiecznych, na podstawie której istnieje możliwość opracowania nawigacji dedykowanej dla przewoźników towarów niebezpiecznych. Celem nadrzędnym nawigacji jest optymalny wybór trasy, który będzie uwzględniał poziom zagrożenia dla poszczególnych odcinków drogi oraz czynniki ekonomiczne (czas przejazdu, koszt paliwa i pracy kierowcy).

Źródła danych wejściowych

W artykule wykorzystano dane dotyczące: podziału administracyjnego kraju, dróg krajowych, punktów adresowych oraz gęstości zaludnienia w formie siatki o długości boku 1 km. Na mapie 1 przedstawiono obszar Polski z warstwami: dróg krajowych i gęstością zaludnienia.

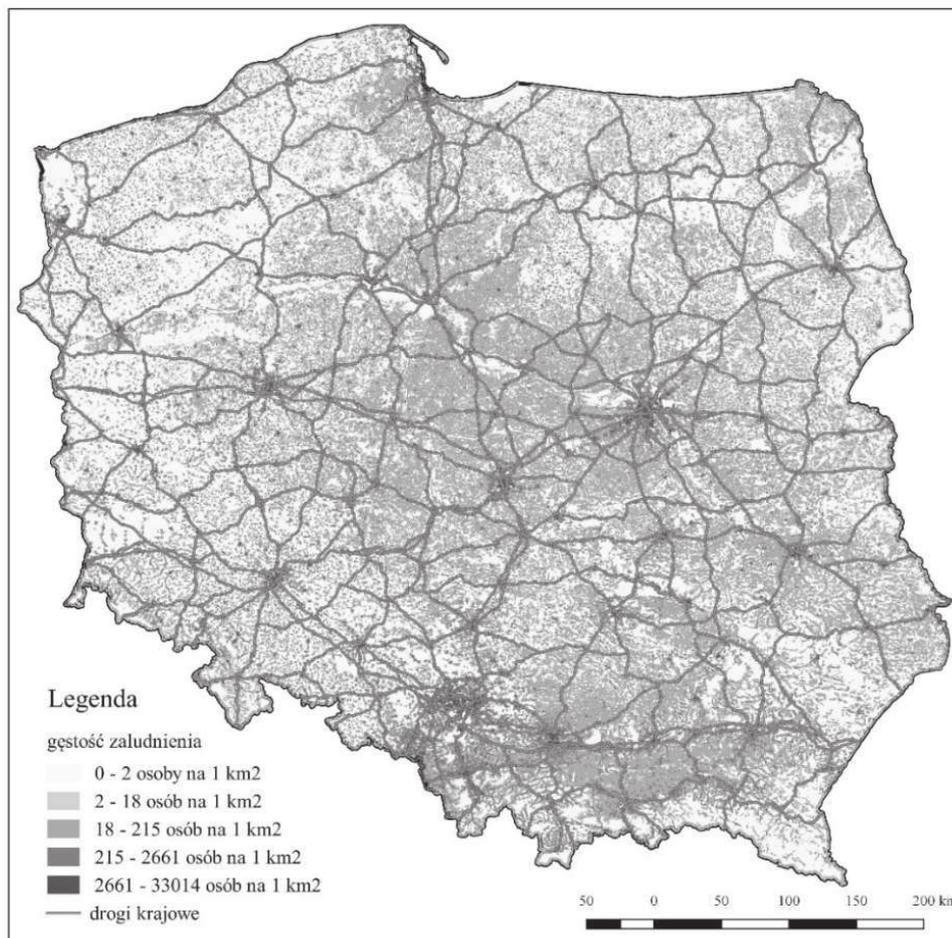
Warstwa podziału administracyjnego kraju pochodzi z zasobów CODGIK i jest aktualna na dzień 27.01.2016⁶. Warstwa dróg krajowych została pozyskana z zasobów CODGIK (aktualność danych jest różna dla poszczególnych województw: 13.09.2015-08.07.2016)⁷. Drogi krajowe ze wszystkich województw zostały połączone w jedną warstwę. Warstwa punktów adresowych jest aktualna na dzień 15.11.2016 r. (zawiera 7 437 098 adresów) i została opracowana na podstawie danych z CODGIK⁸. Warstwa gęstości zaludnienia w formie siatki o długości boku 1 km została opracowana na podstawie danych GUS dotyczących narodowego spisu powszechnego z 2011 roku⁹. Przed wykonaniem analiz wszystkie w/w dane zaimportowano do programu GRASS GIS w celu sprawdzenia poprawności topologii i naprawy ewentualnych błędów topologicznych.

⁶ CODGIK, dane bez opłat, <http://www.codgik.gov.pl/index.php/darmowe-dane.html>, (20.11.2016).

⁷ *Ibidem*.

⁸ *Ibidem*.

⁹ GUS, portal geostatystyczny, https://geo.stat.gov.pl/start/-/asset_publisher/jNfJiIujeyRp/content/id/36734, (20.11.2016).



Mapa 1. Przestrzenne rozmieszczenie dróg krajowych i gęstości zaludnienia w formie siatki o długości boku 1 km na terenie Polski

Źródło: Opracowanie własne, program QGIS.

Metodyka badań

Wszystkie analizy związane z opracowaniem mapy zagrożeń oraz modyfikacją danych wejściowych wykonano w darmowych programach dedykowanych do obsługi systemów informacji przestrzennej: QGIS (wersja 2.18), SAGA GIS (wersja 2.1.2) i GRASS GIS (wersja 7.0.5).

Określenie obszarów, które mogą być potencjalnie narażone na skutki emisji towarów niebezpiecznych

Na potrzeby metodyki opracowano 5 obszarów, dla których wyznaczono graniczne odległości. Metodyka zakłada, że początkiem każdego obszaru jest miejsce

wypadku z udziałem towarów niebezpiecznych. Przedmiotowe założenia wynikają z różnej wielkości stref niebezpiecznych dla całego spektrum transportowanych towarów niebezpiecznych. Do określenia maksymalnej odległości, w której będą odczuwalne skutki emisji towarów niebezpiecznych zastosowano średni szacunkowy zasięg strefy ERPG 2 dla chloru. Zasięg w/w strefy został wyznaczony w programie ALOHA¹⁰. Wartość ERPG 2 oznacza maksymalne stężenie w powietrzu danego związku chemicznego, poniżej którego prawie wszystkie osoby narażone przez jedną godzinę nie odniosą poważnych skutków zdrowotnych i będą w stanie ewakuować się o własnych siłach¹¹. Wybór chloru został poprzedzony analizą bazy danych stref zagrożenia, umieszczoną w obecnie najnowszej angielskojęzycznej wersji „Zasad postępowania ratowniczego”¹².

Poniżej przedstawiono zasięgi obszarów oddziaływania uwolnionych towarów niebezpiecznych na ludzi:

- I obszar (0-150 m), graniczna odległość 150 m jest to minimalna bezpieczna odległość, która powinna być zachowana na etapie dojazdu służb ratowniczych zgodnie z treścią „Elementarnych Zasad Bezpieczeństwa”¹³,
- II obszar (0-300 m), graniczna odległość 300 m jest związana ze średnią wartością wielkości strefy zagrożenia, która jest wyznaczana przez służby ratownicze podczas zdarzeń z udziałem towarów niebezpiecznych w transporcie drogowym,
- III obszar (0-1000 m), graniczna odległość 1000 m jest to maksymalna strefa zagrożenia w przypadku dużych wycieków przytoczona w obecnie najnowszej angielskojęzycznej wersji „Zasad postępowania ratowniczego”,
- IV obszar (0-2000 m), graniczna odległość 2000 m jest związana ze średnią strefą ostrzegania przy dużych wyciekach w dzień,
- V obszar (0-6000 m), graniczna odległość 6000 m jest to średni szacunkowy zasięg strefy ERPG 2 (wyznaczony w programie ALOHA) w przypadku uwolnienia chloru, zaliczanego do towarów niebezpiecznych, dla których występują największe strefy zagrożenia.

Sformułowano je w oparciu o literaturę dotyczącą wyznaczania stref zagrożenia, doświadczenia służb ratowniczych związane z likwidowaniem wypadków w transporcie drogowym oraz opracowania własne.

Określenie gęstości zaludnienia w obszarach narażonych na skutki emisji towarów niebezpiecznych

W celu przeprowadzenia analizy zagrożeń niezbędne było zastosowanie warstwy dotyczącej gęstości zaludnienia dla całego kraju. Do określenia gęstości zaludnienia wykorzystano: punkty adresowe z terenu całego kraju oraz dane pochodzące

¹⁰ <https://www.epa.gov/cameo/aloha-software>, (20.11.2016).

¹¹ <http://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/chemical-spills/resources/emergency-response-planning-guidelines-erpgs.html>, (20.11.2016).

¹² EmergencyResponseGuidebook (ERG) 2016.

¹³ Zasady Organizacja ratownictwa chemicznego i ekologicznego w KSRG, KG PSP. Warszawa 2013.

z Narodowego Spisu Powszechnego z 2011 roku. Metodę opracowania warstwy z gęstością zaludnienia przedstawiono poniżej.

1. Terytorium Polski zostało podzielone na obszary o wymiarach 1 km×1 km z przypisaną liczbą ludności do każdego z nich – dane pozyskane z GUS.
2. Dla każdego obszaru obliczono liczbę punktów adresowych, które znajdują się w jego granicach, obliczenia wykonano w programie GRASS GIS, korzystając z algorytmu „v.vect.stats”.
3. Dla każdego obszaru wykonano obliczenie: liczbę ludności przypisaną do danego obszaru podzielono przez liczbę punktów adresowych, która znajduje się w danym obszarze, obliczenia wykonano w programie GRASS GIS.
4. Do każdego punktu adresowego znajdującego się w danym obszarze przypisano powyższą wartość tj. szacunkową średnią liczbę osób, która w nim mieszka, było to możliwe dzięki zastosowaniu algorytmu „v.what.vect” w programie GRASS GIS. W/w wartość została zapisana w polu pn. „s_l_o”.

Ze względu na niekompletność danych związanych z przestrzennym rozmieszczeniem wszystkich budynków w kraju (z przypisanymi danymi na temat powierzchni i liczby kondygnacji) metoda jest uogólniona i nie uwzględnia informacji na temat rodzaju budynku (dom jednorodzinny, blok wielorodzinny), który został przypisany do danego punktu adresowego.

Określenie dla każdego odcinka drogi (o dł. 1 km) poziomu zagrożenia wynikającego z gęstości zaludnienia

Poziom zagrożenia został opracowany w skali pięciostopniowej. W celu przypisania poziomu zagrożenia do każdego odcinka drogi wykonano następujące operacje:

1. Warstwę dróg krajowych podzielono na odcinki o długości do 1 km. Operacje wykonano korzystając z algorytmu „v.split” w programie GRASS GIS.
2. Do każdej drogi krajowej przypisano punkty w odległościach co: 100, 125, 200, 400 i 500 metrów. W tym celu zastosowano algorytm „v.to.points” w programie GRASS GIS.
3. Następnie dla w/w warstwy punktów wykonano bufory o promieniach: 150 m, 300 m, 1000 m, 2000 m, 6000 m przy pomocy algorytmu „shapebuffer” w programie SAGA GIS.
4. W celu szybszego wykonania obliczeń warstwę populacji przycięto do buforów dróg krajowych o promieniach 150 m, 300 m, 1000 m, 2000 m, 6000 m. Bufory dróg wykonano w programie SAGA GIS, korzystając z algorytmu „shapebuffer”. Przycięcie populacji wykonano w programie SAGA, korzystając z algorytmu „select by location”. W wyniku powyższego działania opracowano statystykę (tabela 1) określającą procent populacji naszego kraju, która mieszka w pobliżu dróg krajowych (warstwy buforów dróg krajowych).

Tabela 1. Statystyka określająca procent populacji kraju, która mieszka w pobliżu dróg krajowych

| Promień buforu dla dróg krajowych | Liczba punktów adresowych znajdujących się w danym buforze | Liczba ludności znajdującej się w danym buforze | % ludności |
|-----------------------------------|--|---|------------|
| 150 | 491 437 | 2 930 475 | 7,68 |
| 300 | 881 953 | 5 565 690 | 14,58 |
| 1000 | 2 224 668 | 14 721 853 | 38,56 |
| 2000 | 3 379 348 | 21 827 063 | 57,17 |
| 6000 | 5 465 002 | 30 730 099 | 80,49 |
| cała Polska | 7 437 098 | 38 179 065 | 100 |

Źródło: Opracowanie własne.

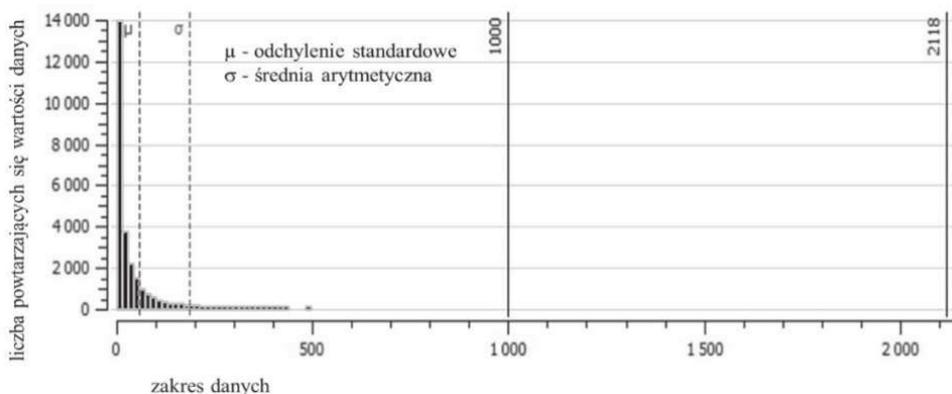
5. W następnej kolejności wykonano obliczenia ilości punktów adresowych oraz sumy liczby osób dla każdego buforu opisanego w punkcie 3. Liczbę osób w w/w buforach obliczono poprzez zsumowanie wartości zawartych w polach o nazwie „s_l_o” przypisanych do każdego punktu adresowego. Operacje wykonano algorytmem „point statistic for polygons” (SAGA).
6. W kolejnym etapie analizy wszystkie bufory z przypisaną sumą liczby osób zamieniono na warstwę punktową. Było to możliwe dzięki zastosowaniu algorytmu „polygon centroids” w programie SAGA.
7. W następnej kolejności wyznaczono bufor o szerokości 20 m dla warstwy dróg krajowych podzielonych na odcinki o dł. do 1 km. Każdy odcinek otrzymał osobny bufor. Było to możliwe dzięki zastosowaniu programu SAGA i algorytmu „shapbuffer”.
8. Dla powyższej warstwy (bufory odcinków dróg krajowych) obliczono sumę ilości wszystkich centroidów buforów, które znajdowały się w jego obszarze oraz sumę pól: „s_l_o” zawartych we wszystkich centroidach poligonów, które były w jego obszarze. Do obliczeń zastosowano program SAGA i algorytm „point statistic for polygons”. Obliczenia wykonano osobno dla każdej grupy buforów o długościach: 150 m, 300 m, 1000 m, 2000 m i 6000 m.
9. Na podstawie powyższych obliczeń powstało 5 warstw, do których dodano pole: „s_l_o_zagr” – średnia liczba osób zagrożonych. Wartość tego pola to wynik dzielenia sumy pól „s_l_o” przez sumę ilość wszystkich centroidów.
10. Kolejnym etapem było obliczenie zakresów zmienności na podstawie odchylenia standardowego dla pól „s_l_o_zagr” we wszystkich 5 w/w warstwach. Obliczono je dla całego zakresu danych i podzielono na 5 poziomów. Do każdej warstwy dodano pole o odpowiedniej nazwie: „pz_150m”, „pz_300m”, „pz1000m”, „pz2000m”, „pz6000m”. Do każdego pola przypisano wartości zgodnie z podziałem na 5 poziomów zagrożeń, gdzie „1” oznacza poziom zagrożenia, do którego przypisano odcinki dróg, wokół których mieszka najmniej osób zgodnie z podziałem opracowanym na podstawie zakresów zmienności związanych z odchyleniem standardowym ($< 0,2\sigma$), a „5”

oznacza poziom zagrożenia, do którego przypisano odcinki dróg, wokół których mieszka najwięcej osób zgodnie z podziałem opracowanym na podstawie zakresów zmienności związanych z odchyleniem standardowym ($> 2,4\sigma$). W tabeli 2 przedstawiono poziomy zagrożenia dla odcinków dróg krajowych o długości do 1 km na podstawie zakresów zmienności związanych z odchyleniem standardowym dla średniej liczby osób zamieszkujących wokół nich dla odległości: 150 m, 300 m, 1000 m, 2000 m i 6000 m. Dzięki zastosowaniu odchylenia standardowego indywidualnie dla każdej odległości, była możliwość określenia poziomu ryzyka dla danego odcinka drogi w zależności od rodzaju towaru niebezpiecznego, który nią transportowany. Biorąc pod uwagę wszystkie rodzaje transportowanych towarów niebezpiecznych zasięg stref zagrożenia jest bardzo różnicowany, ponieważ wynosi od kilkunastu metrów do kilkunastu kilometrów. Na wykresach: 1 i 2 przedstawiono przykładowe histogramy dla danych dotyczących średniej liczby osób zamieszkujących wzdłuż drogi krajowej w odległościach 150 m i 6000 m.

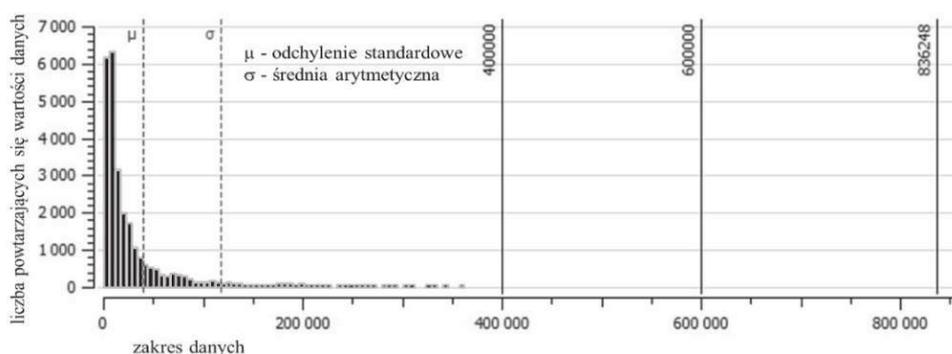
Tabela 2. Poziomy zagrożenia dla odcinków dróg krajowych o długości do 1 km opracowane na podstawie zakresów zmienności związanych z odchyleniem standardowym dla średniej liczby osób zamieszkujących wokół nich dla odległości: 150 m, 300 m, 1000 m, 2000 m i 6000 m

| | | zagregowana do odcinków o długości do 1 km średnia liczba osób zamieszkujących wzdłuż drogi krajowej w odległości | | | | |
|---|-----------------------------------|---|--|--|---|--|
| | | 6000 m (średnia z 2 punktów na kilometr) | 2000 m (średnia z 2,5 punktów na kilometr) | 1000 m (średnia z 5 punktów na kilometr) | 300 m (średnia z 8 punktów na kilometr) | 150 m (średnia z 10 punktów na kilometr) |
| poziom zagrożenia dla odcinka o długości 1 km | zakres danych | 60 - 836 248 | 0 - 141 944 | 0 - 52 151 | 0 - 6 010 | 0 - 2 118 |
| | średnia arytmetyczna- μ | 39 318,18 | 6 723,27 | 2005,65 | 209,13 | 55,92 |
| | odchylenie standardowe - σ | 78 290,19 | 14 535,24 | 4593,53 | 502,44 | 129,83 |
| | zakres zmienności | | | | | |
| 1 | $< 0,2\sigma$ | 60 - 15658 | 0 - 2907 | 0 - 919 | 0 - 100 | 0 - 26 |
| 2 | $0,2\sigma - 0,8\sigma$ | 15658 - 62632 | 2907 - 11628 | 919 - 3 675 | 100 - 402 | 26 - 104 |
| 3 | $0,8\sigma - 1,6\sigma$ | 62632 - 125264 | 11628 - 23256 | 3 675 - 7 350 | 402 - 804 | 104 - 208 |
| 4 | $1,6\sigma - 2,4\sigma$ | 125264 - 187896 | 23 256 - 34 885 | 7350 - 11 024 | 804 - 1206 | 208 - 312 |
| 5 | $> 2,4\sigma$ | 187896 - 836248 | 34885 - 141 944 | 11 024 - 52 151 | 1206 - 6010 | 312 - 2118 |

Źródło: Opracowanie własne.



Wykres 1. Histogram dla danych dotyczących średniej liczby osób zamieszkujących wzdłuż drogi krajowej w odległości 150 m
 Źródło: Opracowanie własne, program QGIS



Wykres 2. Histogram dla danych dotyczących średniej liczby osób zamieszkujących wzdłuż drogi krajowej w odległości 6000 m
 Źródło: Opracowanie własne, program QGIS.

11. W wyniku powyższej operacji otrzymano 5 poligonowych warstw z 20-metrowymi buforami odcinków dróg o długości do 1 km z tabelą atrybutów rozbudowaną o dane wymienione w punkcie 10. Dla przedmiotowych warstw wyznaczono warstwy punktowe z taką samą tabelą atrybutów, które znajdują się w ich obrębie. Operacje wykonano w programie QGIS korzystając z algorytmu „point on surface”.
12. W kolejnym etapie połączono wszystkie warstwy punktowe, w sposób, w wyniku, którego powstała pojedyncza warstwa punktowa, której tabela atrybutów zawierała następujące pola: „pz_150”, „pz_300”, „pz_1000”, „pz_2000”, „pz_6000”. Operacje wykonano w programie QGIS korzystając z algorytmu „złącz atrybuty według lokalizacji”.
13. W następnym etapie analizy dodano pole „sr_pz”, do którego przypisano wartość średniej ważonej dla wszystkich pól wymienionych w punkcie 10 (stopień dokładności określono na poziomie liczb całkowitych) – jest to

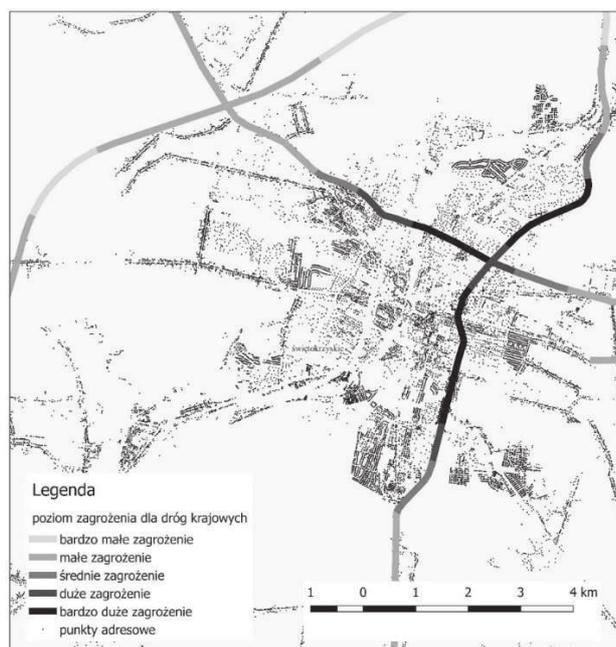
końcowy wynik poziomu zagrożenia. W tabeli 3 zawarto średnie ważone dla poszczególnych pól. Przypisanie wartości do wag dla wszystkich odległości jest związane z prawdopodobieństwem wystąpienia zdarzenia z udziałem towarów niebezpiecznych generujących zagrożenie na danym obszarze. Największe wagi przyjęto dla odległości: 150 m, 300 m i 1000 m ze względu na najczęściej transportowane rodzaje towarów niebezpiecznych, które generują niewielkie strefy zagrożenia podczas wypadków¹⁴.

Tabela 2. Wagi dla poszczególnych poziomów zagrożeń

| pz | pz 6000 m | pz 2000 m | pz 1000 m | pz 300 m | pz 150 m |
|------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| waga | 0,15 | 0,17 | 0,20 | 0,23 | 0,25 |

Źródło: Opracowanie własne.

- Ostatnim etapem analizy było przypisanie tabeli atrybutów warstwy punktowej z polem „sr_pz” do warstwy odcinków dróg krajowych o długości do 1 km. Wykonano to w programie QGIS korzystając z algorytmu „złącz atrybuty według lokalizacji”. Dzięki tej operacji do każdego odcinka drogi przypisano wartość średniego poziomu zagrożenia.



Mapa 2. Przykładowy wycinek obszaru Polski (okolice Kielc) przedstawiający metodykę opracowania poziomu zagrożenia dla dróg

Źródło: Opracowanie własne, program QGIS.

¹⁴ M. Pająk, M. Madej, D. Ozimina, K. Milewski, *Wypadki w transporcie drogowym towarów niebezpiecznych – analiza zdarzeń z lat 2010-2015*, Autobusy 9/2016, s. 85-91.

Na mapie 2 przedstawiono przykładowy wycinek obszaru Polski, na którym umieszczono drogi krajowe wraz z przypisanym uśrednionym poziomem zagrożenia oraz rozmieszczenie punktów adresowych.

Mapa zagrożeń

Efektom końcowym przeprowadzenia wszystkich analiz było opracowanie warstwy dróg krajowych podzielonych na odcinki o długości do 1 km z przypisanymi poziomami zagrożenia w 5-stopniowej skali. Na mapie 3 przedstawiono obszar całego kraju z drogami krajowymi, do których został przypisany uśredniony poziom zagrożenia.



Mapa 3. Mapa zagrożeń dla obszaru Polski

Źródło: Opracowanie własne, program QGIS.

Z analizy powyższej mapy wynika, że budowa obwodnic wokół gęsto zaludnionych obszarów w największym stopniu wpływa na obniżenie poziomu zagrożenia związanego z transportem drogowym towarów niebezpiecznych.

Wnioski

1. Przedmiotowa analiza jest niezbędna od opracowania kompleksowej mapy ryzyka związanego z transportem drogowym towarów niebezpiecznych.
2. W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono, że w bezpośrednim sąsiedztwie dróg krajowych (obszar o promieniu 300 m) zamieszkuje około 15%

populacji ludności Polski. Biorąc pod uwagę statystykę zdarzeń, jest to obszar o największym ryzyku wystąpienia skutków wypadków w transporcie drogowym z udziałem towarów niebezpiecznych.

3. W obszarze o promieniu 6000 m od dróg krajowych zamieszkuje ponad 80% populacji ludności. Jest to obszar potencjalnie zagrożony w przypadku emisji towarów niebezpiecznych stwarzających największe ryzyko zagrożenia.
4. Analizując poziom zagrożenia dla poszczególnych dróg krajowych należy stwierdzić, że transport towarów niebezpiecznych z wykorzystaniem obwodnic w okolicach gęsto zaludnionych aglomeracji miejskich, w bardzo dużym stopniu obniża poziom zagrożenia.
5. Mapa zagrożeń, która została opracowana w wyniku przeprowadzonej analizy powinna być brana pod uwagę podczas wyznaczania dróg tranzytowych dla transportu towarów niebezpiecznych.
6. W celu bardziej wiarygodnego oszacowania poziomu zagrożenia dróg dla transportu towarów niebezpiecznych należy rozbudować metodykę o elementy związane z czynnikami mającymi wpływ na zasięg i rozprzestrzenianie się chemikaliów, m. in. o ukształtowanie terenu i zalesienie.

Bibliografia

- CODGIK, dane bez opłat, <http://www.codgik.gov.pl/index.php/darmowe-dane.html>, (20.11.2016).
EmergencyResponseGuidebook (ERG) 2016
GUS, portal geostatystyczny, https://geo.stat.gov.pl/start/-/asset_publisher/jNfJiIujcyRp/content/id/36734, (20.11.2016).
<http://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/chemical-spills/resources/emergency-response-planning-guidelines-erpgs.html>, (20.11.2016).
<https://www.epa.gov/comeo/aloha-software>, (20.11.2016).
Pająk M., Madej M., Ozimina D., Milewski K., *Transport drogowy towarów niebezpiecznych – prognoza na lata 2015-2020*, Autobusy 4/2016.
Pająk M., Madej M., Ozimina D., Milewski K., *Wypadki w transporcie drogowym towarów niebezpiecznych – analiza zdarzeń z lat 2010-2015*, Autobusy 9/2016.
Zasady Organizacja ratownictwa chemicznego i ekologicznego w KSRG, KG PSP, Warszawa 2013.

Abstract

Population density as a criterion for the hazard map development for the transport of dangerous goods

The paper presents a hazard map for the transport of dangerous goods by road and a methodology for development of the map. The main criterion of the methodology is population density. The map includes sections of national roads in Poland (1 km in length) with assigned levels of risks on a 5-point scale.

Keywords: transport, dangerous goods, hazard map, population density