

## ANALIZY ZANIECZYSZCZEŃ KOMUNIKACYJNYCH NA TERENACH ZABUDOWANYCH Z WYKORZYSTANIEM GIS

Anna Żak<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Wydział Inżynierii Materiałów, Budownictwa i Środowiska, Instytut Budownictwa, Akademia Techniczno-Humanistyczna Bielsko-Biała, ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, e-mail: azak@ath.bielsko.pl

### STRESZCZENIE

Emitowane przez pojazdy zanieczyszczenia mają bezpośredni i pośredni wpływ na człowieka i otaczające go środowisko. Zagrożenia zanieczyszczeniami wiążą się z natężeniem ruchu, kształtem układu komunikacyjnego i strukturą rodzajową ruchu. Systemy GIS stwarzają duże możliwości wspomagania analiz komunikacyjnych w różnych aspektach, w tym także związanych z zanieczyszczeniami powietrza i hałasem pochodzenia komunikacyjnego. W artykule przedstawiono możliwości zastosowania GIS do przeprowadzania analiz emisji zanieczyszczeń komunikacyjnych na terenach zabudowanych

**Słowa kluczowe:** ruch drogowy, sieć drogowo-uliczna, GIS, zanieczyszczenia powietrza, hałas komunikacyjny,

### ANALYSIS OF TRANSPORT POLLUTION AT THE URBAN AREAS WITH GIS APPLICATION

#### ABSTRACT

Air pollutants which are emitted by vehicles have direct and indirect influence on people and surrounding environment. Pollution-related threats are connected with the traffic volume, shape of road network and traffic components. GIS systems make offers great possibilities to support transportation analyses in different aspects, including those connected with air pollutions and noise arising from road traffic. The paper presents possibilities of GIS applications for analyses of emissions of air pollutants from transport in the urban areas.

**Keywords:** road traffic, road network, GIS, air pollutions, traffic noise

### WSTĘP

Zagrożenia dla środowiska związane z komunikacją kołową pochodzą zasadniczo z dwóch źródeł i są to:

- ruch pojazdów,
- droga jako obiekt budowlany (obecność drogi, jej budowa i eksploatacja).

W okresie ostatnich dwudziestu pięciu lat liczba zarejestrowanych pojazdów, wg [Park pojazdów zarejestrowanych w Polsce... 2016], wzrosła trzykrotnie, największy przyrost nastąpił w grupie samochodów osobowych (tab. 1). Wzrasta nadal, według [Opoczyński 2016a i 2016b], obciążenie ruchem sieci dróg krajowych i wojewódzkich (tab. 2), jednak dynamika tego wzrostu

**Tabela 1.** Liczba zarejestrowanych pojazdów w Polsce (tys. szt.)

**Table 1.** Number of registration vehicles in Poland

| Rodzaj pojazdu                         | 1990 | 2000  | 2010  | 2015  |
|----------------------------------------|------|-------|-------|-------|
| Samochody osobowe                      | 5261 | 9991  | 17240 | 20723 |
| Samochody ciężarowe i ciągniki drogowe | 1045 | 1879  | 2982  | 3429  |
| Autobusy                               | 92   | 82    | 97    | 110   |
| Motocykle                              | 1356 | 803   | 1013  | 1272  |
| Inne                                   | 1287 | 1351  | 1706  | 1875  |
| Razem                                  | 9041 | 14106 | 23037 | 27409 |

**Tabela 2.** Obciążenie ruchem sieci dróg krajowych i wojewódzkich**Table 2.** Traffic volume on national and voivod roads

| Drogi            | Średni dobowy ruch roczny pojazdów silnikowych (poj./dobę) |       |
|------------------|------------------------------------------------------------|-------|
|                  | 2010                                                       | 2015  |
| Wojewódzkie      | 3398                                                       | 3520  |
| Krajowe          | 9888                                                       | 11178 |
| w tym:           |                                                            |       |
| – międzynarodowe | 16667                                                      | 20067 |
| – pozostałe      | 7097                                                       | 7614  |

**Tabela 3.** Wskaźniki zmian ruchu pojazdów silnikowych**Table 3.** Ratio of change in motor vehicle traffic

| Drogi            | Wskaźniki zmian w ruchu w latach |             |
|------------------|----------------------------------|-------------|
|                  | 2005 – 2010                      | 2010 – 2015 |
| Wojewódzkie      | 1,23                             | 1,04        |
| Krajowe          | 1,22                             | 1,14        |
| w tym:           |                                  |             |
| – międzynarodowe | 1,21                             | 1,17        |
| – pozostałe      | 1,23                             | 1,12        |

w ostatnim pięcioleciu jest już mniejsza (tab. 3). Największe obciążenie ruchem jest w woj. śląskim i wynosi ono na drogach krajowych 20017 (poj./dobę) w tym na drogach międzynarodowych 38848 (poj./dobę) a na pozostałych 13409 (poj./dobę).

Wzrosła także w Polsce długość sieci drogowej – w roku 2000 ogółem wynosiła ona 372977 km, a w roku 2013 już 415971 km. Istotny wzrost dotyczy autostrad (2003 r. – 405 km, 2013 r. – 1517 km) i dróg ekspresowych (2003 r. – 226 km, 2013 r. – 1453 km). Te dwie klasy techniczne dróg, zaliczane zgodnie z [Dz.U. 2004 Nr 257, poz. 2573] do inwestycji mogących znacząco oddziaływać na środowisko wymagają, zgodnie z [Dz.U. 2001 Nr 62, poz. 627] uzyskania tzw. decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach.

## ODDZIAŁYWANIE RUCHU POJAZDÓW ORAZ DROGI NA POSZCZEGÓLNE ELEMENTY ŚRODOWISKA

Ruch drogowy jak i droga oddziałują na środowisko zarówno w sposób bezpośredni jak i pośredni. Do najistotniejszych bezpośrednich i negatywnych oddziaływań należą wg [Datka i in. 1997]:

- emisja zanieczyszczeń do powietrza,
- zanieczyszczenie wód powierzchniowych, podziemnych oraz pogorszenie stosunków wodnych,

- hałas drogowy i drgania,
- naruszenie powierzchni ziemi włącznie z glebą, osuwiska,
- zajęcie terenu, wyburzenia, wywłaszczenia, zmiana przeznaczenia gruntów,
- rozdzielanie ekosystemów,
- wpływ na faunę i florę,
- rozdzielanie pól i wspólnot społeczno-gospodarczych,
- zmiany w krajobrazie,
- wpływ na grunty rolne i leśne,
- oddziaływanie na dobra kultury,
- zdrowie i bezpieczeństwo ludzi.

Natomiast do pozytywnych oddziaływań należy wg [Gaca i in. 2008]:

- stworzenie możliwości obsługi transportowej obszaru,
- porządkowanie układów urbanistycznych,
- w przypadku obwodnic możliwość przemieszczania ruchu poza centra, tym samym ograniczenie niekorzystnych wpływów na ludzi.

Z uwagi na specyfikę ruchu zamiejskiego (tereny poza zabudową) i miejskiego (tereny zabudowane) można wyróżnić według [Gaca i in. 2008] obszary oddziaływania ruchu (tab. 4). Z przedstawionych informacji wynika, że oddziaływanie ruchu mają bezpośredni i pośredni wpływ na człowieka i otaczające go środowisko.

## ZANIECZYSZCZENIA I ZAGROŻENIA ZWIĄZANE Z RUCHEM POJAZDÓW

Podczas eksploatacji pojazdów, ich ruchu i pracy silnika powstają zanieczyszczenia związane ze spalaniem paliw w silniku, ścieraniem się opon i okładzin hamulcowych, wyciekami oleju. Powstają wtedy między innymi: tlenki azotu ( $\text{NO}_x$ ), tlenek węgla ( $\text{CO}$ ), dwutlenek węgla ( $\text{CO}_2$ ), tlenki siarki ( $\text{SO}_x$ ), węglowodory alifatyczne i aromatyczne (WWA), aldehydy, kadm, cynk, ołów (Pb), sadza, siarczany, para wodna, utleniacze fotochemiczne (przy katalizatorze) oraz inne cząstki pyłowe.

Ilości i proporcje wydzielanych substancji zależą przede wszystkim od typu silnika i jego stanu technicznego, rodzaju i jakości paliwa, warunków pracy silnika i sposobu jazdy. Także hałas komunikacyjny uznawany jest za czynnik zanieczyszczający środowisko.

Hałas – dźwięki zazwyczaj o nadmiernym natężeniu (zbyt głośne) w danym miejscu i cza-

**Tabela 4.** Obszary oddziaływania ruchu i ich charakterystyka**Table 4.** Areas of traffic influence and their characteristics

| Środowisko / otoczenie   |                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Oddziaływanie na:        |                                                                                                                                                                                                                         |
| Warunki ekologiczne      | Zanieczyszczenie powietrza<br>Hałas<br>Zanieczyszczenie wód i gleby<br>Drgania<br>Mikroklimat                                                                                                                           |
| Teren zamiejski (obszar) | Środowisko zwierząt, biotop i funkcje ochronne<br>Funkcje rekreacyjne i kulturowe<br>Rzeźba terenu<br>Krajobraz<br>Regulacyjne i regeneracyjne funkcje gleby, wody i powietrza<br>Gospodarcze wykorzystanie dóbr natury |
| Przestrzeń miejska       | Pojedyncze budowle<br>Place<br>Funkcje rekreacyjne i kulturowe<br>Krajobraz miejski<br>Wnętra ulic<br>Rozwiązania urbanistyczne                                                                                         |
| Warunki zamieszkania     | Uporządkowanie terenu<br>Różnorodność zagospodarowania<br>Możliwości gospodarcze<br>Ograniczenia w korzystaniu z terenu                                                                                                 |
| Aktywność mieszkańców    | Efekt bariery – podział wspólnot<br>Wymagania w użytkowaniu terenu<br>Formy aktywności gospodarczej i społecznej                                                                                                        |
| Miejsce pobytu           | Dostępność<br>Jakość położenia<br>Jakość obsługi transportowej<br>Możliwości gospodarcze                                                                                                                                |

sie, odbierane jako: bezcelowe, następnie uciążliwe, przykre, dokuczliwe, wreszcie szkodliwe. O szkodliwości hałasu dla zdrowia człowieka wiadomo od dawna.

Uciążliwości związane z hałasem oraz zanieczyszczenia powietrza to zagrożenia najbardziej odczuwane przez mieszkańców miast. Szacuje się, około 21% terenu Polski i około 33% ludności objętych jest ponadnormatywnym hałasem. Zagrożenie to rośnie w miastach i na terenach silnie zurbanizowanych.

Istnieje szereg możliwości dotyczących ograniczenia wpływu zagrożeń środowiskowych, związanych z szeroko pojętą komunikacją kołową, zarówno na etapie biernej jak i czynnej ochrony środowiska w drogownictwie [Żak 1996].

## SYSTEMY GIS

W ostatnich latach zaobserwować można wzrost znaczenia zastosowań programów GIS (ang. Geographic Information System) w dziedzinach związanych z zarządzaniem drogami, inżynierią drogową oraz projektowaniem drogowym na poziomie systemów komunikacyjnych.

Jest to ogólny trend spowodowany upowszechnianiem się komputerowych technik analiz przestrzennych w dziedzinach, które operują danymi z dokładną lokalizacją przestrzenną obiektów powiązanych z dodatkowymi informacjami, dającymi się zapisać w tradycyjnej formie alfanumerycznej.

Systemy GIS służą do obsługi map cyfrowych i skorelowanych z nimi baz danych, pomagają w tworzeniu map tematycznych oraz analizie danych znajdujących się na mapie i w bazach danych. Większość danych, zbieranych we współczesnym świecie, ma odniesienie geograficzne, a więc istnieje możliwość ich przetwarzania w systemach GIS.

Komputerowe systemy baz danych są rozwiniętą grupą oprogramowania. Ich zadanie sprowadza się do przechowywania, a następnie do przetwarzania informacji o analizowanych elementach. Atrybuty w programach GIS są wprowadzane z różnych źródeł lub importowane z istniejących baz danych.

## ZASTOSOWANIE GIS W ANALIZACH ZANIECZYSZCZEŃ KOMUNIKACYJNYCH

Wykorzystanie GIS w opracowaniu danych wejściowych pozwala według [Baryżewska, Mazurkiewicz 2002] na:

- operowanie rzeczywistą, osadzoną w prawidłowym układzie współrzędnych siecią drogowo-uliczną miasta o dowolnym stopniu komplikacji,
- dowolne kształtowanie rejonów komunikacyjnych,
- dowolną agregację danych,
- uzyskanie rzeczywistych rozkładów parametrów ruchowych na obszarze miasta.

Do wykonania analiz zanieczyszczeń od ruchu pojazdów niezbędne są zgodnie z [Baryżewska, Żak 2009]:

- plan adresowy,
- zgeokodowane bazy danych o ludności, pojazdach,

- podział obszaru na rejony komunikacyjne,
- zwektoryzowanie sieci drogowo-ulicznej miasta objętego opracowaniem,
- dane o ruchu (istniejącym, prognozowanym),
- opracowanie modelu ruchu dla stanu istniejącego.

Zgeokodowanie baz o mieszkańcach i pojazdach na plan adresowy pozwala na uzyskanie rzeczywistego rozkładu ludności i pojazdów na analizowanym obszarze miasta. W kolejnym etapie przygotowana baza danych poddawana jest agregacji w obrębie rejonów komunikacyjnych lub innych wybranych obszarów w celu wykonania modelu ruchu w stanie istniejącym.

Uzyskany model służy do przeprowadzania symulacji ruchowych metodą modelowania dla różnych założonych horyzontów czasowych z uwzględnieniem (przyszłych) projektowanych inwestycji drogowo-ulicznych, wzrostu wskaźnika motoryzacji oraz nowopowstających dużych obiektów ruchotwórczych.

Na rysunku 1 przedstawiono zestawienie wszystkich uwarunkowań dotyczących środowiska w kontekście projektowanego rozwiązania komunikacyjnego. Daje to możliwość określenia potencjalnych konfliktów i różnych zagrożeń dla przyjętej koncepcji.

## ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA I HAŁAS KOMUNIKACYJNY

Dane dotyczące emisji zanieczyszczeń powietrza i hałasu obliczane były według instrukcji [Obliczanie oddziaływań ruchu ulicznego... 1993], a w obliczeniach wielkości emisji uwzględniono:

- natężenie ruchu,
- strukturę rodzajową pojazdów,
- długość poszczególnych odcinków sieci,
- prędkość ruchu,
- parametry techniczne sieci ulic,
- typ drogi i obszaru, w którym położony jest odcinek.

Obliczenia wykonane w [Baryżewska, Mazurkiewicz 2002] dotyczyły substancji takich jak:

- dwutlenek siarki  $\text{SO}_2$ ,
  - tlenki azotu  $\text{NO}_x$ ,
  - tlenek węgla  $\text{CO}$ ,
  - węglowodory  $\text{C}_x\text{H}_y$ ,
  - ołów Pb,
- oraz emisji hałasu.

Obliczenia wykonano przy pomocy wskaźników określających emisję w (g/kg) zużytego paliwa, które w większości zależą od typu silnika, prędkości jazdy i spadku niwelety. Suma emisji substancji szkodliwych dla odcinka, wybranej grupy odcinków lub całej sieci daje możliwość porównania wariantów rozwiązań komunikacyjnych pod względem szkodliwości dla otoczenia.

Przy ograniczonym zakresie informacji, w opracowaniu [Wskazówki dla wojewódzkich inwentaryzacji emisji... 2003], proponuje się wyznaczanie charakterystyk emisji zanieczyszczeń do powietrza w oparciu o wskaźniki spalania paliw przez silniki samochodowe w zależności od prędkości poruszania się po analizowanej drodze.

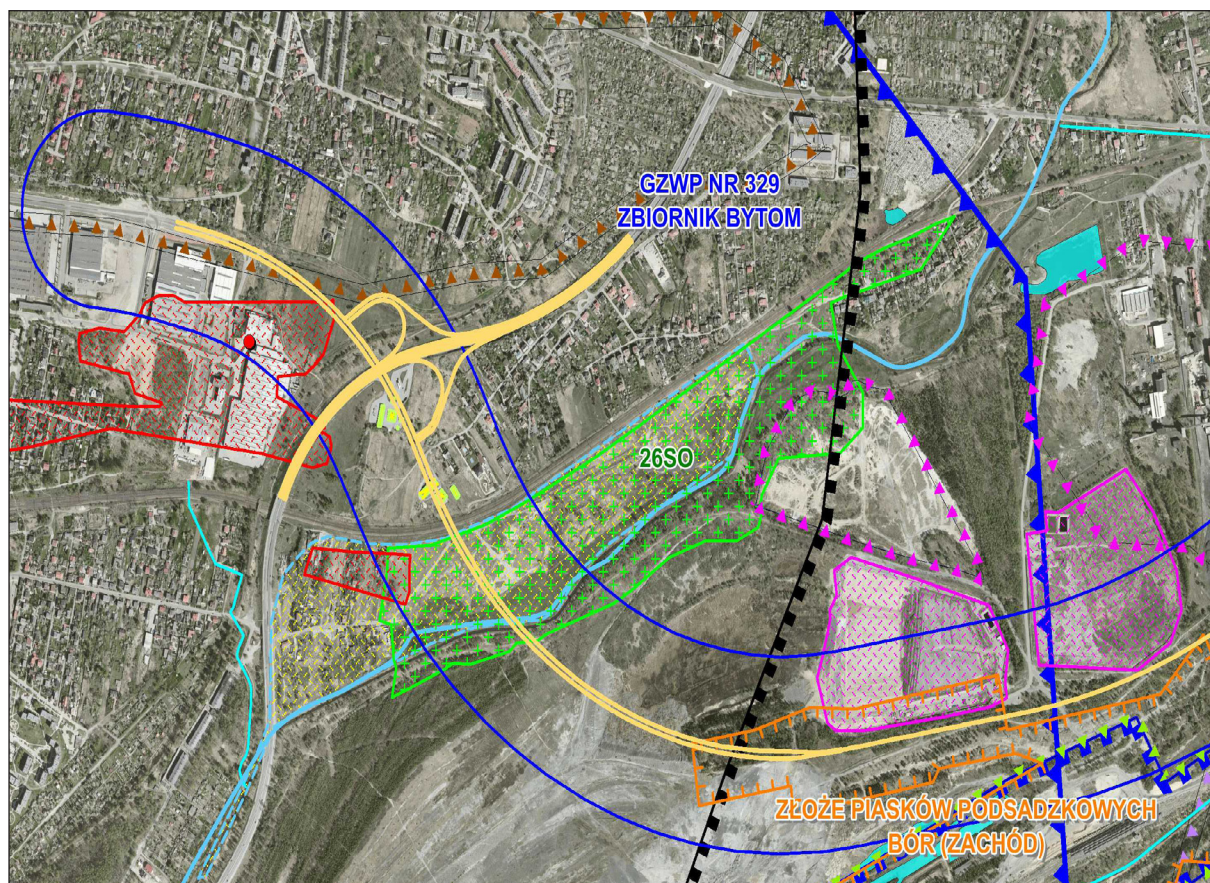
W odniesieniu do hałasu przyjęto w [Baryżewska, Mazurkiewicz 2002] założenie, że wskaźniki emisji hałasu wyrażone w (J/km) zostaną zdefiniowane dla poszczególnych typów pojazdów. W ten sposób możliwe będzie obliczenie emisji hałasu, odzwierciedlające energię akustyczną wyemitowaną na odcinku przez przejeżdżające pojazdy, co również umożliwia porównywanie wariantów rozwiązań komunikacyjnych.

Na rysunku 2 przedstawiono oddziaływania hałasu na otoczenie, dla projektowanej koncepcji rozwiązania komunikacyjnego, przed i po zastosowaniu zabezpieczeń przeciwhałasowych w kontekście wymagań dopuszczalnych poziomów hałasu. Na rysunku 3 przedstawiono izofony poziomu dopuszczalnego dźwięku dla różnych horyzontów czasowych, dla wariantu z zabezpieczeniami przeciwhałasowymi i bez nich.

## PODSUMOWANIE

Systemy GIS przynoszą możliwości wspomagania analiz komunikacyjnych w różnych aspektach np.: zarządzaniu pasem drogowym, przeprowadzaniu analiz funkcjonowania komunikacji zbiorowej, projektowaniu koncepcji tras rowerowych w miastach, integracji komunikacji zbiorowej i rowerowej, analiz izochronowych oraz innych. Zastosowanie GIS-ów oraz analiza baz danych o ruchu, ludności, sieci drogowo-ulicznej pozwala na uzyskanie obrazu zachodzących procesów z ich rozkładem przestrzennym. Szybkość przetwarzania danych oraz wbudowane w system narzędzia służące do analiz ilościowych, statystycznych, przestrzennych – ułatwiają przedstawienie, objaśnienie i zrozumienie zależności pomiędzy kształtem sieci drogowo-ulicznej





**OBJAŚNIENIA:**

— Projektowana droga i węzeł

□ Granica opracowania

▤ Obszary Natura 2000

■ Użytki ekologiczne

Tereny wskazujące w "Opracowaniu ekofizjograficznym dla miasta Sosnowca" jako cenne pod względem przyrodniczym:  
 26So - Łąki w dolinie rzeki Bobrek  
 36So - Jezioro Balaton wraz z otoczeniem  
 42So - Wilgotne i suche łąki w Ostrowach Górniczych  
 43So - Zbiornik Wodny i jego otoczenie w Ostrowach Górniczych  
 44So - Obszar śródleśnych torfowisk w Maczkach

— Granica GZWP nr 329 Zbiornik Bytom

▲▲ Granica zasięgu występowania użytkowego poziomu wodonośnego w utworach triasowych i karbońskich

▲▲ Granica zasięgu występowania użytkowego poziomu wodonośnego w utworach triasowych

▲▲ Granica zasięgu występowania użytkowego poziomu wodonośnego w utworach czwartorzędowych i karbońskich

— Cieki posiadające oficjalne hydronimy

— Cieki pozostałe

■ Zbiorniki wód powierzchniowych

▤ Teren strefy zalewowej cieków Bobrek

▤ Granice złóż węgla kamiennego (ze względu na skomplikowany przebieg granic poszczególnych złóż wskazano wspólną granicę wszystkich złóż)

▤ Granice złóż piasków podsadzkowych

▲▲ Obszar górniczy wyznaczony dla eksploatacji węgla kamiennego

▲▲ Obszar górniczy wyznaczony dla eksploatacji piasków podsadzkowych

▤ Teren górniczy wyznaczony dla eksploatacji węgla kamiennego

▤ Teren górniczy wyznaczony dla eksploatacji piasków podsadzkowych

▤ Tereny płytkiej podziemnej eksploatacji węgla kamiennego

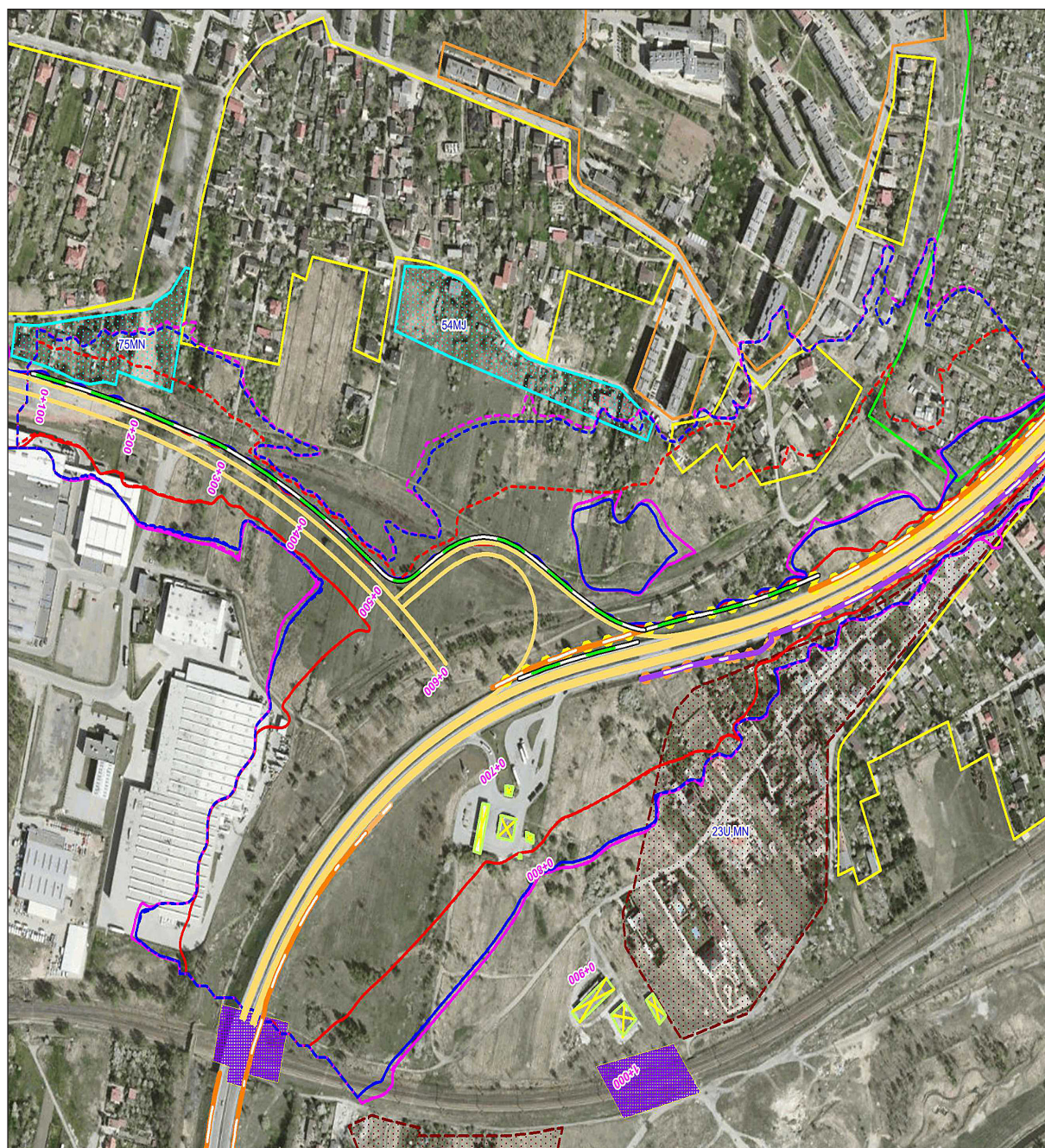
▤ Tereny składowisk odpadów komunalnych

● Zlikwidowane szyby

▤ Budynki planowane do wyburzeń

**Rys. 1.** Uwarunkowania środowiskowe dla koncepcji rozwiązania komunikacyjnego  
**Fig. 1.** Environmental conditions for road transportation solution idea





**LEGENDA:**

- osie proj. drogi i węzła
- granice terenu zamkniętego
- obiekty do wyburzenia
- ekrany akustyczne istniejące
- ekrany akustyczne projektowane
- ekrany akustyczne do realizacji przez GDDKiA wg Harmonogramu Inwestycyjnego na lata 2017-2018
- ekrany akustyczne do realizacji przez GDDKiA wg Harmonogramu Inwestycyjnego na lata 2017-2018 wymagające korekty (przesunięcia lub skrócenia) przy realizacji węzła na S1
- ekran akustyczny istniejący do rozbiórki i korekty lokalizacyjno-wysokościowej przy realizacji węzła na S1

**granica terenu chronionego o określonym poziomie dopuszczalnym hałasu [pora dzienna/pora nocna]:**

- 61/56 dB - wg MPZP
- 65/56 dB - wg MPZP
- 61/56 - dB - wg kwalifikacji zgodnie z Art.115 POŚ
- 65/56 - dB - wg kwalifikacji zgodnie z Art.115 POŚ
- 61/- dB - wg kwalifikacji zgodnie z Art.115 POŚ
- 65/- dB - wg kwalifikacji zgodnie z Art.115 POŚ

**zasiegi oddziaływania przedsięwzięcia:**

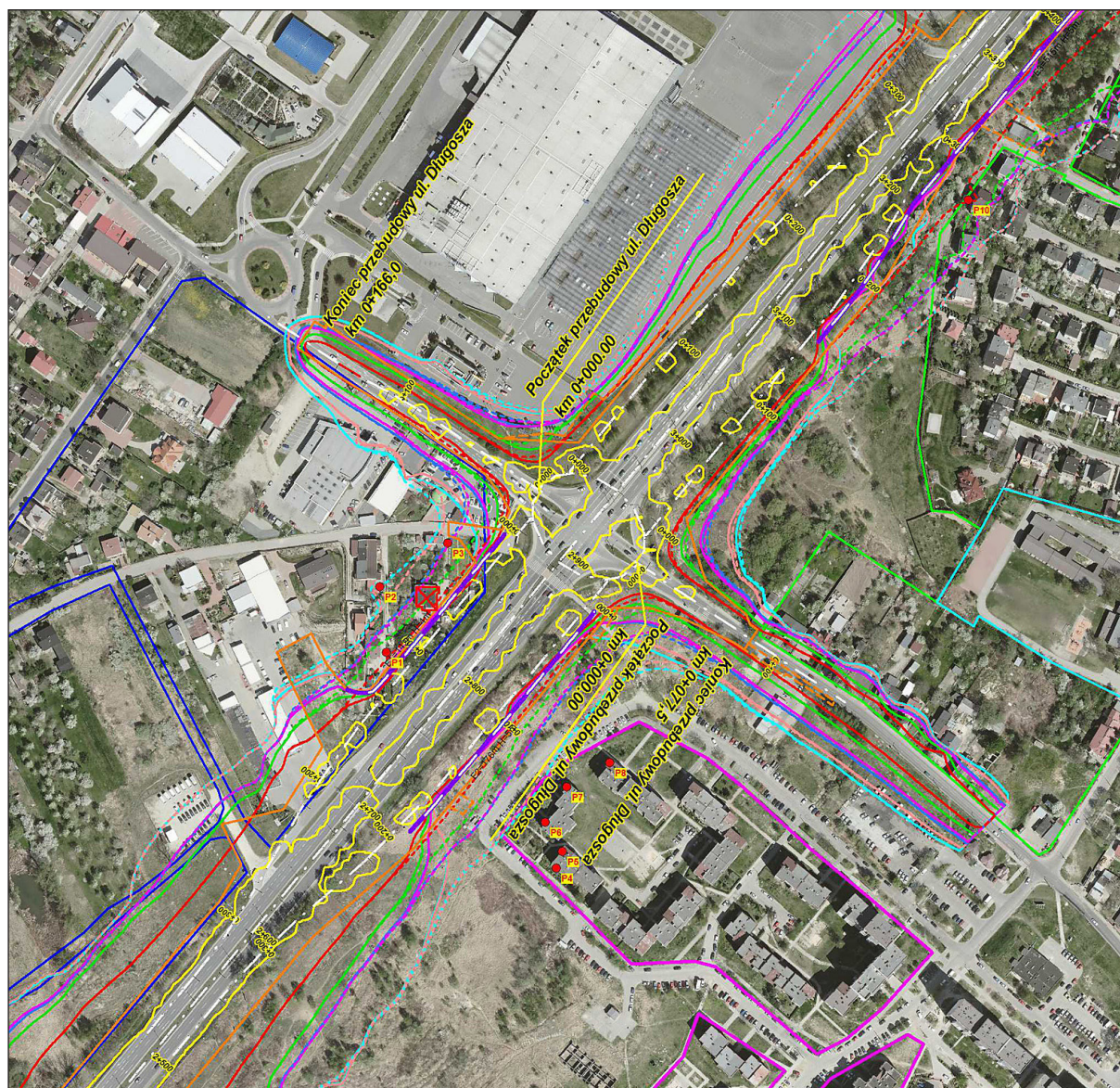
izolinie poziomu dopuszczalnego dźwięku w roku 2035:

- | przed zastosow.<br>zabezpieczeń | po zastosow.<br>zabezpieczeń |                    |
|---------------------------------|------------------------------|--------------------|
| ---                             | ---                          | 65 dB pora dzienna |
| ---                             | ---                          | 61 dB pora dzienna |
| ---                             | ---                          | 56 dB pora nocna   |

skala 1:5000

**Rys. 2.** Oddziaływania hałasu w otoczeniu projektowanego rozwiązania komunikacyjnego  
**Fig. 2.** Noise influence in the surroundings of designed road transportation solution





**Legenda:**

- osie proj. jezdni
- ekrany akustyczne
- obszar w zakresie przedsięwzięcia
- granica tymczasowego zajęcia terenu
- budynek do wyburzenia
- punkt obliczeniowy hałasu

**granica terenu chronionego o określonym poziomie dopuszczalnym hałasu [pora dnia/pora nocna]**

- 65/56 dB - wg MPZP
- 61/56 dB - wg kwalifikacji zgodnie z Art.115 POŚ
- 65/56 dB - wg kwalifikacji zgodnie z Art.115 POŚ
- 61/- dB - wg kwalifikacji zgodnie z Art.115 POŚ

**izolinie dopuszczalnego stężenia NO<sub>2</sub>:**

- średnioroczne

**zasięgi oddziaływania przedsięwzięcia:**

izolinie poziomu dopuszczalnego dźwięku w roku 2020:

- | przed zastosow.<br>zabezpieczeń | po zastosow.<br>zabezpieczeń |                  |
|---------------------------------|------------------------------|------------------|
|                                 |                              | 65 dB pora dnia  |
|                                 |                              | 61 dB pora nocna |
|                                 |                              | 56 dB pora nocna |

izolinie poziomu dopuszczalnego dźwięku w roku 2035:

- | przed zastosow.<br>zabezpieczeń | po zastosow.<br>zabezpieczeń |                  |
|---------------------------------|------------------------------|------------------|
|                                 |                              | 65 dB pora dnia  |
|                                 |                              | 61 dB pora nocna |
|                                 |                              | 56 dB pora nocna |

**Rys. 3.** Izofony poziomu dopuszczalnego dźwięku  
**Fig. 3.** Isophones for permissible sound levels



a emisją zanieczyszczeń będących ich funkcją. także. Dają także szerokie możliwości w zakresie wariantowania szczególnie przydatne w analizach rozwiązań komunikacyjnych.

## BIBLIOGRAFIA

1. Baryżewska K., Mazurkiewicz M. 2002. Analiza wpływu kształtu układu drogowo-ulicznego miasta na emisję zanieczyszczeń od komunikacyjnych i hałasu przy ustalonych parametrach brzegowych na przykładzie Zabrze. Dyplomowa praca inżynierska.
2. Baryżewska K., Żak A. 2009. Możliwości wykorzystania GIS w zakresie analiz zanieczyszczeń komunikacyjnych w miastach. VI Konferencja Naukowo-Techniczna „Systemy Transportowe – Teoria i Praktyka”. Katowice, 511–518.
3. Datka St., Suchorzewski W., Tracz M. 1997. Inżynieria ruchu. WKŁ.
4. Gaca St., Suchorzewski W., Tracz M. 2008. Inżynieria ruchu drogowego. Teoria i praktyka. WKŁ.
5. Obliczanie oddziaływań ruchu ulicznego na środowisko miejskie. 1993. Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej Oddział w Krakowie.
6. Opoczyński K. 2016a. Podsumowanie wyników GPR z 2015 na zamiejskiej sieci dróg wojewódzkich. GDDKiA Warszawa.
7. Opoczyński K. 2016b. Synteza wyników GPR z 2015 na zamiejskiej sieci dróg krajowych. GDDKiA Warszawa.
8. Park pojazdów zarejestrowanych w Polsce 1990–2015, 19.09.2016. Opracowanie Polskiego Związku Przemysłu Motoryzacyjnego.
9. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2004 r. w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięcia do sporządzania raportu o oddziaływaniu na środowisko (Dz.U. 2004 Nr 257, poz. 2573).
10. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2001 Nr 62, poz. 627).
11. Wskazówki dla wojewódzkich inwentaryzacji emisji na potrzeby ocen bieżących i programów ochrony powietrza. 2003. Ministerstwo Środowiska. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Warszawa.
12. Żak A. 1996. Ochrona środowiska w drogownictwie. VIII Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna Ekologia a Budownictwo. Bielsko-Biała, 75–79.