

5. silne korelacje pomiędzy zmiennymi należącymi do komponentu ŚE: „zaangażowanie w problemy ekologiczne” dla całej próby badawczej.

LITERATURA

- [1] Zilahy G.: Organisational factors determining the implementation of cleaner Production measures in the corporate sector. *Journal of Cleaner Production* 2004; 12: 311-319.
- [2] Nemcsicsné Zsóka A.: Consistency and „awareness gaps” in the environmental behaviour of Hungarian companies. *Journal of Cleaner Production* 2008; 16: 322-329.
- [3] Papuziński A.: Świadomość ekologiczna w świetle teorii i praktyki. *Problemy Ekorozwoju* 2006; 1 (1): 33-40.
- [4] Kramer M., Urbaniec M., Kryński A.: Międzynarodowe zarządzanie środowiskiem. Interdyscyplinarne założenia proekologicznego zarządzania przedsiębiorstwem. T. I. Wydawnictwo C. H. Beck, Warszawa 2005.
- [5] Kobyłko G.: Proekologiczne zarządzanie przedsiębiorstwem. Wydawnictwo AE we Wrocławiu, Wrocław 2007.
- [6] Kielczowski D.: Ekologia społeczna. Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok 2001.
- [7] Huczek M.: Strategia zarządzania środowiskiem naturalnym w przedsiębiorstwie. BIT, Bielsko-Biala 1999.
- [8] Seroka-Stolka O.: Ecological Responsibility of Enterprises, W: Technological and Socio-Economical Aspects of Environmental Protection in Industry. Monograph. Ed. Wioletta M. Bajdur. Wyd. WZP Częst. Częstochowa 2010.
- [9] Seroka-Stolka O.: Świadomość ekologiczna organizacji w świetle badań, W: Matejun M.: Szczepańczyk M. (red.): Aktualne problemy zarządzania małymi i średnimi przedsiębiorstwami. Wyd. PŁ, Łódź, 2010.

JĘDRZEJ GADZIŃSKI

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
ul. Dziegielowa 27, 61-680 Poznań

Rozwój transportu drogowego jako zagrożenie dla środowiska przyrodniczego – przykład aglomeracji poznańskiej

*Road transport development as the threat for natural environment
– case study of Poznan agglomeration*

Streszczenie:

W artykule przedstawiono zagrożenia negatywnych oddziaływań na środowisko przyrodnicze powodowanych przez intensywny rozwój działalności transportowej – w tym przede wszystkim transportu drogowego – na obszarach silnie zurbanizowanych. Na przykładzie aglomeracji poznańskiej szczegółowo przeanalizowano zagrożenia dla poszczególnych komponentów środowiska przyrodniczego, a także wyznaczono tereny najbardziej narażone na degradację. Ograniczenie tych negatywnych oddziaływań pozwoli na budowę w przyszłości zrównoważonych systemów transportowych nawet na gęsto zaludnionych obszarach.

Abstract:

The article presents the problem of negative impacts on natural environment caused by intensive development of transport (especially road transport) in highly urbanized areas. The example of Poznan agglomeration was used to analyse in details the threats for particular environmental components. Identification of areas which are the most exposed for degradation was also possible. Reduction of these negative impacts will help in the future in building sustainable transportation systems even in densely populated areas.

Słowa kluczowe: transport, zrównoważony rozwój, aglomeracja, Poznań

Keywords: transport, sustainable development, agglomeration, Poznan

✉ Mgr Jędrzej Gadziński, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, ul. Dziegielowa 27, 61-680 Poznań, e-mail: jedgad@amu.edu.pl

Próba odpowiedzi na coraz większą liczbę pojawiających się konfliktów na linii środowisko przyrodnicze – działalność człowieka jest wprowadzana i promowana od końca lat 80. XX wieku w Europie polityka zrównoważonego rozwoju. Jej podstawy zostały określone w 1987 w tzw. Raplocie Bruntland [1]. Wtedy to zdefiniowano podstawowe cele i założenia zrównoważonego rozwoju, który został określony jako „taki, który wychodzi naprzeciw współczesności bez narażania na szwank możliwości przyszłych pokoleń do zaspokajania własnych potrzeb” [2]. W latach późniejszych zrównoważony rozwój stał się istotnym elementem polityk wielu organizacji o zasięgu europejskim i światowym (między innymi zajmuje istotne miejsce w Agendzie 21 przyjętej przez ONZ na konferencji w Rio de Janeiro w 1992 roku). W Polsce pojęcie to pojawiło się nawet w uchwalonej w roku 1997 Konstytucji RP (art. 5). W Ustawie z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo Ochrony Środowiska [3] (art. 3, p. 50) znalazł się natomiast zapis definiujący zrównoważony rozwój jako „taki rozwój społeczno-gospodarczy, w którym następuje proces integrowania działań politycznych, gospodarczych i społecznych, z zachowaniem równowagi przyrodniczej oraz trwałości podstawowych procesów przyrodniczych, w celu zagwarantowania możliwości zaspokajania podstawowych potrzeb poszczególnych społeczności lub obywateli zarówno współczesnego pokolenia, jak i przyszłych pokoleń”.

W tym kontekście transport zrównoważony jawi się jako taki, który powinien dążyć do zachowania odpowiedniej równowagi (obecnie i w przyszłości) między jakością środowiska przyrodniczego, ekonomiczną racjonalnością działalności transportowej, a także oczekiwaniami i potrzebami społeczeństwa [4,5]. Dążenia takie powinny być głównymi celami instytucji organizujących i sankcjonujących działalność transportową na różnych poziomach administracyjnych. Stegg i Gifford [5] podkreślają, że podstawą pozytywnych przemian w dziedzinie transportu wydają się być przede wszystkim: rozwój technologiczny oraz zmiany zachowań i przyzwyczajęń użytkowników komunikacji. Istotne są przede wszystkim nowe ekologiczne technologie transportowe (powodujące ograniczenie negatywnych oddziaływań na środowisko przyrodnicze), a także zmniejszenie roli transportu samochodowego (w transporcie pasażerskim na rzecz transportu zbiorowego, a w transporcie towarów na rzecz transportu wodnego i kolejowego), co powinno doprowadzić do zmniejszenia energochłonności tej branży [6].

Budowa strategii zrównoważonego systemu transportu miejskiego wymaga całościowego spojrzenia na obszar aglomeracyjny, a także na jego otoczenie [7]. Każdy ośrodek miejski ma charakterystyczne jedynie dla siebie uwarunkowania geograficzne, historyczne, społeczne i przy-

rodnicze, przez co każdy dokument strategiczny musi odzwierciedlać jego specyfikę, a także powinien mieć na celu rozwiązanie podstawowych problemów transportu charakterystycznych dla ośrodka [8]. Dobrze rozplanowany i wydajny system transportowy jest podstawą funkcjonowania i rozwoju aglomeracji. Nie może on jednak „zatruwać” innych sfer – degradacja lokalnego środowiska przyrodniczego i negatywny wpływ na zdrowie i jakość życia mieszkańców mogą w efekcie doprowadzić do poważnej „choroby” całego organizmu miejskiego, a jej leczenie może się okazać bardzo kosztowne.

W efekcie niezwykle istotna jest szybka identyfikacja pojawiających się konfliktów na linii środowisko przyrodnicze – transport drogowy i ich przynajmniej częściowa neutralizacja. Artykuł zawiera więc próbę diagnozy obecnych relacji transportu drogowego i środowiska przyrodniczego na obszarze aglomeracyjnym, których ograniczenie pozwoli na lepszą realizację zasad zrównoważonego rozwoju. Wybrana na obszar badań aglomeracja poznańska, jako obszar silnej koncentracji ludności, działalności gospodarczej i rosnących stale potrzeb transportowych, będzie musiała w niedalekiej przyszłości podjąć zdecydowane działania zmierzające do budowy zrównoważonego systemu transportowego, który nie powoduje degradacji przestrzeni przyrodniczej. Potrzeba takich rozwiązań bardzo wyraźnie została zasygnalizowana przez Komisję Europejską w białej księdze dotyczącej strategii rozwoju transportu w Europie do roku 2050 [9]. Także w tym kontekście dobre rozpoznanie zagrożeń dla poszczególnych komponentów środowiska przyrodniczego, które niesie ze sobą działalność transportowa (w tym szczególnie transport drogowy), wydaje się bardzo istotne. W dalszej części artykułu podjęto więc próbę identyfikacji przyczyn tych negatywnych oddziaływań, ze szczególnym uwzględnieniem ich znaczenia dla obszaru aglomeracji poznańskiej.

Wpływ transportu drogowego na atmosferę

Drogi często w literaturze określane są jako liniowe emitory zanieczyszczeń atmosferycznych [10]. W rzeczywistości za produkcję szkodliwych dla środowiska przyrodniczego substancji lotnych odpowiedzialne są przede wszystkim środki transportu. Większość pojazdów poruszających się obecnie po drogach napędzanych jest silnikami paliwowymi. Paliwem są najczęściej frakcje ropopochodne, takie jak benzyna czy olej napędowy. Podczas procesu ich spalania powstaje wiele substancji – gazów, aerozoli, cząstek stałych, z których część emitowana jest do atmosfery [11].

Głównymi gazami powstającymi podczas spalania paliw są: tlenek węgla (CO), węglowodory (C_xH_y) oraz tlenki azotu i siarki (NO_x i SO_x). Jednak dzięki powszechnemu stosowaniu katalizatorów duża część tych związków (w szczególności tlenków siarki i węglowodorów) nie jest

emitowana do atmosfery [12]. Innym produktem spalania są cząstki stałe oraz metale ciężkie – głównie kadm i ołów. Substancje te wpływają na środowisko przyrodnicze, w szczególności w skali lokalnej i regionalnej, powodując między innymi zjawiska, takie jak kwaśne deszcze czy smog fotochemiczny oraz kształtując mikroklimat wokół dróg. Stanowią one też bezpośrednie zagrożenie dla zdrowia ludzkiego. Istotnym zagrożeniem dla środowiska jest także tzw. pył gumowy. Szacuje się, że na drodze o dobowym natężeniu ruchu rzędu 25 000 pojazdów, opad tej substancji może wynosić nawet 2 tony na rok [13].

Drugą grupę zanieczyszczeń – produkty spalania paliw w pojazdach silnikowych, stanowią związki mające znaczenie globalne. Gronowicz [14] zalicza do nich gazy cieplarniane, takie jak: dwutlenek węgla (CO_2), metan (CH_4), podtlenek azotu (N_2O). Substancje te mogą utrzymywać w atmosferze nawet wiele dziesięcioleci i wpływać na kształtowanie się globalnego klimatu.

Bezpośrednim źródłem zanieczyszczeń w pojazdach są przede wszystkim następujące elementy konstrukcyjne [15]:

- układ wylotowy – wydostają się nim na zewnątrz pojazdu substancje będące produktami spalania paliw; w zależności od parametrów silnika i typu zapłonu (iskrowy lub samoczynny) ilości zanieczyszczeń mogą się znacznie różnić;
- skrzynia biegów;
- układ zasilania silnika paliwem – zagrożenia wynikają przede wszystkim z dużej lotności benzyny;
- okładziny hamulcowe, opony – elementy silnie ścierające się podczas użytkowania (więcej [16]).

Gronowicz [14] szacuje, że z jednego kilograma benzyny do atmosfery ulatnia się ok. 0,51 kg, a z jednego kg oleju napędowego – 0,06 kg szkodliwych substancji (tab. 1). W rezultacie środki transportu drogowego stanowią obecnie jedno z najpoważniejszych źródeł zanieczyszczeń atmosferycznych.

Tab. 1. Ilość wybranych zanieczyszczeń powstałych podczas spalania 1 kg paliwa

Lp.	Rodzaj składnika	Ilość składników (g)	
		Benzyna	Olej napędowy
1	Tlenek węgla (CO)	465,69	20,81
2	Węglowodory (CH)	23,28	4,16
3	Tlenek azotu (NO_x)	15,83	18,01
4	Bezwodnik kwasu siarkowego (SO_3)	1,86	7,80
5	Aldehydy	0,93	0,78
6	Sadza	1,00	5,00
7	Ołów	0,50	-

Źródło: [4]

Potwierdzają to badania przeprowadzone na terenie Poznania. W opracowaniu dotyczącym emisji gazów cieplarnianych w mieście [17], transport drogowy został

określony jako jeden z trzech najpoważniejszych sektorów wpływających negatywnie na atmosferę (obok przemysłu energetycznego oraz przemysłu wytwórczego wraz z budownictwem). Autorzy szacunkowo określili potencjalne emisje najważniejszych gazów cieplarnianych do atmosfery na terenie Poznania.

Z przeprowadzonych analiz jasno wynika, że ilość wprowadzanych do atmosfery zanieczyszczeń związanych z transportem samochodowym znacznie wzrosła w latach 1990-2005. W przypadku dwutlenku węgla wzrost ten wyniósł ok. 56%, w tym dla samochodów ciężarowych niemal 100%. W tym samym okresie emisja CH_4 przez samochody nieco spadła, ale już tlenku azotu do atmosfery dostało się w 2005 roku prawie 8 razy więcej niż w roku 1990 [17]. Wzrost ilości emitowanych do atmosfery zanieczyszczeń wynikał bezpośrednio ze wzrostu liczby samochodów, ale też ze zwiększającej się liczby dziennych podróży mieszkańców, co z kolei było rezultatem przestrzennego rozlewania się miasta.

Poza samymi pojazdami źródłem zanieczyszczeń może być również przewożony towar, dlatego bardzo istotne są warunki, w jakich jest on transportowany. Także sama nawierzchnia dróg w wyniku działalności czynników atmosferycznych i nacisku pojazdów ulega zużyciu. W efekcie nawierzchnie, w szczególności asfaltowe, mogą być emitorem szkodliwych pyłów.

Wielkość emisji szkodliwych substancji do atmosfery zależy od wielu czynników. Przede wszystkim istotne są warunki ruchu w określonym czasie, a także panujące na danym obszarze warunki atmosferyczne. W celu uzyskania wielkości emisji w konkretnych sytuacjach konstruuje się modele uwzględniające czynniki takie, jak natężenie ruchu i jego strukturę, kierunek wiatru, rodzaje stosowanych paliw, temperaturę itd. [18]. Przykładem takiego modelu jest COPERT (obecnie stosowana jest jego trzecia i czwarta wersja), który zalecany jest m.in. przez Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad do opracowań środowiskowych dla dróg krajowych [19].

W aglomeracji poznańskiej w 2000 roku dziennie użytkowano ok. 156 tys. samochodów (osobowych i ciężarowych) należących do mieszkańców obszaru. Dodatkowo samochodami poruszali się także przybysze spoza analizowanego obszaru (przyjazdy do aglomeracji oraz ruch tranzytowy). Przeprowadzone w tym samym roku kompleksowe badania ruchu pokazują, że dziennie samochody osobowe wykonywały na obszarze aglomeracji 773 tys. przejazdów, a samochody ciężarowe 105,7 tys. przejazdów. Średnia odległość takiej podróży wynosiła odpowiednio 9,5 km oraz 12,5 km. Przyjmując przeciętną wielkość spalania paliwa dla poszczególnych typów pojazdów, można w przybliżeniu oszacować wagę dziennie produkowanych zanieczyszczeń. Przy średniej wartości 7 litrów/100 km samochody osobowe w aglomeracji poznańskiej

produkowały w 2000 roku ok. 260 ton zanieczyszczeń na dobę (por. tab. 1). Samochody ciężarowe natomiast spalając przeciętnie 35 litrów/100 km wytwarzały niecałe 28 ton na dobę. Dodatkowo w procesach spalania paliwa w tych typach pojazdów powstawało ok. 2 450 ton dwutlenku węgla dziennie (na podstawie [20]). Szacunki te opierają się na pewnych uproszczeniach (brak uwzględnienia pojazdów z instalacją gazową lub napędzanych innymi rodzajami paliw niż benzyna lub olej napędowy, przyjęcie średnich wielkości spalania dla wszystkich pojazdów), ale ukazują skalę negatywnych oddziaływań transportu drogowego na jakość powietrza atmosferycznego.

W 2009 r. liczba pojazdów samochodowych (wraz z ciągnikami) w aglomeracji poznańskiej osiągnęła 571 670 szt., co jest wartością o ok. 34% wyższą niż w 2002 roku. Postępujący proces suburbanizacji i niedorozwój komunikacji publicznej szczególnie na terenie nowych osiedli mieszkaniowych wymusił również zwiększenie się przeciętnej dziennej liczby przejazdów i ich wydłużenie [20]. Można więc przypuszczać, że znacznie zwiększyła się również ilość spalanych paliw, a więc i emitowanych do atmosfery zanieczyszczeń.

Wpływ transportu drogowego na gleby

Zanieczyszczenie gleb położonych w pobliżu dróg związane jest z depozycją cząstek zanieczyszczeń z atmosfery oraz z wód. W bezpośredniej bliskości jezdni opadają (wyemitowane wcześniej do powietrza) cząstki o największej masie. Cząstki lżejsze – przede wszystkim gazy i drobne pyły mogą być transportowane na bardzo duże odległości.

Do czasu wprowadzenia benzyny bezołowiowej największym zagrożeniem dla gleb były metale ciężkie, a szczególnie ołów. Jednak nawet obecnie spora ilość tego pierwiastka jest deponowana w glebie. Zjawisko akumulacji metali ciężkich w glebie oraz w roślinach na terenach położonych przy drogach potwierdzają badania przytoczone przez Gronowicza [14]. Przy analizowanych drogach najwięcej substancji szkodliwych znajdowało się w przypowierzchniowej warstwie gleby (0-5 cm), a wraz z głębokością wartości koncentracji szkodliwych pierwiastków spadały. Zdecydowanie zmniejszała się też ich ilość wraz z rosnącą odległością od pasa drogowego. W odległości 36 metrów od drogi była ona od 1,5 do 5 razy mniejsza niż w miejscu oddalonym od niej o 8 metrów. Spośród badanych pierwiastków największy udział w degradacji gleby i roślinności miał ołów. Akumulowało się go kilkadziesiąt razy więcej niż niklu i kilkaset razy więcej niż kadmu. Niewiele mniejsza niż ołowiu była także koncentracja cynku.

Obecność metali ciężkich w glebie niesie ze sobą spore zagrożenia dla zdrowia ludzkiego, gdyż ołów i inne metale ciężkie są absorbowane przez rośliny i w nich mogą się

akumulować. Gaj [17] szacuje, że na obszarach podmiejskich już w odległości 20 metrów od drogi zawartość ołowiu w glebie zbliżona jest do naturalnej. Natomiast w ścisłym centrum Poznania, charakteryzującym się dużym natężeniem ruchu, ilość ołowiu w glebie przekracza najczęściej wartość dopuszczalną (wynosi ok. 60 mg Pb/kg przy dopuszczalnej 50 mg Pb/kg).

Na środowisko glebowe bardzo niekorzystnie wpływa również dwutlenek azotu (NO_2). Jest to silnie trujący gaz o nieprzyjemnym zapachu. W połączeniu z wodą tworzy on kwasy azotowe, w tym kwas azotowy (V), który jest jednym z najsilniejszych kwasów tlenowych. Jego opary mogą wywołać u człowieka stany zapalne dróg oddechowych, a kontakt ze skórą – martwicę lub zwęglenie. Obecność tej substancji w glebie niszczy organizmy glebowe i w efekcie może doprowadzić do tzw. martwicy gleby [22].

Kolejnym związkiem chemicznym powstającym w procesie spalania paliwa i będącym znaczącym zagrożeniem jakości gleb jest dwutlenek siarki (SO_2). W kontakcie z tlenem atmosferycznym i przy udziale promieniowania UV lub ozonu przechodzi on do bezwodnika kwasu siarkowego (VI). Po kontakcie z wodą (SO_3 jest silnie higroskopijny), tworzy on silnie reaktywny, żrący kwas siarkowy. Konsekwencją powstawania kwasu siarkowego (VI) w atmosferze są kwaśne deszcze, które mogą doprowadzić do zakwaszenia gleby, a w rezultacie zmniejszenia jej zdolności produkcyjnych.

Negatywny, choć już nie w takim stopniu, wpływ na gleby mają także inne zanieczyszczenia będące efektem rozwoju transportu drogowego. Związki takie jak: tlenek węgla, siarkowodór, sadze i inne prowadzą do redukcji aktywności biologicznej gleb położonych w pobliżu ciągów komunikacyjnych [22].

Mazur [22] obszar wokół dróg dzieli na strefy różniące się intensywnością zanieczyszczenia gleby. Są to:

- 1) najbliższe otoczenie dróg o przeciętnej szerokości ok. kilkunastu metrów po każdej stronie jezdni – obszar silnie zanieczyszczony przede wszystkim przez opad metali ciężkich, a także niektórych frakcji pyłów; ze względów bezpieczeństwa zdrowotnego powinien być on wyłączony z jakiegokolwiek działalności rolniczej;
- 2) pas szerokości 150-200 metrów po obu stronach drogi – strefa depozycji innych zanieczyszczeń pyłowych (kurze, sadze) i niektórych gazów; szczególnie przy dużym natężeniu ruchu gleby w tym pasie ulegają silniej degradacji, przy małej liczbie pojazdów degradacja jest stopniowa;
- 3) pas do szerokości 500 metrów po obu stronach drogi – szacuje się, że do około takiej odległości od drogi gleby są pod wpływem spalin i ulegają stopniowej degradacji (choć w znacznie mniejszym stopniu niż obszarach położonych bliżej dróg).

Strefy te są oczywiście pewnym uproszczeniem. Trudno wyznaczyć ostre granice negatywnych oddziaływań – odległość, na jaką są transportowane zanieczyszczenia zależy od wielu czynników i uwarunkowań lokalnych, takich jak: siła i kierunek wiatru, bariery naturalne (las, wzgórza) lub sztuczne (wał, ekran akustyczny), ukształtowanie terenu, nasłonecznienie, wilgotność, pokrycie szatą roślinną itd.

Na podstawie stref oddziaływania zaproponowanych przez Mazura [22] przeprowadzono analizę negatywnego wpływu transportu drogowego na grunty położone w otoczeniu infrastruktury komunikacyjnej w aglomeracji poznańskiej. Wokół dróg wyznaczono 3 strefy, których granice znajdowały się w odległości 15, 200 i 500 metrów od skraju drogi (rys. 1).

Tereny najbardziej narażone na zanieczyszczenie substancjami szkodliwymi pochodzącymi z transportu drogowego (położone w pierwszej strefie o zasięgu 15 metrów) zajmują w aglomeracji poznańskiej obszar 137 km², co stanowi ok. 6% całkowitej powierzchni analizowanego obszaru. Strefa położona między 15 a 200 metrem od skraju dróg pokrywała aż 40% obszaru aglomeracji (868 km²), a strefa najdalsza z najmniejszymi negatywnymi oddziaływaniami (od 200 do 500 metrów) – ok. 26%, czyli 559 km². Łącznie w zasięgu potencjalnych negatywnych oddziaływań znalazło się w aglomeracji poznańskiej aż 72% jej obszaru. Pokazuje to skalę zagrożeń dla środowiska przyrodniczego, jakie niesie ze sobą rozwój transportu drogowego.

Wpływ transportu drogowego na hydrosferę

Bezpośredni dopływ zanieczyszczeń pochodzących z transportu drogowego do wód powierzchniowych jest stosunkowo niewielki i występuje jedynie w miejscach, w których infrastruktura komunikacyjna graniczy bezpośrednio ze zbiornikami i ciekami wodnymi. Znacznie większy ładunek substancji niekorzystnie oddziałujących na środowisko dostaje się tam z gleby lub z atmosfery.

Istotnym źródłem zanieczyszczeń wód są szczególnie spływy powierzchniowe z dróg, występujące po większych opadach deszczu. Tą drogą do wód oraz gleb dostają się przede wszystkim metale ciężkie (kadm, ołów, miedź, cynk), a także substancje ropopochodne oraz środki chemiczne stosowane przez drogowców w okresie zimowym [12]. Substancje te mogą być transportowane przez wody do rzek i zbiorników wód powierzchniowych, a także do wód podziemnych, prowadząc do znacznego pogorszenia się ich jakości (węglowodory w połączeniu z solą używaną do zimowego utrzymania dróg mogą tworzyć trujące cyjanidy zagrażające organizmom żywym, w tym człowiekowi). Najgorszą jakością wód charakteryzują się z reguły przydrożne rowy, w których akumuluje się znaczna część spływających z dróg silnie zanieczyszczonych wód [12].

Część dróg szczególnie na obszarach miejskich wyposażona jest w kanalizację deszczową, która służy do zbierania wód opadowych i roztopowych z powierzchni drogi. Potrzeba ta jest wynikiem znacznie ograniczonej infiltracji na terenach silnie zurbanizowanych. Wody odprowadzane są poprzez sieci kanałów lub rur prowadzonych najczęściej pod powierzchnią drogi do naturalnych zbiorników (w przypadku kanalizacji rozdzielczej). W efekcie całość szkodliwych substancji chemicznych pochodzących z dróg dostaje się do cieków wodnych lub do jezior. Rozwiązaniem zdecydowanie lepszym jest system kanalizacji półrozdzielczej, który część wód z kanalizacji burzowej (najczęściej wody z pierwszych minut opadu) transportuje do oczyszczalni ścieków wraz ze ściekami z kanalizacji sanitarnej. Niestety jest to rozwiązanie zdecydowanie droższe niż tradycyjna kanalizacja rozdzielcza [23].

Zanieczyszczenia pochodzące z transportu drogowego mogą dostawać się do zbiorników wodnych także poprzez opady atmosferyczne. Szkodliwe związki chemiczne, w tym przede wszystkim tlenki siarki i azotu, a także pyły pełniące rolę jąder kondensacji, spadają na powierzchnię ziemi wraz z deszczem. Gronowicz [14] ocenia, że transport jest jedną z głównych przyczyn powstawania zjawiska kwaśnych deszczy, które są w zasadzie rozcieńczonymi kwasami siarkowymi i azotowymi. Zmieniają one charakter wód ściekowych zasilających wody powierzchniowe i podziemne, a także właściwości gleby. Mają one bardzo negatywny wpływ na lokalną faunę i florę – zakwaszenie środowiska wodnego poniżej wartości 6 pH, powoduje pogorszenie warunków bytowania organizmów, a nawet ich całkowite wymarcie (szczególnie wrażliwe na kwaśne deszcze są dominujące na terenie Polski i aglomeracji poznańskiej lasy iglaste – głównie bory sosnowe).

Substancje dostające się do wód powierzchniowych mogą powodować rozmaite negatywne skutki dla jeziornych i rzecznych ekosystemów. Związki tlenków siarki i azotu w połączeniu z wodą tworzą silne kwasy, zmieniające pH zbiorników i niekorzystnie wpływające na organizmy żywe. Pyły i sadze z kolei mogą prowadzić do powstania na powierzchni wody cienkiej warstwy, która utrudnia docieranie promieni światła słonecznego do wnętrza zbiornika. Zaburzony w ten sposób zostaje proces fotosyntezy u organizmów roślinnych. Może dojść do zmniejszenia się ilości fitoplanktonu, co z kolei negatywnie wpływa na wszystkie szczeble łańcucha pokarmowego. Stały dopływ biogenów pochodzenia antropogenicznego do wód powierzchniowych przyspiesza także proces eutrofizacji niektórych zbiorników. Z kolei metale ciężkie, pestycydy i substancje ropopochodne mogą powodować w ekosystemie daleko idące zmiany, będące wynikiem zaburzenia podstawowych funkcji życiowych u organizmów roślinnych i zwierzęcych [22].

Powstawanie nowych dróg prowadzi także do zmian w stosunkach wodnych na całym obszarze, a w tym przede

wszystkim do zaburzeń spływu powierzchniowego. Forman i in. [12] wyliczają, że budowa nowego ciągu komunikacyjnego może w rezultacie spowodować ograniczenie możliwości przepływu wód (droga jako bariera), spływ wód w innym kierunku niż naturalny (droga jako korytarz), zwiększenie ilości spływającej wody w wyniku spadku możliwości infiltracyjnych (droga jako źródło), a także gromadzenie się wody na drodze (droga jako zbiornik).

Bardzo trudno określić wielkość wpływu, jaki transport drogowy ma na poszczególne komponenty środowiska przyrodniczego, w tym na hydrosferę. Można jedynie wyznaczyć miejsca, w których występują zagrożenia negatywnymi oddziaływaniami transportu. Za takie miejsca w przypadku wód powierzchniowych uznać należy przede wszystkim punkty, w których ciągi komunikacyjne przecinają ciek i lub zbiorniki wodne. Potencjalne zagrożenia dla wód występują także w bezpośredniej bliskości często uczęszczanych dróg.

W opracowaniu podjęto próbę identyfikacji takich stref konfliktowych. Szczególnie zagrażające jakości wód powierzchniowych odcinki dróg przecinających ciek i i zbiorniki wodne zaklasyfikowano do strefy A, natomiast odcinki przebiegające w odległości do 200 metrów od wód włączono do strefy B (por. [22]). Otrzymane miejsca zagrożeń zostały zaprezentowane na rysunku 2 (strefy pogrubiono w miejscach przebiegu dróg o podwyższonym natężeniu ruchu).

Wyraźna koncentracja terenów o potencjalnych negatywnych skutkach oddziaływania transportu drogowego na wody powierzchniowe znajduje się w Poznaniu. Wynika to z gęstej sieci drogowej w tej jednostce. W rezultacie wiele dróg przecina ciek i wodne lub przebiega bezpośrednio przy nich (np. mosty na Warcie, drogi wokół Jez. Kierskiego i Jez. Maltańskiego). Strefy zagrożeń związane są również z niektórymi drogami w powiecie poznańskim. Liczne ciek i wodne przecina autostrada A2, a także droga ekspresowa S11 prowadząca z Poznania do Katowic. Szczególnie w okolicach Kórnika przebiega ona w bliskiej odległości od zbiorników wodnych (Jez. Kórnickie, Jez. Skrzyneckie Duże). Podobnie droga krajowa nr 5 między Poznaniem a Stęszewem przebiega w pobliżu stawów doliny Strumienia Junikowskiego (Staw Rozlany, Staw Głęboki Dół), a następnie jezior Wielkopolskiego Parku Narodowego (Jez. Rosnowskie, Jez. Rosnowskie Małe, Jez. Witobelskie).

Transport drogowy jako źródło hałasu i drgań

Hałasem nazywany jest każdy dźwięk, który odbierany jest przez odbiorców jako szkodliwy, uciążliwy lub przeszkadzający (bez względu na jego własności fizyczne). Ocenia się go w skali decybelowej, uznając 130 dB za granicę bólu. Jednak nawet dźwięk poniżej 35 dB może być dla czło-

wieka denerwujący, a powyżej 75 dB powodować różnego rodzaju schorzenia [24].

Gronowicz [14] wyróżnia trzy źródła hałasu związane z transportem drogowym. Pierwszym z nich jest układ napędowy pojazdów. Najistotniejsze znaczenie ma tu układ rozrządu silnika, a nieco mniejsze elementy takie jak układ przeniesienia napędu, czy układ wylotowy. Drugim elementem powodującym emisję hałasu jest kontakt kół samochodowych z nawierzchnią, po której odbywa się ruch, a ostatnie ze źródeł to zawirowania powietrza wokół przemieszczającego się pojazdu (tzw. hałas aerodynamiczny). Od budowy poszczególnych układów w samochodach, a także od rodzaju nawierzchni zależy przede wszystkim jaka będzie uciążliwość powstającego hałasu dla otoczenia. Mazur [22] ocenia, że drogi betonowe powodują hałas średnio o ok. 5-8 dB większy niż te pokryte asfaltem.

Oddziaływanie hałasu na środowisko przejawia się przede wszystkim w jego negatywnym wpływie na zdrowie ludzi i zwierząt. Z jednej strony oprócz uszkodzeń słuchu, hałas może powodować także przeciążenie ośrodkowego układu nerwowego organizmu, co negatywnie wpływa na zdrowie i może prowadzić do zaburzeń fizycznych i psychicznych (pogorszenie sprawności psychomotorycznej, zaburzenia psychiczne i emocjonalne). Z drugiej strony długotrwałe narażenie na podwyższony poziom hałasu wpływa także na możliwość koncentracji, jakość i wydajność pracy, zdolności porozumiewania się, poczucie bezpieczeństwa itd. [14]. Hałas często płoszy zwierzęta, powodując u nich wzrost odczuwanego stresu. Zmniejsza też w praktyce naturalne siedliska różnych wrażliwych na hałas gatunków.

Dopuszczalne wartości poziomu hałasu zostały zdefiniowane przez Ministra Środowiska w Rozporządzeniu w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku [25] (poz. 826). Dopuszczalny długotrwały poziom hałasu komunikacyjnego dla terenów zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej wynosi 55 dB (w ciągu pory nocnej – 50 dB). Z kolei dla obszarów o funkcjach mieszkaniowych z zabudową wielorodzinną, zagrodową lub wypoczynkową, a także dla terenów mieszkaniowo-usługowych dopuszczalną wartością jest 60 dB (w ciągu pory nocnej – 50 dB). Wyższe wartości (65 dB i 55 dB w porze nocnej) obowiązują jedynie w obszarach strefy śródmiejskiej w miastach, które liczą powyżej 100 tys. mieszkańców. Pozostałe tereny (w tym cenne przyrodniczo) nie posiadają żadnych ograniczeń dotyczących poziomu emitowanego hałasu.

W praktyce określone przez rozporządzenie dopuszczalne wartości poziomu hałasu są często przekraczane. Potwierdzają to badania wykonane w 2007 roku do Programu Ochrony przed Hałasem dla Miasta Poznania [26]. Na większości ulic o najwyższym natężeniu ruchu (Obornicka, Głogowska, Serbska, Królowej Jadwigi, Roosevelta, Hetmańska i in.) dopuszczalne poziomy były przekraczane o wartość od 10 do ponad 20 dB. Sporządzona do

opracowania mapa emisji hałasu samochodowego pokazuje, jak wiele obszarów (w tym o funkcjach mieszkaniowych) na obszarze Poznania jest narażonych na podwyższony poziom hałasu.

Brak jest niestety kompleksowych pomiarów hałasu na drogach aglomeracji poznańskiej. Raport o Stanie Środowiska w Wielkopolsce w roku 2006 [27] wykonany przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Poznaniu) stwierdza przekroczenie dopuszczalnych parametrów hałasu na pobliżu autostrady A2 w Luboniu, przy drogach krajowej nr 2 i wojewódzkiej nr 433 w Swarzędzu, a także na kilku ulicach miasta Swarzędza (na wszystkich odcinkach dróg w aglomeracji, które zostały poddane badaniom). Skala problemu jest więc zapewne bardzo duża, a wprowadzane rozwiązania mające na celu ograniczenie hałasu są niewystarczające.

Wpływ transportu drogowego na świat roślinny i zwierzęcy

Pierwszą istotną ingerencją transportu drogowego w świat roślinny i zwierzęcy jest moment rozpoczęcia budowy infrastruktury transportowej. W czasie robót budowlanych dochodzi najczęściej do wycinki wszystkich drzew znajdujących się w obrębie przyszłej drogi, a także do zrównania powierzchni terenu i w razie potrzeby osuszenia go. W ten sposób cały, szeroki na od kilku do nawet kilkudziesięciu metrów pas ziemi przestaje być siedliskiem różnych gatunków fauny i flory [22]. Staje się też w ten sposób barierą rozcinającą naturalne siedliska. Powstały ubytek terenów o dużych walorach przyrodniczych jest w zasadzie nieodwracalny. Do negatywnych oddziaływań na świat roślinny i zwierzęcy dochodzić może także w miejscach eksploatacji surowców potrzebnych do budowy proponowanego odcinka drogi.

Powstająca sieć dróg rozczłonkowuje i separuje tereny siedliskowe różnych gatunków zwierząt i roślin. Poszczególne grupy bytujące na danym terenie populacji mogą w ten sposób utracić ze sobą kontakt, co w rezultacie prowadzić może do problemów z wymianą genową. Zostają przerwane również szlaki gatunków migrujących. Trasy wędrówek zwierząt zaczynają przecinać się z drogami. Stwarza to spore zagrożenie wypadkowe zarówno dla samych zwierząt, jak i dla ludzi (więcej [28]). Oprócz zmniejszonego lub rozczłonkowanego terytorium, poszczególnym osobnikom pogarszają się warunki siedliskowe. Związane jest to z pogorszeniem jakości powietrza, wód i gleby, a także ze zwiększonym hałasem. Forman i in. [12] oceniają, że sytuacja taka może doprowadzić do znacznego spadku liczebności populacji poszczególnych gatunków żyjących na obszarach, przez które prowadzone są nowe drogi.

Zanieczyszczenia emitowane przez pojazdy poruszające się po drogach oraz przez nawierzchnię drogi mają zna-

czący wpływ na różnorodność oraz kondycję lokalnej szaty roślinnej i organizmów zwierzęcych. Dostają się one do organizmów bezpośrednio z atmosfery, a także poprzez wodę lub glebę. Substancje, takie jak: tlenki siarki, tlenki azotu, czy powstałe z nich inne związki chemiczne mogą uszkadzać naziemne części roślin, a także powodować zaburzenie niektórych procesów życiowych (np. SO₂ może zakłócić proces fotosyntezy u roślin), a u zwierząt prowadzić do zaburzeń rozwojowych i chorób. Z kolei metale ciężkie, takie jak: ołów, cynk czy miedź kumulują się w roślinach hamując ich rozwój. Wszystkie te szkodliwe substancje dostają się też w ten sposób do łańcucha pokarmowego i mogą wywoływać długotrwałe negatywne skutki dla całego lokalnego ekosystemu. Szczególne znaczenie ma to w sytuacji, gdy drogi graniczą bezpośrednio z terenami upraw rolnych, bądź z pastwiskami – zagrożone jest wtedy zdrowie człowieka jako potencjalnego konsumenta.

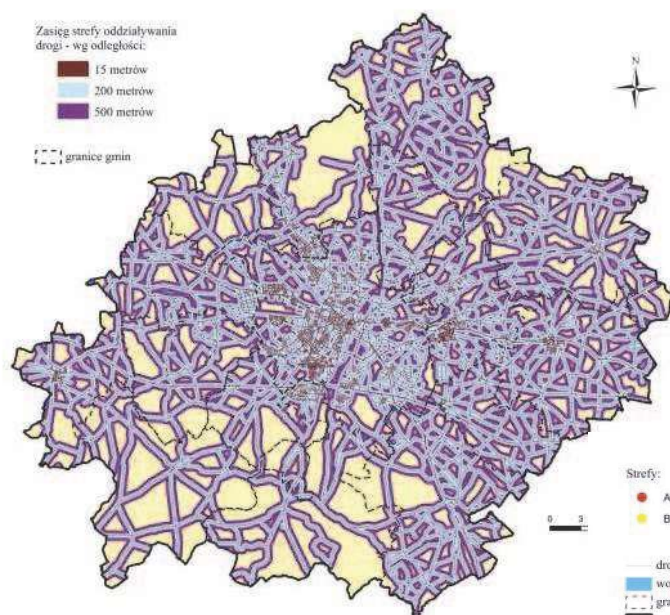
Oddzielnym zagadnieniem jest zmiana składu gatunkowego siedlisk położonych bezpośrednio przy drogach. Dokonuje się ona w wyniku istnienia tam specyficznych warunków mikroklimatycznych i glebowych. Potwierdzają to przeprowadzone w Nowej Zelandii badania składu gatunkowego siedlisk otaczających drogi [12]. Gatunki wrażliwe na zanieczyszczenia, o wąskiej niszy ekologicznej są wypierane przez gatunki kosmopolityczne, odporne na zmieniające się warunki środowiskowe. Wzrasta udział gatunków nierodzimych o dużych zdolnościach przystosowawczych. Zjawisko to występuje przede wszystkim na poboczu drogi i w rowie – czyli terenach bezpośrednio sąsiadujących z pasem jezdni [12].

Jednocześnie drogi stanowią dla pewnych gatunków swoisty korytarz, wzdłuż którego mogą się one rozprzestrzeniać. Dotyczy to głównie gatunków synantropijnych, których głównym siedliskiem stały się obszary silnie przekształcone przez człowieka. Dzięki pewnym przystosowaniom fizjologicznym (odporność na zanieczyszczenia, kolce, haczyki) gatunki te zdominowały pobocza i rowy na bardzo długich odcinkach wypierając przy tym naturalną roślinność – charakterystyczną dla tych obszarów.

Pozbawienie części terenu szaty roślinnej i wprowadzenie ruchu pojazdów może prowadzić także do wielu innych negatywnych zjawisk w lokalnych ekosystemach. Mazur [22] wymienia elementy takie, jak:

- rosnące zagrożenie pożarami w lasach,
- odsłonięcie ścian drzewostanu w lasach na bezpośrednie oddziaływanie wiatru,
- zmiany gatunkowe wynikające ze zmiany stosunków wodnych, większego nasłonecznienia, zmian wilgotności powietrza na terenach położonych przy drogach,
- wprowadzenie do ekosystemów obcych gatunków.

Największe negatywne oddziaływania między transportem drogowym a środowiskiem przyrodniczym występują w miejscach, w których drogi bezpośrednio sąsiadują



Ryc. 1. Strefy potencjalnego oddziaływania dróg na grunty aglomeracji poznańskiej

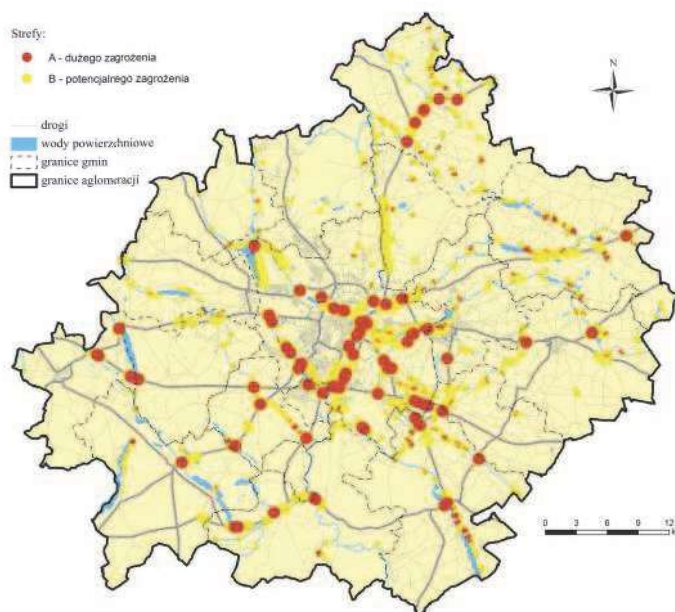
Fig. 1. Areas of potential impact caused by road network on lands in Poznań agglomeration

Źródło: opracowanie własne

Ryc. 2. Możliwe negatywne oddziaływania sieci drogowej na wody powierzchniowe w aglomeracji poznańskiej

Fig. 2. Possible negative impacts caused by road network on surface water reservoirs in Poznań agglomeration

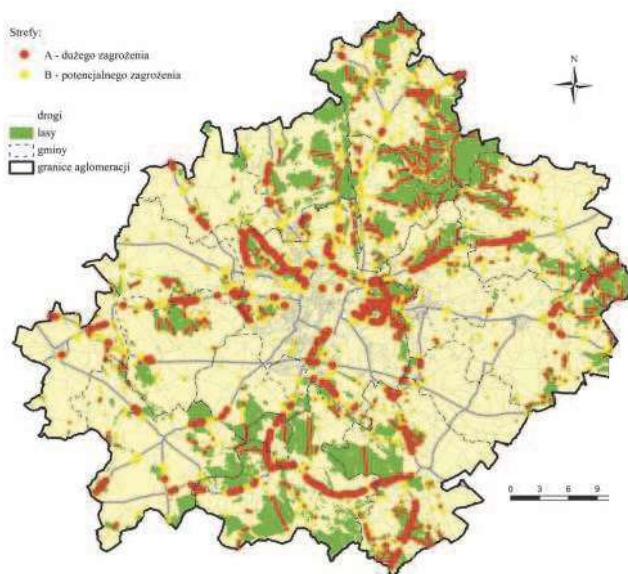
Źródło: opracowanie własne



Ryc. 3. Możliwe negatywne oddziaływania sieci drogowej na lasy w aglomeracji poznańskiej

Fig. 3. Possible negative impacts caused by road network on forests in Poznań agglomeration

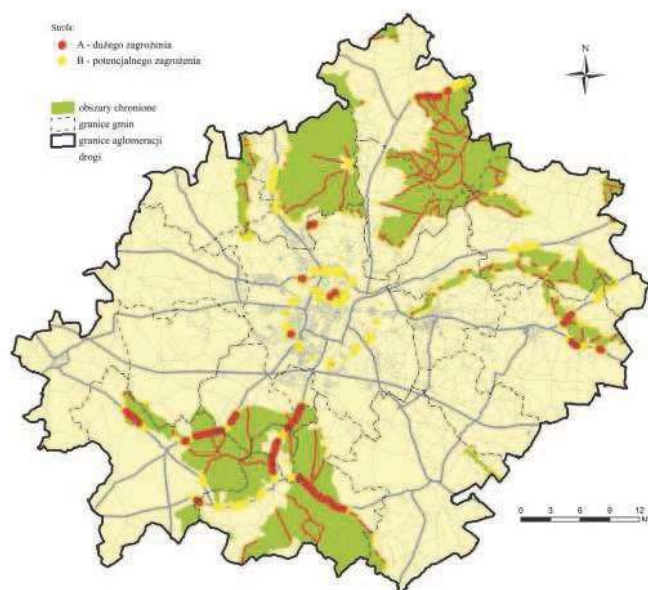
Źródło: opracowanie własne



Ryc. 4. Możliwe negatywne oddziaływania sieci drogowej na obszary chronione w aglomeracji poznańskiej

Fig. 4. Possible negative impacts caused by road network on legally protected areas (due to unique environmental value)

Źródło: opracowanie własne



z obszarami w niewielkim stopniu przekształconymi przez człowieka, charakteryzującymi się bogactwem fauny i flory. Na potrzeby opracowania dokonano identyfikacji odcinków dróg w aglomeracji poznańskiej, które mogą powodować największe negatywne oddziaływania na przyrodę. Za tereny o wysokich walorach przyrodniczych uznano wszystkie tereny leśne, a także obszary podlegające ochronie prawnej. Za strefę dużego zagrożenia negatywnymi oddziaływaniami (strefa A) uznano odcinki dróg, przy których bezpośrednio położona jest granica lasu lub obszaru chronionego. Natomiast jako strefę potencjalnego zagrożenia (strefę B) oznaczono miejsca, w których tereny leśne lub obszary chronione są nieco oddalone od terenów komunikacyjnych, ale nie więcej niż 200 metrów (por. [22]).

Otrzymane strefy zagrożeń zostały zaprezentowane na rysunkach 3 i 4. Te, które pokrywają się z drogami o największym natężeniu ruchu (z drogami krajowymi i wojewódzkimi w powiecie poznańskim oraz z drogami wyższych kategorii w Poznaniu) zostały dodatkowo pogrubione, w celu lepszej percepcji.

W przypadku terenów leśnych najwięcej stref konfliktowych pojawia się na terenie Poznania w pobliżu tzw. „klinów zieleni” (np. Droga Dębińska, ulice Koszalińska i Słupska, ul. Warszawska). W powiecie poznańskim szczególnie zagrożone są zalesione obszary dolin rzecznych. Bardzo ruchliwa droga krajowa nr 5 łącząca Poznań z Gnieznem biegnie w pobliżu cennych przyrodniczo obszarów położonych w dolinie rzeki Główniej (prawy dopływ Warty). W południowej części powiatu poznańskiego negatywne oddziaływania dotyczą lasów położonych w dolinie Warty i lasów Wielkopolskiego Parku Narodowego. Jako strefy zagrożeń oznaczono tu odcinki dróg wojewódzkich 431, 430 oraz 306, drogi ekspresowej S11, a także niewielki odcinek drogi krajowej nr 5 (Poznań-Wrocław). Miejsca możliwych negatywnych oddziaływań występują również w pobliżu innych mniejszych terenów leśnych. Dodatkowo budowa nowych dróg ekspresowych wokół Poznania zapewne spowoduje w niedalekiej przyszłości znaczny przyrost wyznaczonych stref.

Negatywne oddziaływania transportu drogowego na obszary szczególnie cenne przyrodniczo i poddane aktywnej ochronie prawnej występują w aglomeracji poznańskiej zwłaszcza na terenie Wielkopolskiego Parku Narodowego. Obszar ten przecinają ciągi komunikacyjne o dużym natężeniu ruchu – droga krajowa nr 5 oraz droga wojewódzka nr 430 (z Poznania do Mosiny). Dodatkowo przy samej granicy parku przebiegają drogi wojewódzkie nr 306 (odcinek między Nowym Dymaczewem a Bukiem) i nr 431 (odcinek między Mosiną a Nowym Dymaczewem). Druga z tych dróg przecina również Rogaliński Park Krajobrazowy. Dla położonego w północnej części aglomeracji poznańskiej Parku Krajobrazowego „Puszcza Zielonka” największym zagrożeniem transportowym jest dro-

ga wojewódzka nr 196 biegnąca wzdłuż północnych granic tego obszaru chronionego. Dodatkowo park przecina także wiele lokalnych dróg o niskim natężeniu ruchu. Potencjalne negatywne oddziaływania transportu drogowego na tereny cenne przyrodniczo mogą występować także między drogami krajową nr 92 i wojewódzką 434, a obszarem NATURA 2000 – „Ostoja koło Promna”, a także między drogą krajową nr 5 a Parkiem Krajobrazowym „Promno”.

Wpływ transportu drogowego na zmiany ukształtowania terenu i powierzchniowej warstwy litosfery

Najbardziej widoczne w krajobrazie efekty rozwoju transportu drogowego są związane ze zmianami użytkowania terenu oraz jego ukształtowania. Każda inwestycja w infrastrukturę transportową wiąże się z zajęciem pasa terenu o szerokości od kilku do kilkudziesięciu metrów (w zależności od klasy i parametrów drogi), a także budową innych konstrukcji, takich jak: parkingi, garaże, place. Jest to w zasadzie trwałe wyłączenie tej powierzchni z innych możliwości zagospodarowania, a także pozbawienie jej zdolności infiltracyjnych (w przypadku stosowania nawierzchni utwardzonej) i wszelkiej szaty roślinnej. Szczególnie na obszarach silnie zurbanizowanych wolne przestrzenie mają obecnie bardzo dużą wartość, zarówno materialną, jak i funkcjonalną (szeroko rozumiana przestrzeń publiczna [29]). Rosnące potrzeby inwestycji w infrastrukturę transportu drogowego prowadzą do tego, że część tych terenów jest przeznaczana na drogi lub parkingi, co nie- rzadko spotyka się ze sprzeciwem części społeczeństwa.

Budowa drogi wiąże się również ze znaczną ingerencją w powierzchniową warstwę litosfery. Drogi, szczególnie wyższych kategorii (autostrady, drogi ekspresowe), przeprowadzane są jak najkrótszą trasą (ze względu na koszty budowy infrastruktury i dążenie do minimalizacji czasu przejazdu) oraz z możliwie łagodnymi spadkami. W rezultacie rzadko mogą się one dostosowywać do naturalnego ukształtowania terenu. Grunty pod nową autostradą czy drogą szybkiego ruchu są więc wyrównywane, niszczone są wszystkie formy rzeźby terenu odznaczające się w krajobrazie. W miejscach naturalnych obniżen terenu usypuje się nasypy, na niewielkich wypiętrzeniach prowadzi się drogę przez wykopy. Zdarzają się również sytuacje, w których drąży się tunele w skałach lub wzgórzach, a także buduje mosty i wiadukty nad obniżeniami terenu. Wszystkie te zabiegi techniczne prowadzą do zdecydowanych, nieodwracalnych zmian krajobrazu i do jego zubożenia. Naruszają także istniejącą strukturę geologiczną i powodują zachwianie lokalnych stosunków wodnych.

W przypadku budowy dróg niższych kategorii wpływ na ukształtowanie i rzeźbę terenu jest nieco mniejszy, a przytoczone wyżej zjawiska zachodzą na mniejszą skalę. Mimo to ingerencja w powierzchniową warstwę litosfery jest w dalszym ciągu znacząca.

Powstające ciągi komunikacyjne, przecinając istniejące formy rzeźby terenu, prowadzą także do zaburzenia odbywających się tam procesów erozyjnych czy akumulacyjnych, a także transportu materiału skalnego. Drogi wytyczone na stokach przecinają trasę spływów powierzchniowych, a także ingerują w naturalne procesy stokowe. Mogą dodatkowo przyczyniać się do zwiększonej erozji materiału skalnego, a także do zachwiania równowagi mas skalnych na stoku i ich niekontrolowanego ruchu w dół stoku ([30]). W efekcie zwiększa się prawdopodobieństwo powstawania osuwisk i osypisk.

Znaczącym problemem dla środowiska przyrodniczego jest również składowanie ogromnych mas ziemi, usuniętych podczas budowy dróg i innych obiektów komunikacyjnych. Także ten proceder prowadzi do znaczących zmian ukształtowania terenu, podobnie jak procesy związane z pozyskaniem materiału skalnego potrzebnego do budowy infrastruktury drogowej.

W aglomeracji poznańskiej na większości obszaru nie ma dużych przewyższeń terenu, dzięki czemu ingerencja w powierzchnię warstwę litosfery jest zdecydowanie mniejsza niż na obszarach górzystych lub pofałdowanych. Niemniej jednak powstająca infrastruktura drogowa doprowadziła do zrównania wielu form terenu o genezie polodowcowej, takich jak pagórki morenowe, ozy, sandry, rynny polodowcowe. Także wyższe terasy zalewowe rzeki Warty na terenie Poznania uległy degradacji i obecnie nie odznaczają się wyraźnie w krajobrazie. Największe zmiany w ukształtowaniu terenu przyniosła budowa autostrady A2, która wymusiła znaczną ingerencję w rzeźbę terenu aglomeracji. Podobny negatywny wpływ na lokalny krajobraz będą zapewne miały także powstające drogi ekspresowe S5 i S11 [31].

Wnioski

Najważniejsze wnioski z przeprowadzonych analiz oddziaływań transportu drogowego na różne komponenty środowiska przyrodniczego w aglomeracji poznańskiej można zawrzeć w następujących punktach:

- zanieczyszczenia atmosferyczne pochodzące z działalności transportowej (przede wszystkim z przejazdów samochodowych) stanowią bardzo istotny problem szczególnie na silnie zurbanizowanych obszarach. Zagrożenia z nimi związane są coraz większe ze względu na rosnący poziom motoryzacji w aglomeracji poznańskiej, a także wynikają ze zmiany zachowań komunikacyjnych mieszkańców. Związane są one z procesami suburbanizacji i będącego ich konsekwencją „rozlewania się” zabudowy na coraz większym obszarze podmiejskim;
- transport drogowy stanowi bardzo istotne zagrożenie dla jakości gleb. Bardzo duży odsetek terenów na obszarach aglomeracyjnych znajduje się w niewielkiej odległości od ciągów komunikacyjnych. W związku

z tym wiele obszarów zanieczyszczonych jest metalami ciężkimi, węglowodorami i innymi szkodliwymi substancjami. Jako, że znaczna część gleb położonych przy drogach wykorzystywana jest w produkcji rolnej, istnieje ryzyko zanieczyszczenia żywności, które może powodować negatywne skutki także u ludzi;

- odprowadzane z dróg wody opadowe zanieczyszczone są licznymi substancjami pochodzącymi z działalności transportowej. Ich oczyszczanie jest istotnym problemem dla funkcjonowania obszaru aglomeracyjnego. Woda stanowi podstawę funkcjonowania roślin, zwierząt, jak i człowieka, dlatego bardzo istotne jest, by jej jakość była jak najwyższa. Zanieczyszczenia mogą doprowadzić do licznych chorób, osłabienia odporności i zaburzenia niektórych funkcji życiowych;
- bardzo istotny dla jakości życia człowieka, a także dla funkcjonowania różnych gatunków zwierząt jest tzw. klimat akustyczny. Na obszarze aglomeracji poznańskiej w pobliżu wielu dróg dopuszczalne poziomy hałasu są przekraczane zarówno w porze dziennej jak i nocnej. Dalszy wzrost natężenia ruchu i liczby nowych dróg, bez wprowadzenia rozwiązań chroniących przed hałasem może doprowadzić do poważnego uszczerbku na zdrowiu u części mieszkańców. Należy propagować również rozwiązania technologiczne związane z budową środków transportu, które wpłyną na ograniczenie poziomu emitowanego hałasu;
- wydaje się, że sferą, która najbardziej odczuwa rozwój infrastruktury transportowej i natężenia ruchu jest świat roślinny i zwierzęcy. Wszystkie inwestycje komunikacyjne prowadzą do nieodwracalnych zmian w przyrodzie, wyłączając trwale tereny z aktywności biologicznej. Nowe drogi przyczyniają się również do ograniczenia terytoriów poszczególnych gatunków zwierząt, a także do szeregu problemów związanych z potrzebą przemieszczania się i migracji. Brak rozwiązań inżynierskich – przepustów lub przejść dla zwierząt – prowadzi do separacji części populacji oraz do zwiększenia zagrożenia wypadkami na drogach. W pobliżu dróg szata roślinna ulega bardzo często znacznym przeobrażeniom. Zmienia się zarówno jej skład gatunkowy – pojawiają się gatunki synantropijne, jak i pogarsza się kondycja rodzimej roślinności. W roślinach akumulują się substancje szkodliwe, które wpływają na ich procesy fizjologiczne.

Rezultaty przeprowadzonych dla aglomeracji poznańskiej analiz pokazują, że skala możliwych zagrożeń dla środowiska przyrodniczego wynikających z rozbudowy infrastruktury transportu drogowego i zwiększającej się liczby przejazdów, jest bardzo duża. Większość kwestii wymaga jednak dalszych szczegółowych badań. Zastosowane analizy, jak również podejście do problematyki transportu aglomeracyjnego mogą stanowić punkt wyjścia do kolejnych opracowań dotyczących rozwoju systemów komunikacyjnych, wpływów transportu na środowisko

przyrodnicze, czy do projektowania konkretnych rozwiązań planistycznych. Pozostaje mieć nadzieję, że poruszana problematyka zyska w najbliższych latach większe znaczenie w lokalnych politykach rozwojowych, a wprowadzane rozwiązania komunikacyjne będą zapewniać zarówno realizację potrzeb społecznych i rozwój gospodarczy oraz nie będą przyczyniać się do pogorszenia się stanu środowiska przyrodniczego aglomeracji poznańskiej. Tylko wtedy możliwy będzie zrównoważony rozwój całego obszaru aglomeracyjnego.

LITERATURA

- [1] Kozłowski S.: Ekorozwój – wyzwanie XXI wieku. PWN, Warszawa 2000, s. 24.
- [2] Skubała P.: Dlaczego potrzebujemy zrównoważonego rozwoju? W: Kosztecka J.: Zrównoważony rozwój w ujęciu interdyscyplinarnym. Uniwersytet Rzeszowski, Rzeszów 2008.
- [3] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo Ochrony Środowiska, Dziennik Ustaw Nr 62, poz. 627.
- [4] Litman T.: Transportation Cost Analysis for Sustainability. Victoria Transport Policy Institute, Victoria 1999.
- [5] Steg L., Gifford R.: Sustainable transportation and quality of life. *Journal of Transport Geography* 2005, 13: 59-69.
- [6] Banister D.: Unsustainable transport. City transport in the new century. Routledge, Nowy Jork 2005.
- [7] Banister D.: Transport Policy and the Environment. Spon, Londyn 1998.
- [8] Sessa C.: Achieving sustainable cities with integrated land use and transport strategies, W: Marshall S., Banister D. (red.): Land use and transport. Elsevier, Oxford 2007.
- [9] White paper: Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system. Raport Komisji Europejskiej, Bruksela 2011.
- [10] Kistowski M.: Przegląd wybranych podejść metodycznych w zakresie analizy oceny wpływu człowieka na środowisko przyrodnicze. *Problemy Ekologii Krajobrazu* 2003, XVII: 60-70.
- [11] Bandyda A.: Zagrożenia środowiskowe ze strony transportu. *Nauka* 2010, 4: 115-125.
- [12] Forman R.T., Sperling D., Bissonette J. i wsp.: Road Ecology: Science and Solutions. Island press, Waszyngton 2003.
- [13] Grabowski W., Krych A., Bilski M. i wsp.: Transport w aglomeracji poznańskiej. Biblioteka aglomeracji poznańskiej nr 8, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań 2010.
- [14] Gronowicz J.: Ochrona środowiska w transporcie lądowym. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji, Radom 2004.
- [15] Polkowska Ż., Dubiel-Jackowska A., Zabiegała B. i wsp.: Skład zanieczyszczeń wprowadzanych do środowiska wzdłuż dróg o różnym natężeniu ruchu pojazdów mechanicznych. *Ecological Chemistry and Engineering*, 2007, 14: 315-338.
- [16] Chłopek Z., Jakubowski A.: Badania modelu ograniczania emisji cząstek stałych z układu hamulcowego pojazdu samochodowego. *Eksploatacja i Niezawodność* 2010, 4: 29-36.
- [17] Gaj H.: Bilans cieplarniany gazów dla miasta Poznania. Agpress, Poznań 2008.
- [18] Brzozowska L., Brzozowski K., Drąg Ł.: Transport drogowy a jakość powietrza atmosferycznego. Modelowanie komputerowe w mezoskali. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2009.
- [19] Bohatkiewicz J.: Metoda prognozowania emisji zanieczyszczeń powietrza od pojazdów – model i program komputerowy COPERT III. Biuro Ekspertyz i Projektów Budownictwa Komunikacyjnego EKKOM Sp. z o.o., Kraków 2008.
- [20] Rychlik A.: Metody pomiaru zużycia paliwa pojazdów użytkowanych. *Eksploatacja i Niezawodność* 2006, 4: 37-41.
- [21] Topp H.H.: Bevölkerung, Innenentwicklung, Kosten... und Mobilität und Verkehr im Jahr 2030. *Straßenverkehrstechnik* 2004, 2: 53-59.
- [22] Mazur E.: Transport a środowisko przyrodnicze Polski. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 1998.
- [23] Błaszczyk W., Stamatello H.: Budowa miejskich sieci kanalizacyjnych. Arkady, Warszawa 1975.
- [24] Makarewicz R.: Hałas w środowisku. Ośrodek Wydawnictw Naukowych, Poznań 1996.
- [25] Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 12 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku, Dziennik Ustaw Nr 120, poz. 826.
- [26] Programu Ochrony przed Hałasem dla Miasta Poznania. Urząd Miasta Poznania, Poznań 2008.
- [27] Raport o Stanie Środowiska w Wielkopolsce w roku 2006. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Poznaniu, Poznań 2007.
- [28] Hilty J.A., Lidicker W., Marenlender A.: Corridor ecology: The Science and Practice of Linking Landscapes for Biodiversity Conservation. Island press, Waszyngton 2006.
- [29] Wesołowski J.: Miasto w ruchu. Przewodnik po dobrych praktykach w organizowaniu transportu miejskiego. Instytut Spraw Obywatelskich, Łódź 2008.
- [30] Klimaszewski M.: Geomorfologia. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1978.
- [31] Program drogowy Miasta Poznania na lata 2008-2015. Wydział Gospodarki Komunalnej i Mieszkaniowej Urzędu Miasta w Poznaniu, Poznań 2008.