

Józef Curzydło

## WPLYW MOTORYZACJI NA ŚRODOWISKO. PRZECIWDZIAŁANIE NEGATYWNYM SKUTKOM

Rozwój motoryzacji niesie negatywne skutki w postaci liniowego skażenia powietrza, wody, gleby i roślin, a w konsekwencji na drodze łańcucha troficznego zagraża zwierzętom i człowiekowi. Szkodliwe dla zdrowia są nie tylko zanieczyszczenia gazowe, takie jak: tlenek węgla, węglowodory pierścieniowe, tlenki azotu i siarki, czy pyły czerni węglowej, powstające ze ścierania opon, pyły asfaltu (stąd betonowe nawierzchnie dróg są trwalsze i mniej szkodliwe), a także hałas. Wiele z tych związków przyczynia się do wzrostu chorób nowotworowych, co zostało doświadczalnie stwierdzone, m.in. w Japonii, Francji i Szwajcarii.

Pomimo tych negatywnych skutków, przemysł motoryzacyjny rozwija się dynamicznie, bowiem samochód jest praktycznym środkiem transportu zarówno dla towarów, jak i ludzi od „drzwi do drzwi”. Rozwój motoryzacji związany jest ściśle z rozwojem sieci dróg. Pierwsza autostrada została zbudowana w 1923 r. we Włoszech z Mediolanu do Varese, dla celów turystycznych. Nowoczesna sieć autostrad powstała w Niemczech w latach 30. XX wieku. Przed 1938 r. ukończono tam 3065 km autostrad. Według źródeł IRF World Road Statistic, obecnie długość autostrad w niektórych krajach Europy wynosi:

Niemcy	11.515 km
Francja	11.000 km
Hiszpania	6.957 km
Czechy	499 km
Polska	410 km
Słowacja	295 km

Mała Szwajcaria posiada 1 640 km wysokiej klasy autostrad, a do roku 2005 planuje się wybudowanie dalszych 220 km. Porównując długość autostrad i powierzchnie Szwajcarii i Polski, to Polska powinna posiadać 14 000 km autostrad. Dlatego planowana do roku 2015 budowa 1 529 km płatnych autostrad jest niezbędnym mi-

nimum. Gęstą sieć autostrad posiadają: Szwajcaria, Niemcy, Francja, Belgia, USA. Świadczy o tym długość autostrad i dróg ekspresowych w stosunku do długości wszystkich dróg kołowych w danym kraju, która dla przykładu wynosi: w Szwajcarii 2,3%, w Niemczech 1,7%, we Francji 1,1%, w Polsce tylko 0,07%.

Autostrady w porównaniu z drogami tradycyjnymi (przy tym samym natężeniu ruchu samochodowego) to inwestycje proekologiczne. Po autostradach samochody poruszają się płynnie, w związku z tym mniej skażają środowisko, a ponadto są oddalone od zabudowań i miast. Według Suwary [1994], korzyści z funkcjonowania autostrad są następujące:

- oszczędności zużycia paliw do 25%,
- oszczędności czasu podróży o 30-40%,
- zmniejszenia ryzyka wypadków o 70-80%,
- ograniczenie emisji spalin i hałasu o 25-30%.

Niestety, autostrady ze względu na wysokie wymagania techniczne, brutalnie przecinają środowisko, są zazwyczaj grodzone i stanowią przeszkodę nie do pokonania dla dzikich zwierząt, ponadto powodują skażenie powietrza, wody, gleby i roślin.

### Motoryzacja w Polsce i świecie

Począwszy od lat 90. XX wieku, motoryzacja w Polsce rozwija się dynamicznie. Najbardziej wzrosła liczba samochodów osobowych (tab. 1).

Tabela 1. Pojazdy samochodowe i ciągniki uciążliwe dla czystości powietrza (w tysiącach)

Rodzaj pojazdów	Lata				
	1990	1995	2000	2001	2002
samochody osobowe	5261	7517	9991	10503	11029
autobusy	92	85	82	82	83
samochody ciężarowe	1045	1354	1879	1979	2052
motocykle i skutery	1357	929	803	803	869

*Wielka encyklopedia powszechna*, t. 18 [2003] podaje, że w 1990 r. mieliśmy 5 263 000 samochodów osobowych, w 2003 r. ich liczba wzrosła do 12 milionów. Niestety, pozostajemy daleko w tyle z budową autostrad i modernizacją dróg. Notujemy bardzo dużo wypadków śmiertelnych, na 1 milion, w kolizjach ginie rocznie 175 osób, a na 100 wypadków, śmierć poniosło aż 13 osób. Pod tym względem zajmujemy niechlubne drugie miejsce po Rosji. Dla porównania, np. w Anglii na 1 milion mieszkańców ginie 65 osób, a na 100 wypadków samochodowych zabite są tylko 2 osoby.

Przyczyn tak dużej liczby śmiertelnych ofiar doszukiwać się należy w braku wrażliwości, nieostrożnej jeździe po wąskich drogach, nieprzebrnięciu przepisów drogowych i prowadzeniu pojazdów przez pijanych kierowców. Duże znaczenie

ma opóźnienie udzielania pomocy medycznej po wypadkach. W stosunku do USA, Niemiec czy Anglii, w Polsce ginie aż 6 razy więcej ludzi na 100 kolizji samochodowych. Motoryzacja jest przyczyną nie tylko skażeń środowiska toksycznymi składnikami spalin i pyłów oraz hałasu, ale także dużej liczby wypadków śmiertelnych. Pomimo jednak tych negatywnych skutków, większość naszych rodaków chce posiadać samochód, dlatego należy prowadzić dalszą modernizację w samochodach, aby motoryzacja jak najmniej szkodziła środowisku, a ponadto wzdłuż autostrad i dróg dokonywać nasadzeń zwartych pasowych zadrzewień i montować ekrany akustyczne wygłuszające hałas.

W dynamicznym rozwoju motoryzacji w Polsce pocieszające jest zasadnicze zmniejszanie się zanieczyszczeń motoryzacyjnych (prezentuje to tab. 2).

Na skutek przybywania nowej generacji sprawniejszych samochodów, mniej zużywających paliwo, wyposażonych w katalizatory, na przestrzeni ostatnich 10 lat (1991-2001) ilość samochodów podwoiła się, a pomimo tego emisja tlenku węgla i tlenków azotu zmniejszyła się dwukrotnie, a dwutlenku siarki aż sześciokrotnie. W przypadku najbardziej toksycznego ołowiu, emisja zmniejszyła się aż 20 razy.

Tabela 2. Emisja zanieczyszczeń ze środków transportu w gigagramach

Składnik	Lata					
	1991	1993	1996	1999 <sup>a</sup>	2000	2001 <sup>a</sup>
Tlenek węgla	1252,8	1227,7	1289,5	857,3	717,5	646,0
Tlenki azotu	445,8	437,1	482,9	269,6	251,5	244,1
Dwutlenek siarki	40,51 <sup>b</sup>	24,37 <sup>b</sup>	27,74 <sup>b</sup>	19,23 <sup>b</sup>	14,98	7,15
Cząstki stałe	26,92 <sup>b</sup>	26,84 <sup>b</sup>	32,14 <sup>b</sup>	19,85 <sup>b</sup>	17,90	17,46
Ołów	0,67	0,29	0,42	0,17	0,041	0,0340

### Zanieczyszczenie roślin i gleby kadmem, ołowiem i cynkiem

W ubiegłych latach w sąsiedztwie ruchliwych dróg i autostrad notowano duże zanieczyszczenie metalami ciężkimi, zwłaszcza ołowiem, kadmem i cynkiem. Badania autor rozpoczął w 1971 roku w Szwajcarii. Wówczas największym problemem było skażenie środowiska ołowiem ze spalin samochodowych. I tak np. trawy pobrane z rowów przy autostradzie Lozanna-Genewa 5 lipca 1971 r. w odległości 0,5 m od skraju drogi zawierały 103,6 mg Pb/kg s.m., a w odległości 5 m już tylko 42,6 mg. Natomiast koniczyna czerwona pobrana w odległości 12 m zawierała 14,6 mg Pb, w odległości 50 m – 6,5 mg Pb, a w odległości 100 m – 4,7 mg Pb/kg s.m. Ołów jako najcięższy składnik spalin, w największych ilościach osadza się w najbliższym sąsiedztwie jezdni.

W 1970 r. Bovay i wsp. przeprowadzili doświadczenie z 3 krowami żywionymi trawami zebranymi z poboczy autostrady Berno-Zurich. Trawa zawierała 99 mg Pb w suchej masie. Dla porównania pobrano także próbki mięsa, nerek, wątroby

i kości krowy żywionej trawą zawierającą poniżej 10 mg Pb w s.m. Choć doświadczenie trwało tylko 36 dni, różnice w kumulacji Pb były duże (tab. 3).

Tabela 3. Kumulacja Pb w różnych organach krów żywionych trawą o niejednakowym stopniu zanieczyszczenia [Bovay 1970, Blane i wsp. 1971]

Badane organy	Zawartość Pb p.p.m. w świeżej masie		różnice w zwiększonej zawartości
	średnie wyniki z 3 krów trawa 99 mg Pb	krowa żywiona trawą poniżej 10 mg Pb	
mięśnie	0,240	0,080	3
nerki	1,576	0,140	11
wątroba	1,655	0,080	21
kości miednicy	24,990	1,326	19

Jak widać, krowy żywione trawą z poboczy autostrady, w porównaniu z żywionymi trawą nie skażoną ołowiem zawierały:

mięśnie 3 razy więcej Pb,  
nerki 11 razy więcej Pb,  
wątroba 21 razy więcej Pb,  
kości miednicy 19 razy więcej Pb.

Jak wynika z badań szwajcarskich i niemieckich, zanieczyszczenie różnych roślin i produktów zwierzęcych w latach 70. XX wieku było bardzo duże, toteż na przełomie lat 1979/1980 rozpoczęto w Europie Zachodniej instalowanie w samochodach katalizatorów i wprowadzono ograniczenia w dodawaniu do benzyn ołowiu, co dało stopniowe zmniejszenie emisji i imisji ołowiu.

Badania dotyczące skażeń motoryzacyjnych autor prowadził w Polsce w ramach prac: doktorskiej (1973-1976), habilitacyjnej (1979-1986), grantów autor-skich KBN w latach 1998-2001.

Dla przykładu przytaczam niektóre charakterystyczne wyniki badań dotyczące skażenia roślin uprawianych przy drogach i ulicach wylotowych z miast. Badano różne rośliny. Próbkę pobierano co 10-20 m od jezdni na odległości do 150 i więcej metrów od ruchliwych dróg. W tabeli 4 podano kilka wyników z różnych odległości od jezdni.

Tabela 4. Zawartość metali ciężkich w różnych częściach roślin uprawianych wzdłuż niektórych dróg

Data Pobrania	Droga	Odległość Od jezdni w m	Roślina	Anali-zowana część	Przygotowanie	Zawartość mg/kg s.m.		
						Cd	Pb	Zn
1.08. 1995	E-77 Kraków-Myślenice	15	pszenica	Słoma Ziarno	nie myte	0,32	5,21	72,3
						0,26	0,92	53,6
		160	pszenica	Słoma Ziarno	nie myte	0,19	1,48	34,2
						0,14	0,61	29,8

6.07. 1995	E-30 Warszawa- -Poznań	10	kapusta głowiasta	liście zew. Główka	nie myte	0,56 0,07	11,64 1,79	65,9 34,3
		140	kapusta głowiasta	liście zew. Główka	nie myte	0,43 0,05	5,81 1,58	26,8 20,7
29.09. 1994	E-30 Warszawa- -Poznań	15	marchew	Korzeń	myty	0,71	2,89	44,8
		100	marchew	Korzeń	myty	0,23	1,43	35,1
30.09. 1994	E-77 Warszawa- -Kielce- -Grójec	12	jabłka	Skórka Miąższ	myta -	0,19 0,18	1,38 0,92	8,8 6,3
		100	jabłka	Skórka Miąższ	myta -	0,08 0,08	1,37 0,86	7,8 3,9

Ołów kumulowany jest głównie w tych częściach roślin, na które opadają pyły motoryzacyjne. Natomiast główka kapusty, ziarna zbóż, czy miąższ jabłek – nie mając bezpośredniego kontaktu z opadającymi, pyłami nie ulegają zanieczyszczeniu.

Ołów nie jest transportowany w roślinach (a jeżeli tak, to w bardzo minimalnych ilościach przy zakwaszonej glebie). Z gleby ten toksyczny metal jest pobierany głównie przez korzenie i skórkę korzeni spichrzowych, ale nie przedostaje się do części nadziemnych. Kadm natomiast jest bardziej ruchliwy w roślinach. W środowisku kwaśnym zarówno Pb, jak i Cd jest łatwiej pobierany przez rośliny.

Bardzo ważnym zabiegiem ograniczającym zanieczyszczenie metalami ciężkimi pochodzącymi z warzyw jest ich staranne mycie. Obniża ono zawartość metali ciężkich w warzywach, a zwłaszcza ołowiu od 30 do 70%. Świadczy to o zanieczyszczeniu powierzchniowym. Warzywa pobrane z terenów zanieczyszczonych zawierają często wielokrotnie więcej metali ciężkich niż dopuszczają normy (wg norm z Puław, w przeliczeniu na suchą masę, wynoszą do 1 mg Pb i 0,15 mg Cd na 1 kg s.m.).

W glebie, podobnie jak w roślinach, najwyższą zawartość metali ciężkich notujemy w najbliższym sąsiedztwie jezdni i to w górnym powierzchniowym poziomie 0-20 cm, w którym zawartość ołowiu zmniejsza się w miarę oddalania się od drogi. Dotyczy to także w nieco mniejszym stopniu kadmu i cynku. Natomiast w poziomie 50-80 cm zawartość ołowiu jest mała, uzależniona od naturalnej zawartości w skale macierzystej. Wpływ odległości od jezdni nie ma tu znaczenia.

Obecnie zanieczyszczenie ołowiem roślin przy drogach jest bardzo małe, (benzyna bezołowiowa), natomiast nadal powietrze i rośliny ulegają zanieczyszczeniu kadmem, pyłami unoszącymi się z powierzchni jezdni. Są to rakotwórcze pyły czerni węglowej powstałe ze ścierania opon samochodowych, a także pyły asfaltu.

Największemu zanieczyszczeniu ulega strefa do 70-100 m od jezdni ruchliwych dróg, dlatego w tym rejonie nie należy uprawiać warzyw. Natomiast można uprawiać: zboża, ziemniaki na produkcję alkoholu, len, konopie oraz rośliny energetyczne: wierzbę, rzepak, czy plantacje nasienne.

## Owoce runa leśnego

Przebadano także owoce runa leśnego z lasów przydrożnych oraz z Puszczy Piskiej. Największą kumulację metali ciężkich stwierdzono w najbliższych rejonach drogi, przy czym w odległościach 30-80 m od jezdni stwierdzono nieco większą zawartość metali, co potwierdzają badania wyższej koncentracji spalin w lasach przydrożnych w tych odległościach. Jest to strefa, w której kończy się podmuch przejeżdżających samochodów, co ma szczególnie miejsce w okresach ciszy (pogody bezwietrznej). Wyższa koncentracja spalin w odległościach 30-80 m od jezdni wpływa także na podwyższoną zawartość metali ciężkich, przede wszystkim w liściach, a także w owocach.

W ostrężynach zawartość kadmu wahała się w granicach od 0,16 do 0,31 mg/kg s.m., a ołowiu od 0,88 do 1,84. W borówkach średnia zawartość Cd wynosiła 0,305 mg, a Pb – 1,56 mg/kg s.m. W malinach średnia zawartość Cd wynosiła 0,236 mg, a Pb 1,397 mg/kg s.m.

## Jadalne grzyby kapeluszowe

Analizowano grzyby: borowik szlachetny, podgrzybek brunatny, kozłarz czerwony (kozak) oraz pieczarki. Grzyby zbierano z lasów przydrożnych, dla porównania przebadano grzyby z Puszczy Piskiej z miejscowości Krzyże. Po zbiorze grzyby czyszczone, starannie myto i po wysuszeniu postępowano jak z próbkami roślin. Analizowano oddzielnie kapelusze i trzonki.

Generalnie grzyby charakteryzują się dużymi „zdolnościami” pobierania metali ciężkich z podłoża, zwłaszcza ołowiu, który przez rośliny pobierany jest w minimalnych ilościach. Przykładowo, zawartość Pb w grzybach jadalnych zebranych (20.08.1999 r.) przy drodze ekspresowej E-75 Katowice-Częstochowa, wahała się: borowik szlachetny w odległości 40-50 m: kapelusze – 1,99 mg; trzonki – 1,23 mg. W Puszczy Piskiej, w miejscowości Krzyże (zbiór 25.06.2001 r.): kapelusze borowika – 1,06 mg; trzonki – 0,72 mg.

Jadalne grzyby kapeluszowe mają duże „zdolności” pobierania z podłoża kadmu i ołowiu, dlatego też dopuszcza się w suszonych grzybach wyższe zawartości: kadmu – do 1 mg/kg s.m., ołowiu – do 2 mg/kg s.m. (SANEPID Kraków).

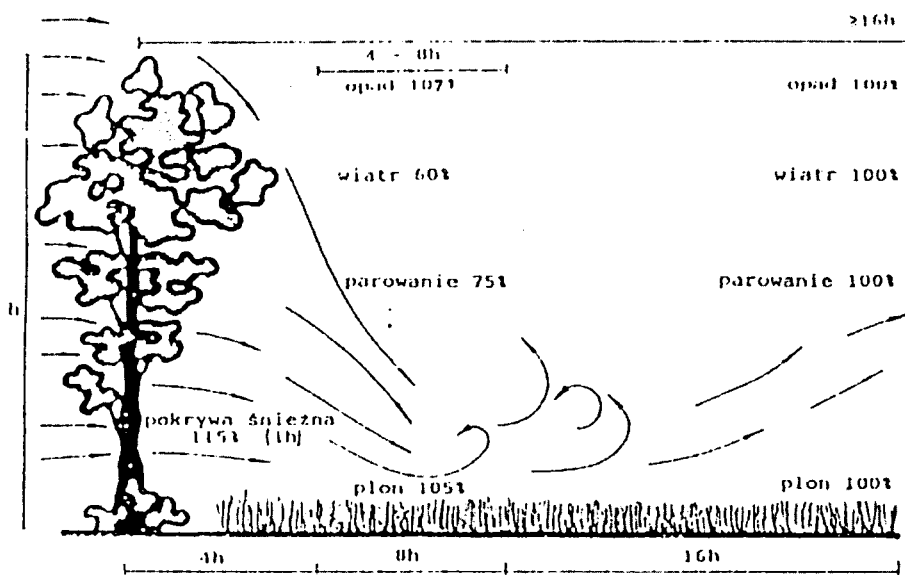
## Wpływ zadrzewień na plony

Zadrzewienia śródpolne zmniejszają siłę wysuszających wiatrów, łagodzą skoki temperatur, a zatrzymując śnieg, przyczyniają się do większej wilgotności gleby. W konsekwencji zwiększa się wydajność plonów (ryc. 1).

Zadrzewienia śródpolne stanowią również azyl dla ptaków i owadów, pomagając im przetrwać niekorzystne dla nich zabiegi chemiczne stosowane w rolnictwie.

Drzewa wydzielają także fitonucedy – substancje o zdolnościach bakterio-bójczych. W lesie odczuwamy przyjemne zapachy, bowiem las oczyszcza powietrze z pyłów i gazów.

Ryc. 1. Wpływ zadrzewień śródpolnych na zmiany mikroklimatu i plonowanie roślin uprawnych



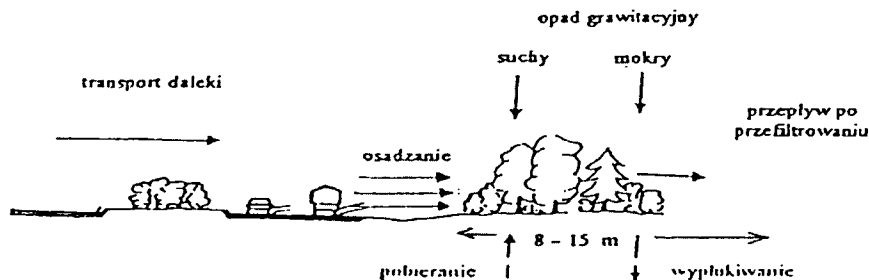
### Ochronny wpływ pasowych zadrzewień przydrożnych

Pożyteczna rola lasów, zadrzewień i drzew znana jest od dawna. W środowisku zanieczyszczonym szczególną rolę spełniają gatunki odporne na skażenia pyłów i gazów.

Także zadrzewienia przydrożne spełniają korzystne funkcje środowiskowe, a zwłaszcza zwarte zadrzewienia pasowe. Zanieczyszczenia motoryzacyjne (pyły i gazy) unoszą się z powierzchni jezdni. Dlatego też, jeżeli pomiędzy jezdnią (jezdniami) drogi czy autostrady, znajdują się zwarte pasowe zadrzewienia przydrożne (ryc. 2), spełniają one wówczas rolę biologicznych filtrów.

Mechanizm rozprzestrzeniania się i wychwytywania zanieczyszczeń został potwierdzony w badaniach autora na istniejących pasowych zadrzewieniach w rejonie Kowala i Wilcznej. Istniejące tam pasy zadrzewień szerokie na 12-15 m składają się z nasadzeń: klonów, wiązów, lip i jesionów oraz odrostów tych drzew. Prezentują je fotografie 1 i 2. Badania wykazały, że liście tych zadrzewień od strony jezdni kumulują ołów w ilości 14-18 mg/kg s.m., a od strony pól tylko 4-6 mg. W kolejności najsprawniej zatrzymują pyły: wiązy, lipy, klony i jesiony, co jest związane z budową morfologiczną ich liści. W rejonach stacji benzynowych niestety gałęzie okrzęsano, a odrosty i zakrzaczenia wykarczowano. Takie zadrzewienie, już ażurowe – fot. 2 – przestało pełnić rolę biologicznego filtra lokalizującego zanieczyszczenia pyłów i gazów w obrębie pasów drogowych. Zwartymi pasowymi zadrzewieniami należy obsadzać autostrady i drogi bowiem spełniają one rolę biologicznych filtrów, jak również ekranów akustycznych i mają przewagę nad ekranami technicznymi, ponieważ nie odbijają hałasu i pyłów, lecz je pochłaniają.

Ryc. 2. Wpływ zwartych pasowych zadrzewień przydrożnych na rozprzestrzenianie się i osadzanie zanieczyszczeń motoryzacyjnych (pyły i aerozole)





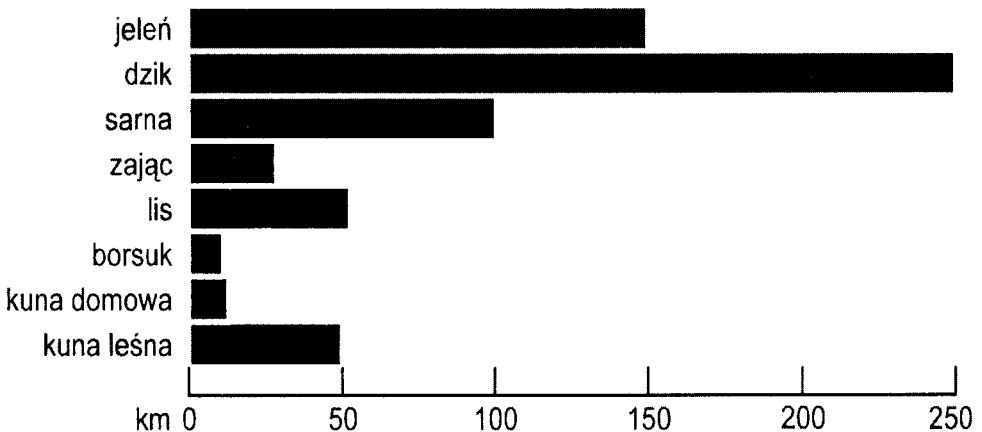
### Wpływ fragmentacji środowiska autostradami i drogami ekspresowymi na dzikie zwierzęta

Polska jest krajem, w którym w zasadzie zachowane zostały naturalne krajobrazy, pierwotne lasy i puszcze, naturalne łąki, pastwiska, a także tereny podmokłe i torfowiska. Świadczy o tym bogactwo m.in. ptaków i dzikiej zwierzyny. Mamy obecnie około 40 tys. par bocianów. Co trzeci bocian światowego stanu żyje w Polsce. Jeżeli chodzi o dzikie zwierzęta, to według sprawozdań Stacji Badawczej PZŁ w Czempiniu [Bresiński, Bryliński, Kamieniarz i Panek], w ostatnich latach (2000-2001) liczba dzikiej zwierzyny w Polsce wynosiła około: 2000 łosi, 95000 jeleni, 5800 danieli, 531000 saren, 78700 dzików, 490000 zajęcy, 150000 lisów i 690 wilków. Mamy zatem co chronić. Dzikie zwierzęta stanowią naturalne bogactwo przyrody i tak samo jak człowiek, mają prawo do życia, dlatego też należy uczynić wszystko, aby bogactwo to zachować dla następnych pokoleń.

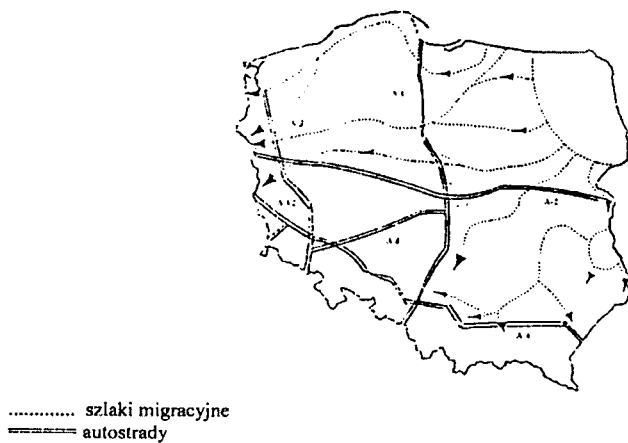
Tymczasem drogi, szybkie linie kolejowe, a szczególnie autostrady – ze względu na to, że panuje na nich bardzo duży ruch samochodowy oraz to, że są grodzone – stanowią barierę nie do pokonania dla dzikich zwierząt.

Dzikie zwierzęta przemierzają setki kilometrów (ryc. 3), od lat utartymi szlakami migracyjnymi zlokalizowanymi w korytarzach ekologicznych (ryc. 4). Przecięcie tych ścieżek migracyjnych autostradami i drogami ekspresowymi, a także liniami szybkich kolei uniemożliwia migracje dzikim zwierzętom, które nie mogą żyć na zbyt małych obszarach (ryc. 5).

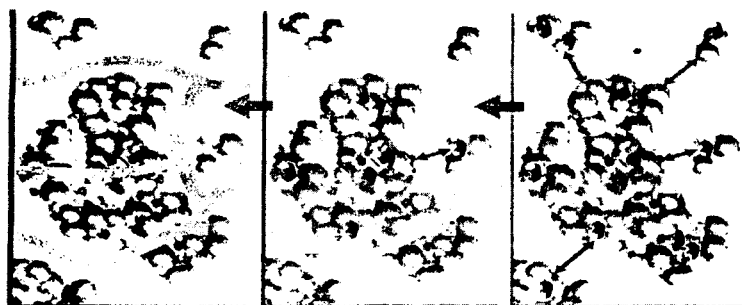
Ryc. 3. Odległości, na jakie przemieszczają się duże ssaki [Pfister 1995]



Ryc. 4. Przepuszczalne szlaki migracyjne łościa na tle planowanej sieci autostrad



Ryc. 5. Podział środowiska ruchliwymi drogami i autostradami eliminuje dzikie zwierzęta ze środowiska, które nie mogą żyć na zbyt małych obszarach [IENE 2000]



Na skutek fragmentacji środowiska i przerwanie łączności pomiędzy odległymi, niespokrewnionymi populacjami, zwierzęta zmuszone są do egzystencji na zamkniętych wyspach i nie mogą się przemieszczać. Uniemożliwione zostaje kojarzenie się odległych populacji, a brak dopływu „świeżej” krwi i niespokrewnionych genów powoduje ich stopniową degenerację, osłabienie naturalnej odporności, co w końcowym etapie doprowadza do stopniowego wymierania populacji.

Planowana sieć autostrad i zmodernizowanych dróg ekspresowych przetnie szlaki migracyjne dzikich zwierząt. Największe zagrożenie fragmentacją środowiska będzie dla łośi, które przemieszczają się z obfitych siedlisk północno-wschodnich rejonów Polski (ryc. 4) w kierunku zachodniej granicy, skąd przez rzekę Odrę przechodzą do rejonów Niemiec, a na południu do Czech i na Słowację. Tymi szlakami przemieszczają się także inne jeleniowate i wilki, a wędrówki te odbywają się w obydwu kierunkach.

### **Stan mostów dla zwierząt w 2003 r. nad autostradą A-4 w regionie opolskim oraz A-2 na odcinku Konin-Września**

Autostrada A-4 na odcinku woj. opolskiego przebiega na przestrzeni 89 km, w tym przez 32 km kompleksów leśnych obfitujących w jelenie, daniele, sarny, dziki, zające i lisy. Okresowo przemieszczają się także łośie. Na odcinku tym wybudowano 5 mostów specjalnie dla dzikich zwierząt (prezentują je fot. 3, 4). Mosty są za wąskie. Zostały wybudowane na nasypach (skarpach), a główną ich wadą jest to, że drzewa i krzewy (jałowce i żarnowce) posadzone w betonowych donicach (kontenerach). Nie obsadzono drzewami i krzewami również skarp (dojść, tzw. „lejków”). Zwierzęta, wychodząc z lasu, nie widzą w perspektywie po drugiej stronie drogi sąsiadującego zadrzewienia, a jedynie wysoki nasyp i jakieś przeszkody (parkan, betonowe kontenery zamiast drzew), i z powodu klaustrofobii nie przechodzą.

Mosty opolskie to kosztowne buble, które nie spełniają swojego zadania. Betonowe ciężkie kontenery należy usunąć, a na ich miejsce nałożyć warstwę gleby i w niej posadzić gęsto rzędy świerków i drzew liściastych. Obsadzić drzewami należy także dojścia – nasypy pomiędzy lasem a parkanem mostu. Tak zagospodarowane mosty: belgijski i szwajcarski, zachęcają bojaźliwe dzikie zwierzęta do przechodzenia.

### **Badanie w Europie Zachodniej**

W latach 1991-1998 Szwajcarski Instytut Ornitologiczny Sempach kierował europejskim grantem dotyczącym wykorzystania różnej szerokości mostów przez migrujące zwierzęta. Badania te prowadzono także przy użyciu kamer wideo pracujących w podczerwieni. Prowadzono je na wielu mostach różnej szerokości. Kil-

kanaście z nich prezentuje tab. 5. Początkowo, w latach 80. ubiegłego wieku, budowano wąskie, 8-12 m szerokości mosty. Ponieważ wykorzystanie tych mostów przez zwierzęta było małe, ekolodzy protestowali. Dlatego na początku lat 90. zaczęto budować szersze na 50-200 m. Na przykład ekolodzy szwajcarscy nie protestują przeciwko budowie autostrad, lecz „walczą” m.in. o to, aby mosty dla zwierząt budowano szerokie i dobrze zagospodarowane. W rejonie Nauchâtel (Région de Chévreftu) drogowcy zaprojektowali most dla zwierząt szeroki na 50 m. Jednak ekolodzy, ze względu na bogactwo migrującej zwierzyny, zaskarżyli do Trybunału Federalnego ten projekt i zażądali mostu 100 m. Ekolodzy sprawę wygrali. Most został oddany do użytku w 2001 r., a jego szerokość wynosi 105 m.

Wieloletnie kosztowne badania wykazały, że wraz ze wzrostem szerokości mostów od 8 do 200 m, ich wykorzystanie wzrasta. Przy szerokościach od 8 do 40 m, wzrost ten jest proporcjonalny do wzrastającej szerokości, a później jest nieco mniejszy. Bardzo ważnym czynnikiem decydującym o wykorzystaniu mostu, obok szerokości, jest właściwa lokalizacja. Most należy zbudować dokładnie na trasie, gdzie zwierzęta miały ścieżkę przed budową autostrady. Ważne jest także, dla jakich zwierząt budujemy przejście. Jeźdnie autostrady w rejonie mostu należy obniżyć tak, aby poziom lasu czy otaczającego terenu zrównał się z powierzchnią mostu (jak to prezentują fot. 5 i 6).

Tabela 5. Badania migracji zwierząt przez mosty różnej szerokości w Europie Zachodniej, prowadzone pod kierunkiem Szwajcarskiego Instytutu Ornitologicznego Sempy w latach 1991-1998

Kraj	Lokalizacja	Droga	Szerokość (m)	Szerokość między zagrodzeniami (m)	Rok budowy
Niemcy	Schwarzgraben	B31	50	39	1992/95
Niemcy	Wieherholz	B31	80	65	1993/95
Niemcy	Negelhof	B31	20	13	1993/95
Niemcy	Hirschweg	B31	80	64	1993/95
Niemcy	Württembergle	B33	35	30,5	1989
Niemcy	Hohereute	B33	35	30	1989
Holandia	Wowste Hoeve	A50	50	45	1998
Holandia	Terlet	A50	50	50	1988
Francja	Hardt	A36	8	7,2	1981
Francja	Hardt	A36	12	12	1981
Szwajcaria	Fuchswies	N7	200	186	1992
Szwajcaria	Aspiholz	N7	140	127	1992

Powierzchnia mostu musi być dobrze zagospodarowana. Drzewa i krzewy powinny być posadzone bezpośrednio do warstwy gleby położonej na powierzchni mostu. Należy nadmienić, że zwierzęta przemieszczające się w poszukiwaniu pokarmu czy wody, mogą się po pewnym czasie przyzwyczaić do przechodzenia także przez wąskie, 8-20 m szerokości mosty, lecz duże ssaki przemieszczające się pomiędzy odległymi rejonami, wąskich mostów nie akceptują [Voelk i Glitzner 1999].

### Szerokość mostów i ich lokalizacje

Wyniki badań i obserwacji wykazały, że duże ssaki bardzo rzadko korzystają z mostów o szerokości mniejszej niż 20 m. Tylko lisy, borsuki i kuny korzystały z takich przejść. Zwierzęta te, tzw. „norowce”, przechodzą także drogą „podziemną” (przepustami). Natomiast zwierzęta lękliwe, takie jak łosie, jelenie, sarny, czy zające, dobrze wykorzystują i przechodzą bezstresowo przez mosty szerokie na 50 i więcej metrów. Mogą to być mosty węższe, lecz ich powierzchnie muszą być prawidłowo obsadzone drzewami i krzewami.

Zwierzęta mają zmysł ułatwiający im unikanie drapieźników, boją się zamkniętych terenów i z wąskich, źle zagospodarowanych mostów, praktycznie nie korzystają. Dzikie zwierzęta żyją w lasach, zagajnikach, a także na wolnych niezabudowanych obszarach. Unikają przestrzeni zamkniętych, zabudowań, oświetleń i hałasu. Dla zwierzęcia żyjącego w swoim środowisku jest normalne, że jeżeli zostanie np. zaatakowane przez inne dzikie zwierzę z jednej strony, to ma możliwość ucieczki w drugą. Natomiast wąskie, a do tego oparknione mosty – z powodu klaustrofobii – nie dają zwierzęciu takiej możliwości, dlatego też takie mosty nie są przez nie akceptowane. Budując mosty dla zwierząt należy dobrze zapoznać się z psychiką zwierząt i ich zachowaniem (behawioryzm, klaustrofobia).

Jak podają autorzy: M. Trocme, B. Magin i R. P. Lebean, znane są podstawowe warunki niezbędne do wędrówek dzikich zwierząt: ciągłość drzewostanu leśnego, korytarze rzeczne, tereny otwarte – dobrze, jeżeli są pokryte pasami zieleni, zadrzewieniami, łąkami, jak również terenami bagnistymi. Dzikie zwierzęta natomiast unikają bądź omijają wielkie przeszkody: zabudowania, jeziora, wielkie rzeki otoczone wałami, drogi o dużym ruchu oświetlone nocami, tereny pozbawione zadrzewień.

### Problem masakrowanych płazów w Polsce

Wśród płazów, największa jest populacja ropuch i żab. W niektórych regionach, gdzie w sąsiedztwie dróg występują stawy, co roku na naszych drogach są one masakrowane w 90-95%.

Przy ruchliwej drodze 780 Kraków-Oświęcim, w miejscowości Poręba Żegoty, rejon stawów sąsiaduje z parkiem i polami uprawnymi. Co roku wczesną wiosną dla złożenia skrzeku ropuchy muszą przejść przez drogę, na której są jeżdżane przez samochody.

W celu ochrony płazów Małopolski Urząd Wojewódzki w Krakowie sfinansował koszty sezonowego ogrodzenia folią, a Urząd Miejski w Alwerni i członkowie Towarzystwa na Rzecz Ochrony Przyrody co roku ustawiają wzdłuż drogi specjalne płotki i pojemniki (wiadra), do których wpadają ropuchy, a następnie są wybierane i ostrożnie przenoszone przez drogę na brzegi stawów, skąd bezpiecznie

podążają do wody w celu złożenia skrzeku. Jednak powrót ropuch jest rozproszony w czasie i wówczas większość z nich ginie pod kołami samochodów. Problem ochrony płazów musi być rozwiązany poprzez budowę przepustów naprowadzających płazy, co jest powszechnie praktykowane w krajach zachodnich.

\* \* \*

Samochód wynaleziony przez Benza w 1885 r. okazał się najbardziej powszechnym i wygodnym środkiem lokomocji. Niestety, przyczynia się do degradacji środowiska i wzrostu chorób nowotworowych. Szkodliwe dla zdrowia są także pyły powstające ze ścierania się opon, nawierzchni asfaltowych, azbestu. Na początku XXI wieku powoli do użytku wchodzi samochód o napędzie elektrycznym, ale i on powoduje emisję pyłów ze ścieranych opon i asfaltu. Radykalnie zmniejszona emisja, ze względu na wzrastający ruch samochodowy nie ograniczyła wpływu motoryzacji na skażenie środowiska, a częste kolizje są przyczyną tysięcy wypadków śmiertelnych.

Jak bardzo skażenia motoryzacyjne zagrażają człowiekowi w sąsiedztwie dróg, autostrad i ulic, przytoczę przykład ze Szwajcarii.

Irena Gumowska [1982] w artykule *Mieszkając przy szosie*, podaje wyniki badań i obserwacji Waltera Blumera z wioski Netstal – położonej przy ruchliwej autostradzie. Badając statystykę śmiertelności odkrył, że na 75 wypadków śmierci na raka w ciągu 12 lat, tylko trzy przypadły na tych mieszkańców, którzy mieszkali z dala od autostrady, reszta zaś 72 na mieszkańców w pobliżu autostrady.

Również w Tokio, Japońskie Ministerstwo Zdrowia w wyniku 10-letnich badań na jednym z głównych skrzyżowań stwierdziło, że najwięcej zachorowań i zgonów na choroby nowotworowe stwierdzono u ludzi mieszkających w odległości do 50 m od ruchliwych ulic.

Fragmentacja naturalnych siedlisk na skutek rozbudowy infrastruktury transportowej, stała się bardzo ważnym zagadnieniem w zakresie ochrony dzikich zwierząt nie tylko w Europie, ale i na całym świecie. W rozwiązywaniu tych problemów istotne jest wyznaczanie punktów przecinania się szlaków migracji zwierząt z planowanymi trasami autostrad i szybkich linii kolejowych. Dzikie zwierzęta przemieszczają się w naturalnych korytarzach ekologicznych, które należy szczególnie chronić.

Skutecznym sposobem zapobiegania fragmentacji środowiska byłoby zaprzestanie rozbudowy szlaków komunikacyjnych. Jest to jednak z wielu powodów niemożliwe do realizacji, dlatego też zmuszeni jesteśmy do różnych proekologicznych przedsięwzięć łagodzących ujemne skutki oddziaływania autostrad na środowisko. W niektórych wypadkach można uniknąć niszczenia cennych siedlisk poprzez wybór innej trasy, jednak, niestety, nie przywiązuje się do tego należytej uwagi (przykład Via Baltica).

Bardzo istotne, już na etapie projektowania infrastruktury transportowej, jest dokonanie właściwej oceny jej wpływu na środowisko. Niezbędna jest tu współpraca inżynierów z przyrodnikami.

W rozwiązywaniu problemów niwelowania ujemnych skutków fragmentacji środowiska drogami, konieczne jest podejście holistyczne. Środowisko przyrodnicze stanowi pewną całość, poszczególne elementy są powiązane i wzajemnie na siebie oddziałują. Do rozwiązywania tych problemów należy podchodzić syntetycznie, a nie na zasadzie „redukcji” poszczególnych jej części składowych, o czym już wspominali starożytni filozofowie [pisma Platona i Arystotelesa].

W przyrodzie należy dążyć do zachowania stanu względnej równowagi pomiędzy jej poszczególnymi elementami, a człowiek, niestety, narusza tę równowagę, zresztą na swoją zglębę.

## Wnioski

1. W latach 1960-1990 głównym problemem zagrożenia ze strony motoryzacji było skażenie środowiska ołowiem, węglowodorami pierścieniowymi, a także pyłami powstającymi ze ścierania azbestowych szczęk hamulcowych, jak również pyły czerni węglowej powstające ze ścierania opon samochodowych, a także pyły nawierzchni asfaltowych, które są szkodliwsze od jezdni betonowych.
2. Od przełomu lat 1980/1990 ołów był stopniowo eliminowany z benzyn, a instalowanie w samochodach katalizatorów znacząco ograniczyło ze spalin również emisję węglowodorów pierścieniowych, tlenki azotu i siarki oraz tlenek węgla.
3. Rośliny uprawiane przy drogach, w tym warzywa – nie są już skażone związkami ołowiu z opadających pyłów, ale nadal, zwłaszcza dla warzyw korzeniowych, szkodliwy jest ołów uprzednio skumulowany w powierzchniowej warstwie gleby wzdłuż ruchliwych dróg i autostrad. Dlatego też wciąż aktualne pozostaje wapnowanie gleb przydrożnych, bowiem w środowisku obojętnym i zasadowym ołów w ograniczonym stopniu jest przyswajany przez korzenie roślin. Jednak ze względu na nadal aktualne zanieczyszczenie roślin kadmem, węglowodorami pierścieniowymi oraz pyłami czerni węglowej i asfaltu – w miejsce warzyw należy uprawiać rośliny przeznaczone dla przemysłu, m.in. rzepak do produkcji biopaliwa, ziemniaki na alkohol, zboża, a także wierzbę energetyczną, która stanie się głównym surowcem do produkcji metanolu – coraz powszechniejszego paliwa dla motoryzacji w XXI wieku, oraz jako dodatek do spalanego miazgu węglowego w elektrowniach i elektrociepłowniach.
4. Autostrady w stosunku do dróg tradycyjnych to inwestycje proekologiczne. Należy je budować w jak najkrótszym czasie – ale z uwzględnieniem szeroko pojętej ochrony środowiska. Ze względu na duże wymagania techniczne – autostrady brutalnie dzielą środowisko, utrudniają dojazdy do pól rolnikom. Bardzo duży ruch oraz ich ogrodzenie – stanowią barierę nie do pokonania dla dzikich zwierząt. Zatem w miejscach krzyżowania się ścieżek migracyjnych zwierząt z autostradą nale-

ży już w trakcie realizacji inwestycji zbudować ekologiczne mosty i przepusty dla dzikich zwierząt, w tym także dla płazów i gadów.

5. Wszelkie zanieczyszczenia i emisje motoryzacyjne należy eliminować u samego źródła, tj. w samochodzie. Ale nawet „czysty” samochód z silnikiem elektrycznym zanieczyszcza środowisko (ścierane opony – czerni węglowa, ścierany asfalt), dlatego też drogi i autostrady należy obsadzać zwartymi pasami zieleni, które ograniczają rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń i lokalizują je w obrębie pasa drogowego.

6. W pasach przydrożnych nie należy wydawać lokalizacji na budowę domów.

7. W lasach przydrożnych na odległości 60-100 m od jezdni, w porównaniu z terenami otwartymi, notujemy większą koncentrację toksycznych składników spalin, dlatego też runo leśne (owoce borówek, ostrężyn, malin, a także grzyby kapeluszowe) jest tam bardziej zanieczyszczone niż na terenach oddalonych. Należy unikać zbioru tych pożytków w bezpośrednim sąsiedztwie ruchliwych dróg.

8. Polska jest krajem, w którym naturalne środowisko nie zostało jeszcze zniszczone, dlatego też mamy jeszcze co chronić.

9. Obecnie świat dzikich zwierząt w Polsce jest zagrożony fragmentacją środowiska przez zaplanowaną budowę autostrad, dróg ekspresowych i szybkich kolei. W związku z tym, w rejonach krzyżowania się pasaży migrujących zwierząt z projektowanymi trasami dróg, równocześnie z budową autostrad i dróg ekspresowych – należy budować ekologiczne mosty i przepusty, które ponownie połączą przewrane korytarze, a tym samym środowisko.

10. Mosty zbudowane nad autostradą opolską A-4 są za wąskie, a ich powierzchnie niewłaściwie zagospodarowane. Tak jak przewidywał autor, w sezonie zimowym 2000/2001 i 2001/2002 tylko lisy i sporadycznie dziki, przechodziły przez mosty. Betonowe ciężkie kontenery należy zdjąć, a na ich miejsce nałożyć warstwę gleby i w niej bezpośrednio posadzić świerki i krzewy oraz obsiać mieszanką traw.

11. Na następnych odcinkach autostrad mosty powinny być szersze i dobrze zagospodarowane zielenią. Należy tak projektować mosty, aby ich powierzchnie były zbliżone do poziomu otaczającego terenu. Zatem w rejonie przejść, jezdnie autostrady muszą zostać obniżone na nowobudowanych odcinkach dróg.

12. W rozwiązywaniu problemów dobrej lokalizacji mostów, ich szerokości, zagospodarowania zielenią oraz wkomponowania w teren konieczna jest ścisła współpraca inżynierów z leśnikami, jak również z przyrodnikami już na etapie projektowania.

## Bibliografia

Aleksandrowicz J., *Wiedza stwarza nadzieję*, Warszawa 1976.

Anderek R., Baumgartner E., *Passages pour la faune: quel doit etre largeur?*, "Bulletin de l'OFEPF" 1996, no 4, s. 30-34.

Bernhard M., Michałowska J., Radzimirski S., *Motoryzacyjne skażenie powietrza*, Warszawa 1976.

Chovin P., Roussel A. *Czym oddychamy?*, Warszawa 1975.



- Curzydło J., *Skażenie roślin łożem, „Aura”* 1974, nr 3, s. 3-5.
- Curzydło J., *Mikroklimat Krakowa sprzyja wysokim stężeniom spalin samochodowych, „Aura”* 1978, nr 1, s. 8-10.
- Curzydło J., *Skażenie roślin łożem spalin samochodowych przy drogach regionu krakowskiego, „Acta Agr. et Silv. et Agr.”* 1979, t. 18, s. 229-239.
- Curzydło J., *Zawartość łożu i innych metali w liściach i owocach jabłoni w sadach przydrożnych w rejonie Grójca, Łowicza i Krakowa, „Acta Agr. et Silv. Ser. Agr.”* 1982, t. 21, s. 31-39.
- Curzydło J., *Rozprzestrzenianie się toksycznych składników spalin wzdłuż szlaków komunikacyjnych, „Prace Instytutu Budowy Dróg i Mostów”* 1982, nr 4, s. 150-159.
- Curzydło J., *Łóż i cynk w roślinach i glebach w sąsiedztwie drogowych szlaków komunikacyjnych, „Zesz. Nauk. AR”,* Kraków 1988, s. 70.
- Curzydło J., *Jakie uprawy przy autostradach i w rejonie Huty im. Lenina, „Aura”* 1985, nr 7, s. 15-17.
- Curzydło J., *Skażenie środowiska spalinami samochodowymi oraz agrobiologiczne sposoby przeciwdziałania ujemnym wpływom motoryzacji, materiały z sympozjum naukowego zorganizowanego w AR Kraków, publikacja nr 305, Kraków 1994, s. 131-152.*
- Curzydło J., *Skażenia motoryzacyjne wzdłuż dróg i autostrad oraz sposoby przeciwdziałania ujemnym skutkom motoryzacji w środowisku, „Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.”* z. 418, cz. 1, Warszawa 1995, s. 265-270.
- Curzydło J., *Wpływ różnego rodzaju zadrzewień przydrożnych na skażenie gleby i roślin łożem, kadmem i cynkiem oraz powietrza toksycznymi składnikami spalin samochodowych, Kraków 1997, projekt badawczy KBN nr 4 S 401 145 06.*
- Curzydło J., *Pasowe zadrzewienia przydrożne oraz nadziemne szerokie mosty zielone dla dzikiej zwierzyny – niezbędnymi elementami nowoczesnych autostrad, materiały z międzynarodowego seminarium zorganizowanego w dniach 9-10.10.1997 w Warszawie przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa 1997, s. 85-98.*
- Curzydło J., *Protection des plantes et du sol contre la pollution, materiały konferencyjne „Grand infrastructures de transport, conservation et restauration de la nature”,* Strasbourg 16-17.10.1995.
- Curzydło J., *Zagrożenia motoryzacyjne i konflikty autostradowe w Polsce, „Aura”* 1998, nr 2, s. 6-10.
- Curzydło J., *Zielone mosty, „Aura”* 1998, nr 4, s. 9-11.
- Curzydło J., *Autostrady i zwierzyna – czy tylko autostrada opolska będzie zabójcza dla zwierząt?, „Łowiec Polski”* 1998, nr 6, s. 8-9.
- Curzydło J., *Szwajcarskie autostrady, „Aura”* 1998, nr 10, s. 6-7.
- Curzydło J., *Effect of Roadside belt tree plantings on the distribution of traffic pollution, Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, Wydział Nauk Rolniczych i Leśnych, t. 87 (suplement 1999), s. 255-263.*
- Curzydło J., *Ekologiczne mosty łączą środowisko, „Aura”* 2002, nr 6, s. 6-8.
- Curzydło J., *Autostrady i zwierzyna (c.d.). Duże ssaki nie przechodzą przez mosty nad opolską autostradą, „Łowiec Polski”* 2002, nr 11, s. 12-13.

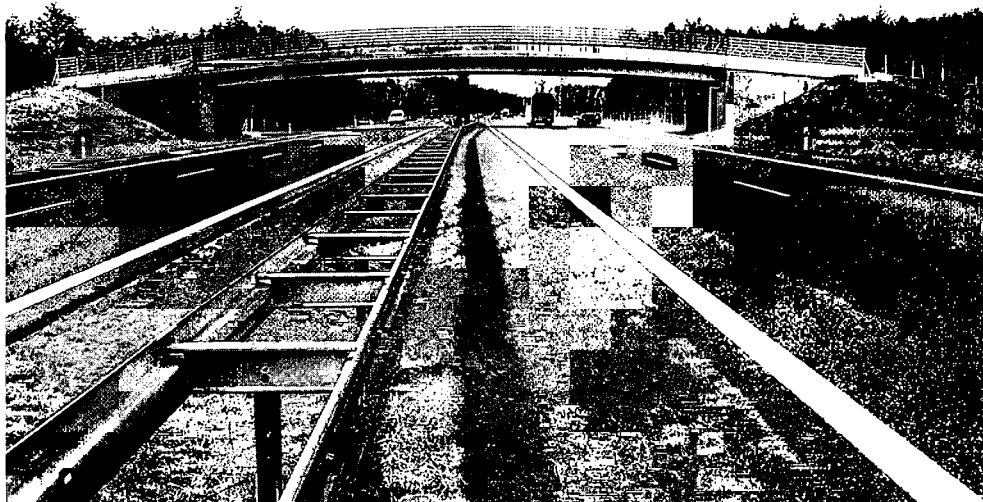
- Curzydło J., *Fragmentacja środowiska autostradami – realne zagrożenia dla dzikich zwierząt w Polsce*, „Autostrady” 2003, nr 6, s. 60-66.
- Dąbkowska-Naskręt H., *Zagrożenia i ochrona gleb użytków rolnych w sąsiedztwie autostrady*, materiały konferencyjne „Ochrona środowiska w budowie i eksploatacji autostrad”, Toruń 1999, s. 85-90.
- Eichler W., *Trucizny w naszym pożywieniu*, Warszawa 1989.
- Faune, construction de routes et trafic. Elaboré par le groupe de travail „Biologie de la faune pour la pratique”, conception H. P. Pfister, Zürich 1995.*
- Gumowska J., *Mieszkając przy szosie*, „Aura” 1982, nr 1-4, s. 18-19.
- Jakubczak Z., Wołek A., *Wpływ zadrzewień na warunki agroekologiczne oraz plonowanie roślin uprawnych*, materiały konferencyjne, IBL IUNG, Sękowin 1977, s. 18-19.
- Kabata-Pendias A., Pendias H., *Biogeochemia pierwiastków śladowych*, Warszawa 1993.
- Quinche J.P. Curzydło J., *La pollution des prairies riveraines de l'autoroute Lausanne-Genève par le plomb des gaz d'échappement des véhicules automobiles*, „Revue Suisse d'Agriculture” 1972, nr 6, s. 196-202.
- Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 6 kwietnia 1995 r. w sprawie ochrony gatunków roślin (Dz. U. nr 41, poz. 214).
- Ryszkowski L., Bałazy St., *Znaczenie zadrzewień dla gospodarki wodnej i procesów samooczyszczania w środowisku rolniczym*, materiały konferencyjne „Znaczenie zadrzewień w krajobrazie rolniczym oraz aktualne problemy ich rozwoju w przyrodniczo-gospodarczych warunkach Polski”, 19.05.1997, Płock.
- Suwara T., *Budowa autostrad i modernizacja sieci drogowej w Polsce*, „Aura” 1994, nr 5, s. 5-6.
- Tałałaj Z., *Wpływ zadrzewień na plonowanie roślin rolniczych*, materiały konferencyjne „Znaczenie zadrzewień w krajobrazie rolniczym oraz aktualne problemy ich rozwoju w przyrodniczo-gospodarczych warunkach Polski”, 19.05.1994, Płock.
- Trocme M., Magin B., Lebeau R.-P., *La reconstitution de corridors ecologiques une reponse au morcellement croissant des habitats*, “Bulletin de l'OFEFP” 1996, No 4, s. 27-29.
- Wajrak A., *Wąska kładka dla Jelenia*, „Gazeta Wyborcza” 1998, nr 170, s. 3.
- Wild F., *Faune contre autoroutes: Ne lesinons pas sur les passerelles vertes*, “Bulletin de l'OFEFP” 1997, nr 3, s. 16-17.



Fot. 1. Odcinek drogi nr 1 Krośniewice-Kowal, gdzie na przestrzeni wielu kilometrów znajdują się zwarte pasy zieleni. Na tym odcinku autor przez lata prowadził badania dotyczące wpływu zadrzewień na rozprzestrzenianie się toksycznych składników spalin.



Fot. 2. Odcinek drogi z pasowym zadrzewieniem, z usuniętymi dolnymi gałęziami drzew i wyciętymi krzewami nie chroni już przyległego terenu przed skażeniami.



Fot. 3 i 4. Most z ażurowym parkanem dobrze się prezentuje, ale zwierzęta z niego nie korzystają, o czym świadczy nie zgnieciona trawa. W kontenerach betonowych rosną chwasty. Brak także nasadzeń drzew i krzewów na nasypie („lejkach”) od lasu do powierzchni mostu. Przykład zmarnowanych pieniędzy.



Fot. 4.



Fot. 5. Belgia. Nad autostradą E-42 Bruksela-Luksemburg, w rejonie lasów znajduje się most dla zwierząt. Jest szeroki tylko na 8 m (sama ścieżka ma 6 m), ale zachęcająco zagospodarowany dla dzikich zwierząt. Jezdnie autostrady są w tym rejonie obniżone. Powierzchnia mostu zrównana jest z poziomem lasu.



Fot. 6. Szwajcaria, Fuchswies. Nad autostradą N-7 zbudowano most-tunel, szeroki na 200 m. Przez tak zagospodarowany most, zwierzęta chętnie przechodzą. Powierzchnia mostu zrównana jest z poziomem lasu.

*Autor wszystkich zdjęć Józef Curzydło*