

Sebastian Bielak*, Tadeusz Z. Dworak*

Problem wpływu motoryzacji na funkcje lecznicze uzdrowisk krajowych na przykładzie uzdrowiska Swoszowice w Krakowie**

1. Najważniejsze informacje o Uzdrowisku

Uzdrowisko „Swoszowice” jest położone w południowej części królewsko-stołecznego miasta Krakowa – w Podgórzu, dzielnicy samorządowej nr X (w odległości około 9 km od centrum). Sanatorium zdrojowe jest prawnie uznanym uzdrowiskiem [4] i ma swój statut, nadany przez Radę Narodową Miasta Krakowa uchwałą nr 15/74 z dnia 25.04.1974 roku. W celu ochrony funkcji leczniczych wyznaczono w nim trzy strefy ochrony uzdrowiskowej: A, B i C [11]. Cały teren uzdrowiska znajduje się w obszarze górniczym „Swoszowice”. Swoją karierę Swoszowice zawdzięczają występującym tu złożom siarki S, która była wydobywana już w 1422 roku oraz wodom mineralnym, uznanym za lecznicze [5]. Pod względem składu fizykochemicznego wody te należą do unikatowych w skali europejskiej [4]. Pozostałością po dawnym przemyśle siarkowym (1415–1917), zaznaczającą się w morfologii terenu, są liczne hałdy odpadów pokopalnianych dające pogląd o zasięgu i rozprzestrzenieniu kopalń oraz hut na terenie obecnego osiedla mieszkaniowego. Okres największego rozwoju kopalnictwa przypada na wiek XIX, przy czym w roku 1882 ostatecznie zamknięto kopalnię siarki.

Na zabudowę Sanatorium składają się:

- Zakład Przyrodolecznicy („Łazienki” oraz budynki gospodarcze i kotłownia),
- pawilon sanatoryjny „Szwajcarka” (recepcja, apteka, biura),
- pawilon „Parkowa” (restauracja oraz budynki gospodarcze).

W Zakładzie Przyrodolecznicy znajdują się kabiny kąpielowe, stanowiska do zawijań borowinowych, pomieszczenia do prowadzenia rehabilitacji pourazo-

* Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska

** Pracę wykonano w ramach Badań Statutowych nr 11.11.150.171

wych, stanowiska fizykoterapii i kinezyterapii. W uzdrowisku tym leczy się szczególnie: schorzenia gośćcowe zwane popularnie reumatologicznymi, schorzenia porazowe narządów ruchu, schorzenia skóry, zaburzenia przemiany materii i systemu nerwowego.

Zespół Uzdrowski „Swoszowice” jest obiektem zabytkowym wpisanym do rejestru zabytków miasta Krakowa pod numerem 675 (decyzja z dnia 06.02.1985 r. Urzędu Miasta Krakowa – Wydział Ochrony Zabytków). Do obiektów architektonicznych o wartościach zabytkowych zaliczono [3]:

- główny Dom Zdrojowy z 1811 roku,
- restaurację „Parkowa” z XIX wieku,
- obudowę źródła „Główne”,
- willę „Szwajcarę”,
- park zdrojowy o powierzchni 7 ha.

Nieprzeciętnym walorem uzdrowiska jest właśnie zabytkowy park, w którym rosną 180-letnie wiązy i lipy, a także wiele innych gatunków drzew [4, 12].

Teren uzdrowiska jest zaliczony do obszarów specjalnie chronionych, gdzie w zakresie emisyjnego stężenia zanieczyszczeń obowiązuje rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 28.04.1998 r. w sprawie dopuszczalnych wartości stężeń substancji zanieczyszczających w środowisku atmosferycznym (Dz.U. Nr 55, poz. 355).

2. Wzrost ruchu komunikacyjnego na terenie uzdrowiska

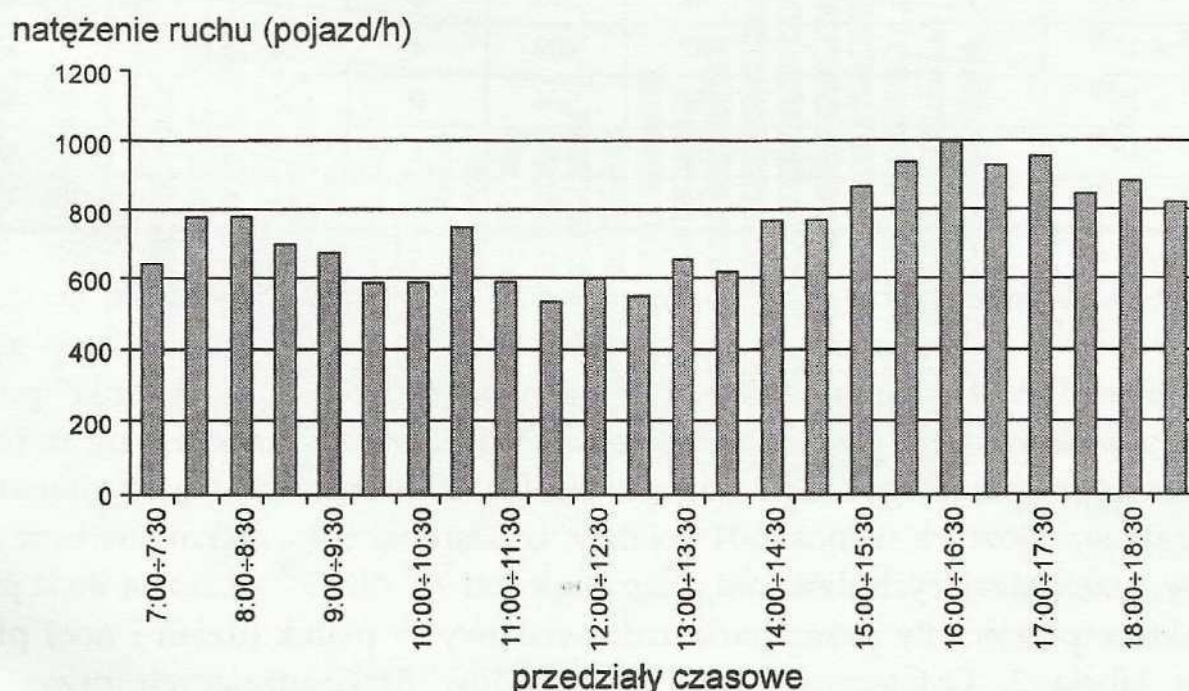
Komunikacja odgrywa w życiu współczesnych ludzi coraz większą rolę i trudno się temu dziwić, ponieważ powiedzenie „czas jest na wagę złota” zawsze było i będzie aktualne. Zauważyć to można chociażby na przykładzie bardzo pręźnie rozwijającej się motoryzacji w Polsce, a zwłaszcza w Krakowie, gdzie nagły wzrost ilości pojazdów nie idzie w parze z poprawą jakości i ilości dróg. Powoduje to wiele problemów, które w przeciwieństwie do wygody i oszczędności czasu wynikających z jazdy samochodem, są negatywną stroną rozwoju motoryzacji [8]. Te negatywne oddziaływania motoryzacji to przede wszystkim emisja do atmosfery różnego rodzaju związków toksycznych, powstających w wyniku m.in. niecałkowitego spalania paliwa oraz powstawanie nadmiernego hałasu.

W dniu 01.10.1999 r. (piątek) przeprowadzone zostały pomiary natężenia ruchu na ulicy Kąpielowej w miejscu, w którym przechodzi ona przez park uzdrowski (wlot drogi wewnętrznej, prowadzącej od Domu Zdrojowego do ul. Kąpielowej). Pomiary te polegały na rejestrowaniu każdego pojazdu przejeżdżającego przez park oraz przyporządkowaniu go do odpowiedniej kategorii.

Wyodrębniono siedem kategorii pojazdów:

- 1) A – autobusy,
- 2) C – pojazdy ciężarowe (Star, Jelcz, Steyr itp.),
- 3) D – samochody dostawcze i mikrobusy (Ford Transit, Fiat Ducato, Żuk itp.),
- 4) O – samochody osobowe,
- 5) M – motocykle,
- 6) R – rowery,
- 7) I – inne pojazdy (traktory, wozy konne itp.).

Każda z powyższych kategorii charakteryzuje się innymi parametrami, które odzwierciedlają wpływ danego pojazdu na stan sanitarny powietrza (np. dominujący typ silnika dla pojazdów dostawczych i ciężarowych to diesel, samochody osobowe generalnie emitują znacznie mniejszy hałas niż np. ciężarowe czy autobusy itd.). Ponadto, kategorie te grupują pojazdy o zbliżonych pojemnościach silników oraz o podobnym poziomie emitowanych związków toksycznych do powietrza, co jest nie bez znaczenia dla obliczeń emisji. Pomiary wykonywano od godziny 7⁰⁰ do 19⁰⁰ i pierwotnie osobno liczono pojazdy dla dwóch kierunków ruchu (od i do „Zakopianki”), niemniej jednak w tej publikacji podział na kierunki ruchu nie jest konieczny. Uzyskane w ten sposób dane przedstawia tabela 1. Opisuje ona w sposób ilościowy ruch komunikacyjny przez uzdrowisko. Wyraźnie widać tu dominację pojazdów osobowych, a niewielka ilość pojazdów ciężarowych wskazuje na to, iż ruch przez park nie ma charakteru tranzytowego, lecz raczej przelotowy. Niemniej pojazdy „tworzące” ruch transportowy mają w nim swój stały udział. Na rysunku 1 widać wyraźnie, że najwięcej pojazdów przejeżdżających przez park przypada na okres poranny (od 7³⁰ do 8³⁰) oraz porę popołudniową, tj. po 15⁰⁰.



Rys. 1. Natężenie ruchu komunikacyjnego przez Uzdrowisko Swoszowice w piątek

Tabela 1. Struktura ruchu komunikacyjnego w Uzdrowisku Swoszowice w ciągu dnia

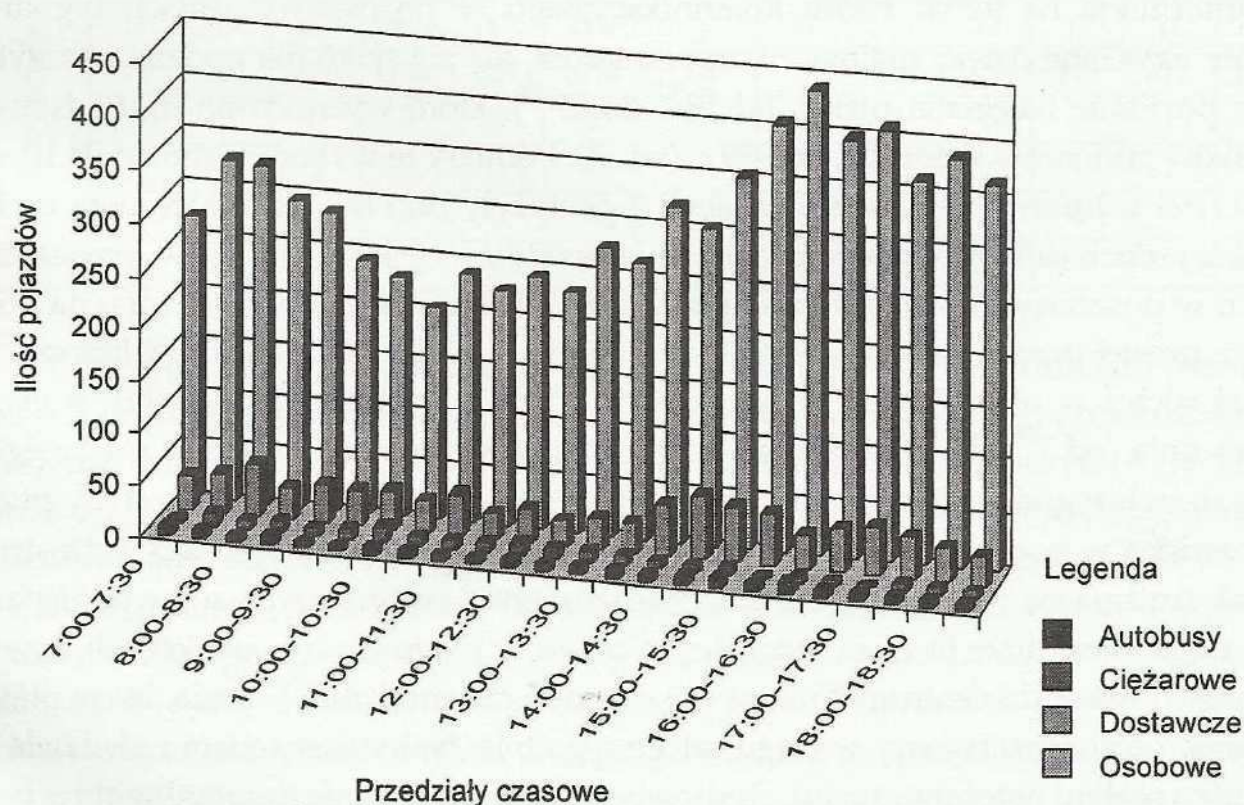
Przedziały czasowe	Piątek							
	Rodzaj pojazdu							Suma Σ_1
	A	C	D	O	M	R	I	
7 ⁰⁰ – 7 ³⁰	10	4	34	271	0	0	0	319
7 ³⁰ – 8 ⁰⁰	9	12	39	328	0	2	0	390
8 ⁰⁰ – 8 ³⁰	6	8	51	324	0	0	0	389
8 ³⁰ – 9 ⁰⁰	9	11	32	295	1	3	0	351
9 ⁰⁰ – 9 ³⁰	5	6	38	286	0	2	0	337
9 ³⁰ – 10 ⁰⁰	5	10	35	242	1	1	0	294
10 ⁰⁰ – 10 ³⁰	8	16	38	230	0	0	0	292
10 ³⁰ – 11 ⁰⁰	6	8	31	200	1	1	0	265
11 ⁰⁰ – 11 ³⁰	6	8	42	239	1	0	0	293
11 ³⁰ – 12 ⁰⁰	6	9	24	225	1	0	0	265
12 ⁰⁰ – 12 ³⁰	8	13	32	242	1	2	0	298
12 ³⁰ – 13 ⁰⁰	7	10	24	230	0	2	0	273
13 ⁰⁰ – 13 ³⁰	8	11	30	276	0	1	0	326
13 ³⁰ – 14 ⁰⁰	8	9	27	263	0	0	0	307
14 ⁰⁰ – 14 ³⁰	7	6	50	320	1	0	0	384
14 ³⁰ – 15 ⁰⁰	10	6	61	301	0	5	0	383
15 ⁰⁰ – 15 ³⁰	12	8	54	354	1	2	1	432
15 ³⁰ – 16 ⁰⁰	8	2	51	407	1	3	0	467
16 ⁰⁰ – 16 ³⁰	14	4	34	442	2	2	0	498
16 ³⁰ – 17 ⁰⁰	9	4	42	398	3	8	0	464
17 ⁰⁰ – 17 ³⁰	8	0	47	409	4	6	0	474
17 ³⁰ – 18 ⁰⁰	8	8	41	364	0	0	0	421
18 ⁰⁰ – 18 ³⁰	8	8	34	388	1	1	0	440
18 ³⁰ – 19 ⁰⁰	7	7	29	366	0	1	0	410

Wysoki stan – tj. powyżej 400 pojazdów/h – utrzymuje się aż do końca pomiarów o 19⁰⁰, jednak z obserwacji wynika, że ilość przejeżdżających po tej godzinie pojazdów stopniowo maleje. Dziennie w kierunku do „Zakopianki” podąża więcej pojazdów niż z powrotem, co ma niewątpliwie związek z tym, iż tuż za Swoszowicami przebiega niedokończona jeszcze obwodnica (fragment autostrady) dla Krakowa. Różnica wynosi 604 pojazdy, co stanowi 6,9% całkowitej liczby pojazdów przejeżdżających dziennie przez park (od 7⁰⁰ do 19⁰⁰). Łączną ilość pojazdów, które przejechały przez park uzdrowski w piątek (dzień i noc) przedstawia tabela 2. Ostatecznie, ilość samochodów przejeżdżających przez park w ciągu doby ocenia się na około 11 000 sztuk.

Tabela 2. Sumaryczna ilość pojazdów, które przejechały przez Uzdrowisko Swoszowice w piątek 01.10.1999 r. pomiędzy 7⁰⁰ a 19⁰⁰

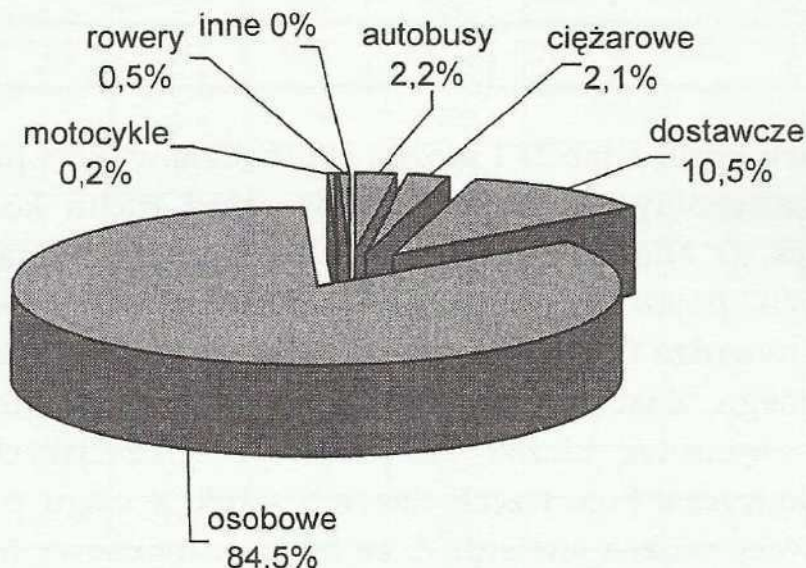
Kierunek	Ilość pojazdów	W tym:						
		A	C	D	O	M	R	I
Od „Zakopianki”	4079	91	82	438	3448	7	13	0
Do „Zakopianki”	4683	101	106	482	3952	12	29	1
Razem:	8762	192	188	920	7400	19	42	1

Na podstawie danych z tabeli 1 można sporządzić wykres przedstawiający, jak w ciągu poszczególnych godzin wygląda skład ruchu komunikacyjnego w uzdrowisku (rys. 2). Nie umieszczono na nim danych dotyczących rowerów, motocykli i „innych” pojazdów, gdyż ich zarejestrowana ilość jest zaniedbywalna. Rysunek 2 potwierdza dominację samochodów osobowych w strukturze ruchu komunikacyjnego. Znaczny udział mają też samochody dostawcze oraz – nieco mniejszy – ciężarowe. Liczba autobusów przejeżdżających przez uzdrowisko oscyluje zazwyczaj koło trzech-czterech sztuk w ciągu pół godziny. Na podstawie obserwacji można stwierdzić, że tabor autobusowy MPK jest nowoczesny, dlatego też ilość spalin emitowanych przez te pojazdy jest dużo mniejsza od sporadycznie pojawiających się prywatnych, przestarzałych niestety autobusów linii FB.



Rys. 2. Struktura ruchu komunikacyjnego przez Uzdrowisko Swoszowice

Średnie natężenie ruchu wynosi około 730 pojazdów/h, natężenie maksymalne – 996 pojazdów/h, natomiast średnie natężenie ruchu ciężkich pojazdów (kategorie A+C+D) wynosi około 90 pojazdów/h, maksymalne – 134 pojazdów/h. Rysunek 3 przedstawia procentowy udział poszczególnych typów pojazdów mechanicznych w bilansie ruchu komunikacyjnego przez uzdrowisko. Wykres ten pokazuje, że ruch komunikacyjny przez park zdrojowy składa się w 85% z pojazdów osobowych, a w 15% z pojazdów ciężkich.



Rys. 3. Udział procentowy poszczególnych typów pojazdów w ruchu komunikacyjnym przez Uzdrowisko Swoszowice

Informacje na temat ruchu komunikacyjnego w pozostałych dniach tygodnia zostały uzyskane dzięki analogicznym pomiarom, ale już tylko dla godzin o szczytowym poziomie natężenia ruchu (od 15³⁰ do 17³⁰), które wyznaczono na podstawie wyników pomiarów z dnia 01.10.1999 r. (tab. 3). Pomiary te wykonywano od 04.10. do 10.10.1999 r. Informacje zawarte w tabeli 3 posłużyły do określenia natężenia ruchu dla wszystkich dni tygodnia oraz obliczenia przybliżonej ilości pojazdów przejeżdżających w poszczególne dni tygodnia przez park. Obliczenia przeprowadzono na podstawie prostej proporcji. Mianowicie, z pomiarów z piątku 01.10.1999 r. obliczono, że udział ruchu w okresie szczytowym od 15³⁰ do 17³⁰ stanowi 22% ruchu w ciągu całego dnia (od 7⁰⁰ do 19⁰⁰). Znając zatem szczytowe wartości ruchu w poszczególnych dniach tygodnia oszacowano całkowitą ilość pojazdów, jakie przejechały przez uzdrowisko w poszczególne dni tygodnia. Zobrazowano to na rysunku 4. Ilustruje on, jak zmienia się w ciągu tygodnia natężenie ruchu komunikacyjnego: w poniedziałek i wtorek jest duże (a to ze względu na powroty i wzmożony po niedzieli dowóz towarów i usług do centrum Krakowa), w środę i czwartek nieco spada, by w piątek osiągnąć poziom najwyższy w ciągu całego tygodnia. Natomiast sobota i niedziela są dniami o małym natężeniu ruchu, co spowodowane jest głównie minimalnym ruchem pojazdów ciężarowych i dostawczych.

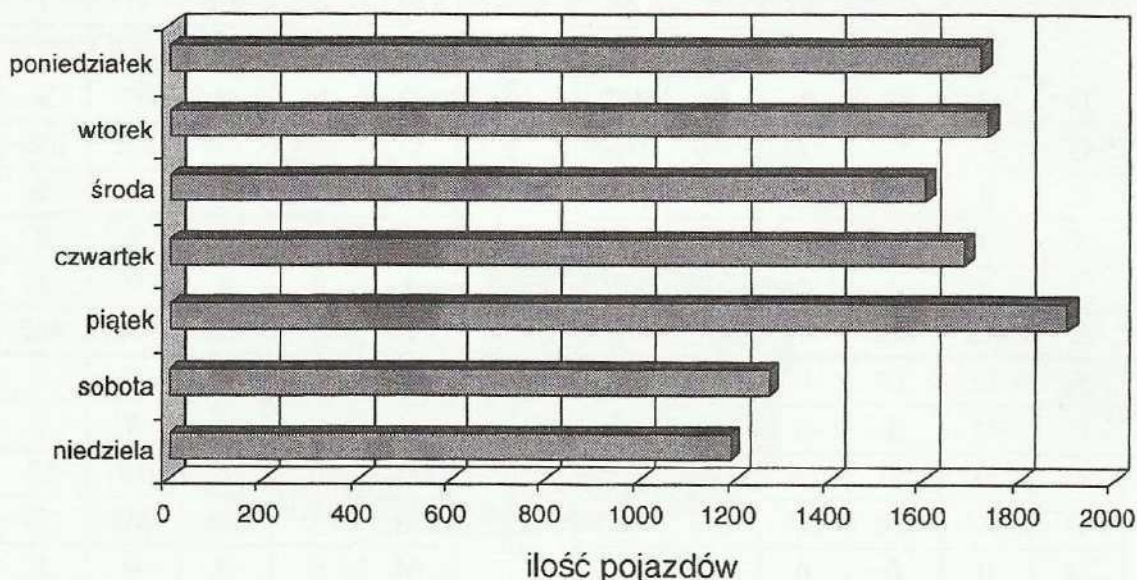
Tabela 3. Struktura ruchu komunikacyjnego przez Uzdrowisko Swoszowice w godzinach szczytu (poniedziałek–niedziela)

Dzień	Typ pojazdu	Godzina				Σ	Dzień	Typ pojazdu	Godzina				Σ
		15 ³⁰ –16 ⁰⁰	16 ⁰⁰ –16 ³⁰	16 ³⁰ –17 ⁰⁰	17 ⁰⁰ –17 ³⁰				15 ³⁰ –16 ⁰⁰	16 ⁰⁰ –16 ³⁰	16 ³⁰ –17 ⁰⁰	17 ⁰⁰ –17 ³⁰	
Poniedziałek	A	11	11	10	6	38	Czwartek	A	11	10	10	7	38
	C	10	6	3	4	23		C	0	0	4	4	8
	D	46	41	49	51	187		D	46	44	52	36	178
	O	351	363	392	360	1466		O	403	356	321	350	1430
	M	0	1	0	0	1		M	0	0	0	5	5
	R	0	0	0	2	2		R	15	4	3	2	24
	I	0	0	0	0	0		I	0	0	0	1	1
	Σ	418	422	454	423	1717		Σ	475	414	390	405	1684
Wtorek	A	12	10	8	9	39	Sobota	A	5	6	5	5	21
	C	12	5	6	6	29		C	0	5	0	2	7
	D	51	40	46	38	175		D	30	31	19	17	97
	O	382	404	343	349	1478		O	299	288	283	270	1140
	M	0	0	0	1	1		M	0	0	0	1	1
	R	2	3	5	3	13		R	3	0	1	2	6
	I	0	0	0	0	0		I	0	0	0	0	0
	Σ	459	462	408	406	1735		Σ	337	330	308	297	1272
Środa	A	9	9	9	6	33	Niedziela	A	4	3	4	3	14
	C	4	1	4	1	10		C	0	0	0	0	0
	D	45	47	46	40	178		D	12	10	12	11	45
	O	341	356	358	321	1376		O	268	266	313	277	1124
	M	0	0	0	0	0		M	0	0	1	1	2
	R	2	2	0	0	4		R	1	0	1	2	4
	I	0	0	0	0	0		I	0	0	0	0	0
	Σ	401	415	407	368	1601		Σ	285	279	331	294	1189

W dniu 08.10.1999 r. pomiędzy 15³⁰ a 16³⁰ przeprowadzono kolejne pomiary, których celem było ustalenie, jaką część z całej sumy pojazdów przejeżdżających przez uzdrowisko stanowią samochody spoza Krakowa oraz z których byłych województw pojawia się najwięcej samochodów. Ma to bezpośredni związek z nowo budowaną obwodnicą (autostradą) na południu Krakowa, zaś określenie ilości tych pojazdów pozwoli przewidzieć, jak zmieni się struktura ruchu komunikacyjnego w uzdrowisku po zakończeniu inwestycji i oddaniu autostrady do eksploatacji. Otrzymane dane uwidaczniają, że znaczna część kierowców przejeżdżających przez Uzdrowisko czyni to tylko dlatego, iż tędy ma po prostu bliżej do nieukończonych obwodnicy. Były to głównie pojazdy z byłych województw: wrocławskiego, opolskiego, katowickiego, wałbrzyskiego, a także z Warszawy. Około 40% pojaz-

dów spoza Krakowa przejeżdża w okresie szczytu komunikacyjnego przez Uzdrowisko, co stanowi mniej więcej 8% wszystkich pojazdów przemieszczających się w tym miejscu i czasie – o tyle więc może się zmniejszyć ruch przez uzdrowisko po oddaniu do użytku obwodnicy.

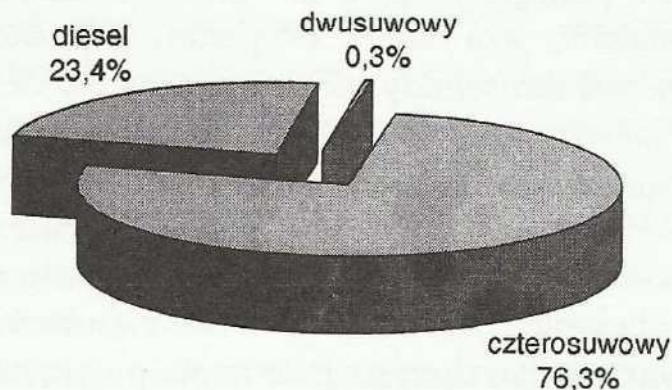
dzień tygodnia



Rys. 4. Tygodniowy rozkład ruchu komunikacyjnego przez Uzdrowisko Swoszowice

Z wielomiesięcznych obserwacji wynika, że w zależności od pory dnia i tygodnia z całej sumy pojazdów udających się przez Uzdrowisko w kierunku „Zakopianki” na obwodnicę wjeżdża 40 do 60% samochodów. Sugeruje to, iż po wybudowaniu kolejnego odcinka autostrady ruch przez park zdrojowy może zmaleć nawet o połowę.

Rysunek 5 przedstawia procentowy udział poszczególnych typów silników w ogólnym bilansie ruchu komunikacyjnego na terenie parku zdrojowego. Określono go na podstawie całodziennych pomiarów z piątku 01.10.1999 r., zakwalifikowania pojazdów do danej kategorii i wychwyceniu w strumieniu rejestrowanych pojazdów egzemplarzy z silnikiem dwusuwowym.



Rys. 5. Udział procentowy poszczególnych typów silników w całodziennym ruchu komunikacyjnym w Uzdrowisku Swoszowice

Ponadto założono, że wśród 100% pojazdów osobowych 10% jest wyposażone w silniki Diesla. Z obserwacji wynika, że dominującym typem jest silnik benzynowy czterosurowy, zaś pojazdy z silnikami dwusuwowymi występują już w znikomych ilościach.

3. Emisja zanieczyszczeń komunikacyjnych

Podstawowymi produktami spalania paliw samochodowych są: dwutlenek węgla CO_2 oraz para wodna H_2O . Oba produkty nie są szkodliwe dla środowiska (pomijając wpływ na efekt cieplarniany). W trakcie spalania paliw następuje też emisja do atmosfery różnego rodzaju związków chemicznych, które można podzielić na (4) grupy [8].

1. Produkty niepełnego i niecałkowitego spalania, do których zaliczamy:
 - węglowodory (HC) – ich emisja prócz procesu spalania jest także spowodowana parowaniem paliwa lub nieszczelnością układu zasilania;
 - tlenek węgla CO – bezwonny i bezbarwny, toksyczny gaz;
 - aldehydy – powstające w wyniku utleniania w powietrzu niektórych niecałkowicie spalonych węglowodorów, najczęściej: aldehyd octowy, mrówkowy i akrylowy; są one związkami organicznymi bardzo aktywnymi chemicznie, mającymi silne właściwości redukujące i utleniające się do kwasów [7].
2. Produkty utleniania azotu N_2 z powietrza – w ten sposób powstaje wiele rodzajów tlenków azotu, jak NO, NO_2 , N_2O i N_2O_4 . Odbywa się to w wyniku wysokotemperaturowej syntezy azotu z tlenem podczas reakcji spalania w komorze silnika. Najwięcej powstaje tlenku azotu NO i dwutlenku azotu NO_2 , które są uważane za najbardziej toksyczne składniki spalin.
3. Produkty spalania domieszek i zanieczyszczeń – najlepszym przykładem jest ołów Pb, który po wyemitowaniu do atmosfery na trwałe odkłada się w organizmach roślin, zwierząt i ludzi. Jest to bardzo toksyczny pierwiastek.
4. Pozostałe związki chemiczne:
 - związki siarki S, do których zaliczamy: dwutlenek siarki SO_2 i trójtlenek SO_3 ; powodują one m.in. powstawanie kwaśnych deszczy;
 - cząstki stałe – ze względu na niewielkie wymiary długo utrzymują się w powietrzu, zaliczamy do nich sadzę, pył wzbijany z nawierzchni drogi, a także bardzo drobne cząstki gumy powstające w procesie ścierania opon samochodowych; cząstki stałe wydobywające się z układu wydechowego unoszą m.in. związki siarki, związki azotu, metalu, metale ciężkie i ciężkie węglowodory.

Poszczególne składniki spalin emitowane do środowiska atmosferycznego przyczyniają się też do powstawania tzw. smogu, który jest obecnie zjawiskiem powszechnym w ośrodkach miejsko-przemysłowych, gdzie panują słabe warunki przewietrzania.

Ocenę emisji zanieczyszczeń w danym zadaniu określono na podstawie dokonanej wcześniej analizy natężenia i struktury ruchu komunikacyjnego na terenie Uzdrowiska. Wyznaczone konkretne wartości liczbowe powinny być traktowane jako orientacyjne, ponieważ ze względu na złożoność procesu spalania [8] i jego uzależnienie od wielu czynników, dokładne dane o wielkości emisji w określonym momencie można uzyskać tylko i wyłącznie drogą bezpośrednich pomiarów, dzięki użyciu odpowiednich mierników. Obliczenia przeprowadzono na podstawie wskaźników pochodzących z systemu szacowania zanieczyszczeń komunikacyjnych powietrza „CORINAIR”, opracowanego w krajach Unii Europejskiej przez powołaną w tym celu grupę specjalistów [2]. O przynależności pojazdu do danej grupy wskaźnikowej decyduje wiele czynników, m.in. wielkość i rodzaj pojazdu oraz silnika, cechy konstrukcyjne wpływające na wielkość emisji, a także rodzaj normy dotyczącej toksyczności i obowiązującej w czasie dopuszczenia pojazdu do ruchu. Obliczenia wykonano dla pojazdów dopuszczonych do ruchu, kiedy obowiązywała norma ECE 15/03. Założona średnia prędkość pojazdów wynosi $v = 50 \text{ km/h}$, ponieważ z taką prędkością samochody z reguły przejeżdżają przez park. Założono również, że wszystkie pojazdy posiadają katalizatory spalin (co jednak nie zawsze jeszcze musi być spełnione). Odcinek drogi znajdujący się na obszarze parku zdrojowego ma długość 700 m. Wskaźniki dla tych założeń zestawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Wskaźniki emisji dla pojazdów samochodowych

Kategoria pojazdu	Zanieczyszczenie	Współczynnik	Wartość wsp. (g/km przebiegu)
Osobowe z silnikiem ZI	Tlenek węgla CO	$37,92 - 0,68 \cdot V + 0,00377 \cdot V^2$	13,34
Osobowe z silnikiem ZS		$5,413 \cdot V^{-0,574}$	0,573
Dostawcze		—	2,00
Autobusy oraz ciężarowe		—	18,80
Osobowe z silnikiem ZI	Węglowodory HC	$25,75 \cdot V^{-0,714}$	1,58
Osobowe z silnikiem ZS		$4,16 \cdot V^{-0,937}$	0,12
Dostawcze		—	0,40
Autobusy oraz ciężarowe		—	2,75
Osobowe z silnikiem ZI	Tlenki azotu NO _x	$1,616 - 0,0084 \cdot V + 0,00025 \cdot V^2$	1,82
Osobowe z silnikiem ZS		$0,918 - 0,014 \cdot V + 0,000101 \cdot V^2$	0,47
Dostawcze		—	1,60
Autobusy oraz ciężarowe		—	8,70
Osobowe z silnikiem ZI	Cząstki stałe PM	—	—
Osobowe z silnikiem ZS		$0,45 - 0,0086 \cdot V + 0,000058 \cdot V^2$	0,16
Dostawcze		—	0,25
Autobusy oraz ciężarowe		—	0,95

Na podstawie danych z tabeli 4 oraz informacji zawartych w tabeli 2, oceniono wielkość emisji zanieczyszczeń komunikacyjnych na terenie parku zdrojowego w piątek 01.10.1999 r. pomiędzy 7⁰⁰ a 19⁰⁰. Dla poszczególnych związków chemicznych wartości te wyniosły:

- tlenek węgla CO – 68,8 kg,
- węglowodory HC – 8,4 kg,
- tlenki azotu NO_x – 12,1 kg,
- cząstki stałe PM – 0,5 kg.

Łącznie jest to niemal 90 kg zanieczyszczeń komunikacyjnych. Na podstawie tabeli 1 i 2 oraz przy założeniu, iż ruch pomiędzy 7⁰⁰ a 19⁰⁰ stanowi 85% ruchu dobowego można oszacować dzienną i tygodniową emisję zanieczyszczeń w parku. Wyniki zostały przedstawione w tabeli 5.

Tabela 5. Wielkość emisji zanieczyszczeń komunikacyjnych na terenie parku w Uzdrowisku Swoszowice

Parametr	Średnia dobową emisja, kg	Średnia tygodniowa emisja, kg
CO	74	518
HC	9	63
NO _x	13	91
PM	0,5	3,5

4. Hałas komunikacyjny

Hałas jest to każdy nieprzyjemny, niepożądany lub szkodliwy dźwięk. Przyczynami hałasu drogowego powodowanego przez ruch pojazdów mechanicznych są [6]:

- praca silnika wraz z zespołami napędowymi,
- toczenie się kół po nawierzchni drogi,
- zawirowania strugi powietrza opływającej samochód,
- drgania elementów nadwozia i karoserii.

Zależnie od tego, z jakim typem samochodu mamy do czynienia, poszczególne źródła hałasu mogą mieć dominujący charakter. Hałas powodowany przez samochody można scharakteryzować za pomocą poziomu dźwięku w określonej odległości lub od widma hałasu. Poziom dźwięku spowodowany ruchem pojazdów zależy głównie od:

- rodzaju pojazdu (osobowy, dostawczy, ciężarowy itd.),
- sposobu jazdy (płynny lub z gwałtownym przyspieszeniem),

- prędkości pojazdu,
- rodzaju i stanu nawierzchni drogi.

Samochody, szczególnie te z silnikami o mocy powyżej 150 KM, są również źródłami hałasu z zakresu infradźwięków (drgań akustycznych o częstotliwości poniżej 16 Hz).

Chwilowa wartość poziomu dźwięku powodowanego przez ruch drogowy jest funkcją wielu zdarzeń o charakterze przypadkowym, tak więc występowanie hałasu o pewnym poziomie akustycznym należy do tzw. zjawisk stochastycznych. Założenie to pozwoliło na opracowanie szeregu wskaźników oceny z wykorzystaniem zasad statystyki matematycznej. Najpopularniejsze z nich to tzw. poziomy statystyczne L_{10} i L_{50} (zwane też poziomem quasi-maksymalnym i średnim). Jeśli ogólnie poziom statystyczny oznaczmy L_X , to możemy zdefiniować go jako pewien poziom graniczny przekroczony przez chwilowe wartości poziomów dźwięków w nie więcej niż $X\%$ czasu obserwacji. Dla warunków polskich, w wyniku licznych badań opracowano następujące zależności pozwalające na określenie poziomów akustycznych L_{10} oraz L_{50} dla hałasu pochodzącego od ruchu drogowego [6]:

$$L_{10} = 10 \log Q + 51 \quad \text{w dB,}$$

$$L_{50} = 10 \log Q + 35 \quad \text{w dB,}$$

gdzie Q to natężenie ruchu drogowego (pojazd/h).

Zależności te są określone dla punktu zlokalizowanego w odległości 1 m od krawężnika jezdni oraz na wysokości 1,2 m i mają pewne założenia:

- droga przebiega w poziomie, w przestrzeni niezabudowanej,
- ruch pojazdów jest płynny,
- udział pojazdów najbardziej hałaśliwych wynosi około 30%,
- średnia prędkość potoku samochodów – około 50 km/h,
- nawierzchnia asfaltowa.

Na podstawie tych wzorów oraz danych z tabeli 1 można określić maksymalne (L_{10}) i średnie poziomy dźwięku (L_{50}) dla całego dnia (piątek), w przedziałach czasowych od 7⁰⁰ do 19⁰⁰. Analogicznie, na podstawie tabeli 3, można obliczyć te wielkości dla pozostałych dni tygodnia w godzinach szczytu.

Po przeprowadzeniu obliczeń okazało się, że wartości L_{10} zawierają się w granicach od 78 do 80 dB, natomiast dla L_{50} – od 62 do 64 dB. Widać stąd, że dopuszczalny poziom hałasu dla samej strefy „A” uzdrowiska, określony rozporządzeniem Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia

13.05.1998 roku w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku, został przekroczony.

Należy tu też nadmienić, że dopuszczalny, równoważny poziom dźwięku (L_{50}) może wynosić 50 dB w porze dziennej, natomiast maksymalny, krótkotrwały poziom dźwięku (L_{10}) nie może przekroczyć 65 dB [9, 10]. Oczywiście wyniki te, jak każde dane statystyczne, są obarczone pewnymi błędami wynikającymi chociażby z tego, że udział pojazdów najbardziej hałaśliwych w ruchu komunikacyjnym na terenie uzdrowiska wynosi średnio 15% (zamiast np. 30%). Pozostałe założenia są spełnione. Zatem średni poziom hałasu jest przekraczany o co najmniej 12 dB, a dopuszczalny maksymalny – o około 15 dB.

Dowodzi to niezbicie tego, że obecny klimat akustyczny Uzdrowiska „Swozowice” **nie** odpowiada normom określonym w podanych rozporządzeniach [9, 10] i budowa obwodnicy jest jak najbardziej konieczna.

5. Wnioski

Wpływ motoryzacji na środowisko uzdrowisk należy rozpatrywać w dwóch kategoriach.

1. Ekonomicznej – tutaj decydującym czynnikiem jest dostępność danego uzdrowiska dla samochodów. W dzisiejszych czasach trudno sobie wyobrazić, że do jakiegoś uzdrowiska nie można dojechać autobusem lub własnym samochodem; taka sytuacja dyskredytuje dany ośrodek leczniczo-rekreacyjny w oczach kuracjuszy, a to z kolei pociąga za sobą określone trudności finansowe. Wobec tego dobre połączenie komunikacyjne jest akurat zdecydowanie czymś pozytywnym.
2. Ekologicznej – gdzie liczy się przede wszystkim wpływ motoryzacji na środowisko przyrodnicze oraz zdrowie i bezpieczeństwo ludzi. Tutaj komunikacja stwarza zagrożenia, które kumulując się oddziałują na nas zgodnie z zasadą synergizmu. Aktualnie hałas obok zanieczyszczenia powietrza stanowi największy problem związany z komunikacją (ruchem pojazdów mechanicznych).

Problem wpływu motoryzacji na funkcjonowanie uzdrowisk jest zagadnieniem złożonym, a jego powstanie wiąże się z rozwojem cywilizacyjnym. Nie można go rozwiązać przez eliminację ruchu pojazdów mechanicznych z obszaru uzdrowiska czy jego otuliny, ponieważ pociągnęłoby to za sobą wiele innych perturbacji. Rozwiązaniem optymalnym byłoby zatem umiejętne ograniczanie ruchu (np. przez zakaz wjazdu pojazdów ciężarowych) oraz jego odpowiedni rozkład w przestrzeni uzdrowisk (obwodnice, liczne drogi dojazdowe z różnych kierunków, parkingi na obrzeżach uzdrowisk itp.). Pozostaje mieć nadzieję, że szybko rozwijająca się myśl

techniczna umożliwi jeszcze większe zminimalizowanie negatywnych oddziaływań motoryzacji na środowisko naturalne – w tym na środowisko oraz funkcje leczniczo-rekreacyjne uzdrowisk.

Literatura

- [1] Bielak S.: Ocena wpływu tras komunikacyjnych na Uzdrowisko „Swoszowice”. Praca dyplomowa, Archiwum Katedry Kształtowania i Ochrony Środowiska, Kraków 2000
- [2] Brzeżański M.: Współczynniki emisji toksycznych związków spalin dla pojazdów samochodowych. Materiały Konferencji KONMOT '96, Kraków 1996
- [3] Charytańska M.: Zabytki architektury i budownictwa w Polsce. Z. 7 – „Województwo krakowskie”, Warszawa 1971
- [4] Kajtoch A.: Atlas Uzdrowisk Polskich. Warszawa – Wrocław, PPWG 1990
- [5] Kruczek Z., Weseli A.: Uzdrowiska Karpackie. Kraków, KAW 1987
- [6] Informacja własna dotycząca problematyki hałasu
- [7] Merkisz J.: Ekologiczne problemy silników spalinowych. T. 1, Poznań, WPP 1999
- [8] Problemy zanieczyszczeń komunikacyjnych. Praca zbiorowa pod red. K.P. Turzańskiego i T.Z. Dworaka. Kraków, Biblioteka Monitoringu Środowiska, PIOŚ-WIOŚ, AGH, PK, 1994
- [9] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30.09.1980 roku w sprawie ochrony środowiska przed hałasem i wibracjami (Dz. U. nr 24, poz. 90)
- [10] Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 13.05.1998 roku w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. nr 66, poz. 436)
- [11] Statut Uzdrowiska „Swoszowice” – uchwała nr 15/74 Rady Narodowej Miasta Krakowa z dnia 25.04.1974
- [12] Uruska-Suszek D., Fabijanowska K.: Katalog zabytkowych założeń zielonych miasta Krakowa i woj. krakowskiego. Park zdrojowy w Swoszowicach. Zakład Sztuki Ogrodowej i Terenów Zielonych, Instytut Architektury i Krajobrazu Politechniki Krakowskiej, Kraków 1991

Recenzent

prof. dr hab. inż. Jerzy Chwastek