

Politechnika Lubelska  
Wydział Budownictwa i Architektury

BUDOWNICTWO  
I ARCHITEKTURA

Vol. 13(1) 2014

Politechnika Lubelska  
Lublin, 2014

**Politechnika Lubelska**  
**Wydział Budownictwa i Architektury**

# BUDOWNICTWO I ARCHITEKTURA



**Vol. 13(1) 2014**

Politechnika Lubelska  
Lublin, 2014

## Rada Naukowa

Tomasz Bajda (AGH Kraków)  
Ivan Baláž (University of Economics in Bratislava)  
Mykola Bevz (National University Lviv Polytechnic)  
Grażyna Dąbrowska-Milewska (Politechnika Białostocka)  
Wiesława Głodkowska (Politechnika Koszalińska)  
Adam Goliger (The Council for Scientific and Industrial Research - CSIR)  
Zbyněk Keršner (Brno University of Technology)  
Halit Cenani Mertol (Atılım University)  
Carlos M. Mozo (University of Castilla - La Mancha)  
Adam Nadolny (Politechnika Poznańska)  
Sandro Parrinello (Pavia University)  
Stanislav Pospíšil (Institute of Theoretical and Applied Mechanics)  
Wojciech Radomski (Politechnika Łódzka i Politechnika Warszawska)  
Elżbieta Radziszewska-Zielina (Politechnika Krakowska)  
Petro Rychkov (National University of Water Management and Nature Resources Use)  
Shamsher Bahadur Singh (Birla Institute of Technology and Science)  
Anna Sobotka (AGH Kraków)  
Thomas Thiis (Norwegian University of Life Sciences)  
Viktor Tur (Technical University of Brest)  
Tim K.T. Tse (The Hong Kong University of Science and Technology)

## Kolegium Redakcyjne

Redaktor naczelny: **Wojciech Franus**

### Redaktorzy Tematyczni:

Stanisław Fic, Joanna Giecewicz, Anna Halicka, Piotr Jaśkowski, Wojciech Kosiński,  
Jan Kukielka, Tomasz Lipecki, Marek Łagoda, Wojciech Piasta, Jadwiga Roguska,  
Małgorzata Rozbicka, Elżbieta Ryńska, Bogusław Szymgin, Maciej Trochonowicz,  
Magdalena Wdowin, Daniel Załuski

Sekretariat: Lidia Bandura

### Adres redakcji:

Politechnika Lubelska, Wydział Budownictwa i Architektury  
ul. Nadbystrzycka 40, 20-618 Lublin, e-mail: [wb.bia@pollub.pl](mailto:wb.bia@pollub.pl)

### Strona czasopisma:

<http://wbia.pollub.pl/pl/o-wydziale/czasopismo-budownictwo-i-architektura>

Publikacja wydana za zgodą Rektora Politechniki Lubelskiej  
Finansowana w ramach środków Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego

© Copyright by Politechnika Lubelska 2014

**ISSN 1899-0665**

Realizacja: Biblioteka Politechniki Lubelskiej  
Ośrodek ds. Wydawnictw i Biblioteki Cyfrowej  
ul. Nadbystrzycka 36A, 20-618 Lublin, email: [wydawca@pollub.pl](mailto:wydawca@pollub.pl)  
Fundacja Rozwoju Politechniki Lubelskiej

---

**SPIS TREŚCI**  
**CONTENTS**

**Maciej Jacek Nowak:**

Plany zadań ochronnych dla obszarów Natura 2000 jako instrument zarządzania środowiskiem – kluczowe problemy

*The plans of the protection tasks for the Natura 2000 areas as an instrument for environmental management - the key issues..... 7*

**Marek Iwański, Małgorzata Cholewińska, Grzegorz Mazurek:**

Właściwości asfaltu z dodatkami modyfikującymi po procesie starzenia krótkoterminowego

*The properties of bitumen with different modifiers after a short-term aging process.....15*

**Krzysztof Gnyp:**

Wpływ przejeżdżających pociągów w sąsiedztwie projektowanego obiektu na obiekt oraz na przebywających w nim ludzi i urządzenia techniczne

*The influence of moving by trains on a designed building situated near the railway track as well as on technical devices and people in the building. ....29*

**Agata Dąbał:**

Drogi i wody: interakcje rozpatrywane na różnych poziomach planowania i projektowania

*Roads and water: interactions considered on different levels of planning and designing.....41*

**Marek Iwański, Anna Chomicz-Kowalska, Piotr Ramiączek,****Krzysztof Maciejewski, Mateusz M. Iwański:**

Wpływ laboratoryjnych metod zagęszczania na właściwości fizykomechaniczne recyklowanych mieszanek mineralno-asfaltowych z asfaltem spienionym

*The influence of laboratory compaction methods on the physical and mechanical properties of foamed bitumen recycled mixes.....53*

**Dagmara Nowacka:**

Wpływ inwestycji drogowych na zwierzęta – działania minimalizujące

*Mitigating a traffic impact on animals.....63*

**Jarosław Wiącek, Marcin Polak, Marek Kucharczyk, Sylwia Zgorzałek:**

Wpływ hałasu drogowego na ptaki

*The influence of traffic noise on birds.....75*

**Agnieszka Bugajska, Andrzej Kulig:**

Działania prośrodowiskowe podejmowane we Francji na etapie eksploatacji autostrad

*Pro-environmental actions undertaken in France during operation of motorways..... 87*

**Alicja Sołowczuk:**

Wpływ zagospodarowania terenu na rozkład poziomy hałasu drogowego na powierzchni górnych przejść habitatowych

*The impact of land development on the distribution of road noise level on the surface of the upper wildlife crossings .....113*



**Sławomir Karaś, Olga Skoczylas:**

Pierwszy most inż. M. Lutosławskiego w Lublinie  
*Sustain development – the first bridge of M. Lutoslawski in Lublin*.....113

**Slávka Gaľaš, Andrzej Gaľaš:**

Proces oceny oddziaływania na środowisko  
 w państwach Grupy Wyszehradzkiej w zakresie drogownictwa  
*The process of Environmental Impact Assessment in the V4 countries  
 in the field of road construction*.....127

**Marek Motylewicz, Władysław Gardziejczyk:**

Hałas od ruchu samochodowego w otoczeniu skrzyżowań  
*Road traffic noise in areas surrounding intersections*.....137

**Adam Wysokowski:**

Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania przejść dla zwierząt  
 - dokument ujednolicający problematykę  
*The recommendations for design, construction and maintenance of animals passages  
 - a document unifying problems*.....149

**Anna Leniak-Tomczyk, Grażyna Łagoda:**

Wiadukt w Calabrii jako przykład innowacyjnych rozwiązań w budownictwie  
 komunikacyjnym  
*The viaduct In Calabria as an example of innovative solutions in construction  
 of transport infrastructure*.....157

**Rafał T. Kurek, Radosław Ślusarczyk:**

Górne przejścia dla zwierząt w Polsce – wspólny sukces drogowców i przyrodników  
*Overpasses in Poland – naturalists and road constructors' joint success* .....167

**Wojciech Grabowski, Jarosław Wilanowicz,****Marta Andrzejczak, Marcin Bilski:**

Warunki zastosowania popiołu lotnego jako wypełniacza do mieszank  
 mineralno – asfaltowych  
*Conditions for use of fly ashes as filler for hot-mix asphalt*.....181

**Krzysztof Spałek, Maria Mleczo-Król:**

Walory przyrodnicze pasa autostrady A-4 na terenie Parku Krajobrazowego  
 Góra Świętej Anny w województwie opolskim  
*Natural assets in the right-of-way of A-4 Motorway  
 in the Góra Świętej Anny Landscape Park, Opole Region*.....191

**Lidia Żakowska:**

Wizualizacja, modelowanie i analizowanie przestrzeni transportu miejskiego  
 w aspekcie estetycznym  
*Visualization, modelling and analyzing of transport space in cities from  
 the aspect of aesthetics evaluation* .....203

**Piotr Żabicki, Władysław Gardziejczyk:**

Wybrane aspekty analizy wielokryterialnej w projektowaniu obejść drogowych  
*Selected aspects of multicriteria analysis in the design of bypass roads*.....213

**Marlena Leszczyńska-Sędłak, Janusz Bohatkiewicz:**

Praktyczne problemy i możliwości zastosowania nowych Planów  
 Zadań Ochronnych dla obszarów Natura 2000 w opracowaniach środowiskowych  
 w budownictwie komunikacyjnym  
*Practical problems and possibilities related to the use of new Plans of Protection  
 Tasks for Natura 2000 sites in environmental studies in the field of transport  
 infrastructure engineering*.....223

<b>Janusz Bohatkiewicz, Wioleta Czarnecka, Krzysztof Jamrozik, Sebastian Biernacki, Maciej Hałucha:</b>	
Wpływ uspokojenia ruchu na klimat akustyczny w otoczeniu ulic <i>Impact of traffic calming on acoustic climate in street surrounding.</i>	235
<b>Maciej Kowal:</b>	
Ochrona środowiska na drodze ekspresowej S17 <i>Protection of the natural environment on the expressway S17.</i>	253
<b>Maciej Kowal:</b>	
Walory estetyczne drogi ekspresowej S17 <i>The aesthetics of the S17 expressway.</i>	267
<b>Krzysztof Śledziewski:</b>	
Postępowanie z przebudową zabytkowych obiektów komunikacyjnych na przykładzie ulicy Zamkowej w Lublinie <i>Procedure of reconstruction of historical communication monuments on the example of Zamkowa Street in Lublin.</i>	277
<b>Slávka Gałaś, Janusz Bohatkiewicz:</b>	
Stosowanie list kontrolnych w opracowaniach środowiskowych w zakresie budownictwa drogowego <i>The application of checklists in environmental studies in the field of road construction.</i>	295
<b>Piotr Radziszewski, Karol Kowalski, Michał Sarnowski, Piotr Pokorski:</b>	
Przyjazne dla środowiska naturalnego rozwiązania materiałowo-technologiczne nawierzchni drogowych <i>Environmentally friendly material and technological solutions of road pavements.</i>	305
<b>Wioleta Czarnecka, Stefan Firlej:</b>	
Wpływ podsypki na trwałość nawierzchni z kostki <i>Impact of the sand bed on stability of cobblestone pavement.</i>	317
<b>Agnieszka Woszuk:</b>	
Zagrożenie zdrowia i życia ludzi wypadkami drogowymi w opracowaniach środowiskowych na przykładzie drogi krajowej DK-17 na odcinku Piaski-Hrebenne <i>Threat to human life and health road accidents in environmental studies on the example of the national road number 17 bet ween Piaski and Hrebenne.</i>	329
<b>Vitalii Naumov, Natalia Vnukova, Ganna Zhelnovach:</b>	
Możliwości zastosowania sieci neuronowych do oceny bezpieczeństwa ekologicznego dróg na Ukrainie <i>Neural networks applications for environmental safety assessment of roads in Ukraine.</i>	339
<b>Nosaliuk Nataliia, Andreychuk Alexander:</b>	
Mosty Łucka - przeszłość i terażniejszość <i>Bridges in Luck - Past and Present.</i>	349



# **Plany zadań ochronnych dla obszarów Natura 2000 jako instrument zarządzania środowiskiem – kluczowe problemy**

**Maciej Jacek Nowak**

*Katedra Nieruchomości, Agrobiznesu i Ekonomii Środowiska,  
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, e-mail: macnowak@zut.edu.pl*

**Streszczenie:** W artykule określono najważniejsze problemy związane z wprowadzaniem planów zadań ochronnych dla obszaru Natura 2000. Możliwe dylematy dotyczą zarówno zagadnień związanych z formułowaniem obowiązków dla poszczególnych podmiotów, jak również kwestii wskazań do miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego i studiów uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego. Jednocześnie zaproponowano możliwe warianty rozwiązań.

**Słowa kluczowe:** Plan zadań ochronnych – obszar Natura 2000 – ochrona przyrody – dokumenty planistyczne.

## **1. Wprowadzenie**

Problematyka związana ze sporządzaniem planów zadań ochronnych dla obszarów Natura 2000 pod wieloma względami wywołuje liczne kontrowersje. Wiązą się one z brakiem precyzyjnych przepisów przewidujących poszczególne procedury oraz z brakiem utartej praktyki. W związku z powyższym zasadne jest takie opracowanie planów, aby było to możliwe z praktycznego punktu widzenia, a także, w możliwie najszerszym stopniu, było zgodne z przewidzianymi procedurami i objaśniającymi je wytycznymi. W niniejszym artykule wyodrębniono oraz scharakteryzowano najważniejsze dylematy, które przy tej okazji mogą się pojawić.

Na cele artykułu zostały przeanalizowane plany zadań ochronnych oraz projekty planów zadań ochronnych dla obszarów Natura 2000. Szczegółowej analizie poddano:

- 35 projektów planów zadań ochronnych dla województwa zachodniopomorskiego (czyli wszystkie obecnie opracowywane projekty)
- uzupełniająco - 10 planów zadań ochronnych oraz projektów planów zadań ochronnych opracowywanych dla województw: małopolskiego, lubelskiego, podlaskiego oraz dolnośląskiego.

## **2. Zakres planu zadań ochronnych**

Dokładny zakres tego, co powinno zostać uwzględnione w planie zadań ochronnych, został wskazany w art. 28 ust. 10 ustawy o ochronie przyrody [1]. W doktrynie wskazuje się, że plany zadań ochronnych są aktami prawa miejscowego, a w konsekwencji organy odpowiedzialne za ich opracowanie nie mają nadmiernej swobody co do zakresu przedmiotowych rozwiązań wynikających

z planów. Każde rozwiązanie, które będzie dalej idące (niż przewidują to przepisy) musi zostać uznane za przyjęte bez podstawy prawnej i spowodować powinno skutki związane z jego wyeliminowaniem. Podobne skutki wystąpią również, gdy któryś z elementów planu zadań ochronnych wymagany w ustawie, nie zostanie w tym planie uwzględniony [2].

Plany zadań ochronnych zawierają elementy [3]:

- opisowo–identyfikacyjne;
- integrujące (otoczenie przyrodnicze obszaru Natura 2000);
- ochronno–monitorujące;
- relacyjne (sprowadzające się do oddziaływania na inne akty).

Zgodnie z art. 28 ust. 10 pkt 6 ustawy o ochronie przyrody, w planie zadań ochronnych powinno znaleźć się wskazanie terminu sporządzenia, w razie potrzeby, planu ochrony dla części lub całości obszaru Natura 2000. W związku z powyższym, należy wskazać, że w **samej zarządzeniu dotyczącym planu zadań ochronnych, dla przejrzystości – nawet w przypadku braku stwierdzenia konieczności sporządzenia planu ochrony – należy poczynić o tym wzmiankę** (np. „Dla obszaru Natura 2000 nie przewidziano obowiązku sporządzenia planu ochrony.”). Ustawodawca przewiduje bowiem wśród obligatoryjnych elementów planu zadań ochronnych również ten element i dobrze jest się do tego odnieść. Gdy plan ochrony zostaje w planie zadań ochronnych przewidziany, to informacja o tym powinna zostać uwzględniona w samym zarządzeniu (wraz z terminem sporządzenia planu ochrony). Za niewystarczające uznać należy określanie obowiązków dotyczących planów ochrony dopiero na etapie załączników do zarządzenia ustanawiającego plan zadań ochronnych.

### 3. Treść zarządzenia i określenie zagrożeń

W pierwszej kolejności rozważyć należy **prawidłowe przedstawienie podstawy prawnej zarządzenia**. Polega ono na podaniu numeru Dziennika Ustaw i pozycji pierwotnego brzmienia ustawy o ochronie przyrody oraz jej wszystkich zmian. Ewentualnie można rozpocząć oznaczanie od numeru i pozycji tekstu jednolitego ustawy (z jednoznacznym wskazaniem, że oznaczenie dotyczy tekstu jednolitego) i wszystkich dokonanych od tego czasu zmian (nie w przypisie, ale w ramach samej podstawy prawnej). W doktrynie wskazuje się, że przy zarządzeniach i rozstrzygnięciach administracyjnych takie pełne oznaczenie aktów prawnych jest zgodne z zasadą przekonywania oraz zasadą pogłębiania zaufania obywateli do organów władzy publicznej. Oczywiście, zaniechanie powyższego nie spowoduje stwierdzenia nieważności (ani nawet prób podważenia) danego aktu.

Zagrożenia związane z obszarami Natura 2000 powinny uwzględniać wyłącznie kwestie przyrodnicze i odnosić się bezpośrednio do określonych gatunków i siedlisk przyrodniczych[4]. W każdym ze sformułowanych zagrożeń należy to jasno wskazywać. Zasadnym jest również opisywanie zagrożeń w sposób precyzyjny, a nie nadmiernie hasłowy, zawierający skróty myślowe. **Opis zagrożeń stanowi bowiem akt prawa miejscowego i w związku z tym jego zapisy nie mogą budzić wątpliwości, ani też nie mogą przypominać luźnych notatek.** Zagrożeniem wskazanym w planie zadań ochronnych

może być również niewystarczająca wiedza na temat określonego przedmiotu ochrony. W przypadkach, gdy tego rodzaju zagrożenie zostaje zdiagnozowane, należy je określić na pewnym poziomie szczegółowości – jakie konkretnie braki w wiedzy występują. Przy określaniu zagrożeń należy wystrzegać się również zbyt częstego powtarzania tych samych, sformułowanych ogólnie zagrożeń dotyczących poszczególnych gatunków i siedlisk. Wystrzegać należy się również sformułowań, określających jako zagrożenie tylko „drogę”, czy tylko „zabudowę mieszkaniową” (czy też inne inwestycje opisane w taki sposób) bez podania w czym konkretnie to zagrożenie będzie się przejawiać z punktu widzenia gatunków lub siedlisk.

W praktyce w części opracowanych PZO, w charakterystyce zagrożeń dla funkcjonowania siedlisk i gatunków dotyczących obszaru Natura 2000, występuje kategoryczne rozróżnienie zagrożeń na istniejące i potencjalne. W ramach wykładni przepisów można wskazać, że rozróżnienie zagrożeń w każdym przypadku na istniejące i potencjalne nie jest obligatoryjne, tym niemniej w miarę możliwości w każdym planie zadań ochronnych wskazane byłoby przeanalizowanie możliwości wyodrębnienia tych dwóch rodzajów zagrożeń.

#### 4. Cele działań ochronnych i działania ochronne

Cele związane z zadaniami ochronnymi powinny być sformułowane – według wytycznych – jako pożądaný stan, a nie jako czynność. W praktyce bywa to jednak trudne do zrealizowania. Dlatego pamiętać trzeba, że **wyznaczone cele powinny być: proste, weryfikowalne oraz możliwe do osiągnięcia. Założyć również trzeba, że są one zaplanowane zgodnie z perspektywą czasową danego planu zadań ochronnych.** Cele nie mogą tylko odsyłać do innych aktów, zarządzeń, źródeł prawa. Nawet w przypadku, gdy powyższe akty są w nich powoływane, należy, przynajmniej w skrócie – wskazać również na czym dokładnie polegają ich poszczególne zapisy. Również na tym etapie bardzo ważne wydaje się to, aby cele były sformułowane w sposób zrozumiały dla szerszego zakresu odbiorców, a także by nie były nazbyt ogólne. Należy unikać zapisów w rodzaju „poprawa warunków przyrodniczych” - powinny być one bardziej precyzyjne. Niedopuszczalne jest również używanie sformułowań „dążenie do poprawy warunków przyrodniczych...”. W sytuacji, gdy realizacja określonych działań w momencie sporządzania planu zadań ochronnych nie jest pewna, należy zredagować to inaczej, np. „podjęcie działań mających na celu ... a w przypadku (gdy na etapie...) okażą się one w pełni niemożliwe – zrealizowanie ich w ustalonym w oparciu o przeprowadzoną analizę... zakresie”. Należy unikać formułowania jako celów zmian poszczególnych dokumentów – bardziej natomiast akcentować skutki z takich zmian wynikające. W niektórych celach działań ochronnych zawartych w opracowanych już planach zadań ochronnych, używa się w całym dokumencie sformułowań bardzo ogólnych, w rodzaju „utrzymanie struktury siedliska. Poprawa perspektywy ochrony przez kontynuację działań ochronnych”. Wydaje się, że tego typu sformułowania, bez bardziej precyzyjnych wskazówek, są zbyt ogólne, a także mogą wywoływać problemy w zakresie ich weryfikacji (mierzalności). W związku z powyższym, za zdecydowanie lepsze rozwiązanie należy uznać to, stosowane w większości analizowanych przy okazji sporządzania niniejszego artykułu planów zadań ochronnych.

Podobne uwagi odnoszą się do konkretnych działań ochronnych, wskazanych w planach zadań ochronnych. Również te działania powinny zostać sformułowane

w sposób precyzyjny, możliwy do zrealizowania. Teoretycznie przy ich opisie zaleca się zastosowanie schematu „Co-Ile-Gdzie-Kiedy-Kto-Za ile/Za co”, ale w praktyce zwłaszcza określenie ostatniej części może wydawać się problematyczne. W takim przypadku można rozważyć przynajmniej ogólne określenie ram finansowych dla wszystkich działań ochronnych. Może to być nawet określenie orientacyjne. **Trzeba mieć jednak świadomość, że jest to jeden z elementów w którym wytyczne (również wynikające z rozporządzenia) nie zawsze są możliwe do zrealizowania.**

Lokalizacja działań może (ale nie musi) być określana za pomocą numerów poszczególnych działek ewidencyjnych. Na pewno będzie to bardziej pomocne przy określaniu i doprecyzowaniu obowiązków wynikających z działań ochronnych. Możliwość taką uwzględnił GDOŚ w piśmie z 18 lipca 2013 r. (DON-WP.082.1.45.2013.jb.3).

Precyzja musi zostać zachowana również przy okazji określania adresatów obowiązków. Należy uwzględnić następujące zasady:

- z tekstu musi jasno wynikać, za realizację którego obowiązku jest odpowiedzialny dany podmiot;
- przy adresatach państwowych i samorządowych należy wskazywać **na konkretne organy, a nie urzędy**. I tak, prawidłowym adresatem obowiązków będzie wójt/ burmistrz/ prezydent miasta, a nie urząd gminy, starostwo powiatowe lub gmina;
- dla porządku należy podawać pełne nazwy poszczególnych organów, a nie ich skróty.

Kwestią dyskusyjną może być określenie obowiązków dla prywatnych właścicieli gruntów. Po **pierwsze trzeba rozróżnić tych ostatnich od zarządców gruntów i dzierżawców gruntów i konkretnie wskazać kto, za realizację których obowiązków będzie odpowiadać** (jeżeli powyższy wymóg nie zostanie zrealizowany, może to doprowadzić co najmniej do sporów np. między dzierżawcami a właścicielami). Ponadto, trzeba pamiętać również o tym, że formalnie w planie zadań ochronnych obowiązki na właścicieli konkretnych nieruchomości można nakładać na podstawie:

- zawartych z właścicielami umów;
- wiążących ich innych dokumentów (np. pakietów rolno-środowiskowych).

W planie zadań ochronnych obowiązki wynikające z powyższych aktów powinny zostać powtórzone. W pozostałym zakresie inne wskazane działania nie tworzą obowiązków w sensie prawnym. Jest to kolejna kwestia, która może budzić wątpliwości w praktyce i być różnie oceniana w postępowaniach administracyjnych i sądowo-administracyjnych. W doktrynie można co prawda znaleźć tezę, zgodnie z którą możliwe jest obciążenie obowiązkami innych właścicieli nieruchomości, **ale trudno wyobrazić sobie sytuację, kiedy właściciel miałby wykonywać te obowiązki bez żadnej rekompensaty**. Także nałożenie obowiązków może powodować wręcz obowiązek dla organu ustanawiającego plan zadań ochronnych późniejszego zawarcia z właścicielem nieruchomości umowy, której przedmiotem będzie jakaś forma odszkodowania [5]. Zagadnienie to budzi kontrowersje i trzeba liczyć się z tym, że nakładanie na właścicieli nieruchomości obowiązków bez wcześniej zawartych umów i programów może wywoływać próby kwestionowania



planów zadań ochronnych, lub co najmniej roszczenia finansowe. **Dlatego też należy zalecić pewną wstrzemięźliwość przy okazji obciążania w planach zadań ochronnych obowiązkami konkretnych właścicieli nieruchomości.**

Przedmiotem obowiązku mają być konkretne działania ochronne, a nie zawarcie, zmiana lub wypowiedzenie jakiejś umowy. Podobnie, wskazywane w planach zadań ochronnych dokumenty, akty prawne, mogą być przywołane, ale łącznie z powtórzeniem najważniejszych dla danego zadania ich ustaleń.

Jednocześnie wskazać należy, że obowiązki i wytyczne, o których mowa powyżej powinny wynikać bezpośrednio z samego planu zadań ochronnych, a nie np. tylko z dokumentacji przygotowanej w celu sporządzenia planu. Jak już wskazano, plan zadań ochronnych jest aktem prawa miejscowego i w związku z powyższym trudno nie zawierać w nim szczegółowych i precyzyjnych nakazów i zakazów w sytuacji, gdy jest to wymagane.

Osobną kwestią wymagającą rozważenia są podmioty – adresaci działań ochronnych. W przypadku, gdy adresatami takimi są podmioty gminne, najbardziej właściwe jest wpisywanie „organów gmin”. Wyeliminuje to ewentualne spory kompetencyjne (w sytuacji, gdy do jakiegoś działania będzie zobowiązany wójt/ burmistrz/ prezydent, a do pełnej jego realizacji niezbędne będzie współdziałanie rady gminy). Precyzja sformułowania nie pozwoli w takim przypadku domniemywać, że obowiązki zostały nałożone na niewłaściwe organy. Z kolei w wybranych planach zadań ochronnych przy okazji oznaczania prywatnych właścicieli nieruchomości jako adresatów obowiązków wskazuje się dokładnie na jakiej podstawie te obowiązki mają być realizowane (np. „właściciel nieruchomości na podstawie umowy zawartej z ...”). Praktyka taka również zasługuje na uznanie. Jak wskazywano bowiem wcześniej, występuje zróżnicowanie ocen w zakresie tego, jakie obowiązki mogą być ustanawiane przez plany zadań ochronnych względem prywatnych właścicieli nieruchomości. W celu wyeliminowania ryzyka stwierdzenia nieważności dokumentu należy nakładać obowiązki jedynie w tym zakresie, który wynika z innych umów, programów, czy uchwał. W nawiązaniu do przytoczonych okoliczności, zasadne jest również wskazywanie wymienionych podstaw w działaniach ochronnych. Z drugiej strony, należy zauważyć, że w PZO występuje błędna praktyka łączenia w jednej rubryce jako podmioty odpowiedzialne za realizację działań ochronnych różnych podmiotów (np. właścicieli nieruchomości i ich zarządców).

Działania ochronne związane z obowiązkami poszczególnych organów mogą odnosić się do procesu inwestycji drogowych na różne sposoby. Z jednej strony mogą sprowadzać się one do formułowania bezpośrednich wytycznych dla zarządców dróg (które to działania muszą być zrealizowane).

## **5. Wskazania do dokumentów planistycznych**

Wskazania do zmian w istniejących studiach uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gmin, miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego, planach zagospodarowania przestrzennego województw, dotyczące eliminacji lub ograniczenia zagrożeń wewnętrznych lub zewnętrznych, niezbędne dla utrzymania lub odtworzenia właściwego stanu ochrony siedlisk przyrodniczych oraz gatunków roślin i zwierząt, dla których ochrony wyznaczono



obszar Natura 2000 również powinny być formułowane według pewnych zasad. Po pierwsze chodzi o samo wskazywanie aktów planistycznych. **Wskazania należy formułować nie względem ich zmian, np. uchwały zmieniającej studium, ale do nich samych. Oczywiście w ramach wskazania należy również informować o dokonywanych zmianach w dokumencie** (gdyż wskazania są dokonywane do aktualnej wersji danego aktu). Poza tym akty należy wskazywać w sposób konkretny, zindywidualizowany, a nie grupowy (np. błędne byłoby wskazanie „dla wszystkich planów miejscowych obowiązujących w ramach obszaru natura 2000”). Nie można również przekraczać zakresu aktów wymienionych w ustawie o ochronie przyrody i na tym etapie formułować wskazań do innych dokumentów, nawet merytorycznie bardzo mocno powiązanych z aktami przestrzennymi.

Przy okazji formułowania wskazań **nie można przekraczać kompetencji planistycznych i sugerować, aby w aktach planistycznych znajdowały się obowiązki, które z nich nie wynikają**. Dotyczy to np. określania dodatkowych obowiązków związanych z przeprowadzeniem ocen oddziaływania na środowisko, czy też ocen oddziaływania na obszar Natura 2000 (np. nie można wskazań formułować w taki sposób, aby w planie miejscowym lub w studium miał być – niezależnie od ustawy – ustanowiony obowiązek przeprowadzenia ocen oddziaływania na środowisko). Nie można również postulować zawierania w studiach zakazów uchwalania planów miejscowych o określonym przeznaczeniu. Te ostatnie wytyczne można sformułować inaczej – poprzez przewidzenie ograniczeń w studiach, wiążących następnie na etapie sporządzania planów miejscowych.

Same wskazania powinny być sformułowane konkretnie i najlepiej sprowadzać je do określenia konkretnych zmian zapisów (albo zapisów odnoszących się do poszczególnych działek). Mogą one dotyczyć parametrów i wskaźników urbanistycznych, wymagań ładu przestrzennego i zrównoważonego rozwoju, określać tereny do wyłączenia spod zabudowy, linie zabudowy, wielkość powierzchni zabudowy, czy intensywność zabudowy. Nie zawsze wystarczające może się wydać samo diagnozowanie stanu ochrony środowiska (czy stanu zagospodarowania przestrzennego) w kontekście danego dokumentu. Chodzi tutaj bardziej o sformułowanie konkretnych wskazań. Z praktycznego punktu widzenia niewystarczające będą również wskazania formułowane w następujący sposób: „zapewnienie ochrony obszaru natura 2000 na terenie objętym studium/ planem miejscowym”. Będą one zbyt ogólne i mogą być interpretowane przez organy gmin na szereg różnych sposobów. Wskazania mogą zawierać również elementy pozytywne, tzn. które tereny można przeznaczać pod inwestycje, bez perspektywy negatywnego ich wpływu na chronione gatunki oraz siedliska.

W praktyce wskazuje się, że pomimo pewnych wątpliwości natury prawnej, wskazania z planu zadań ochronnych nie będą wiążące dla organów. Brak zrealizowania powyższych wytycznych może stanowić problem dla realizacji inwestycji, zwłaszcza w postępowaniach dotyczących ocen oddziaływania na środowisko. W tym celu, w wytycznych należy sprecyzować, kiedy – zgodnie z planem zadań ochronnych – mogą być dokonane zmiany w aktach planistycznych. W rachubę mogą wchodzić następujące rozwiązania:

- konieczność natychmiastowej zmiany danego aktu polityki przestrzennej;
- konieczność zmiany aktu przy najbliższej aktualizacji.

We wskazaniach można wskazać, czy i na jakim etapie występuje konieczność zmian poszczególnych zapisów w ramach planu zadań ochronnych.

Dylemat pojawia się również w sytuacji, gdy teoretycznie do planów miejscowych lub studiów można byłoby zgłaszać wskazania, ale inwestycje w oparciu o te akty są już zrealizowane. W takim przypadku racjonalnym rozwiązaniem jest uwzględnienie rzeczywistego stanu zagospodarowania przestrzennego i formułowanie wytycznych dotyczących tego stanu. W przypadku, gdy dana inwestycja jest zrealizowana, formułując wytyczne można rozważyć nawet mało w danym momencie prawdopodobne opcje związane z jej ewentualną rozbudową.

Wskazania do zmian w dokumentach planistycznych w badanych opracowanych już planach zadań ochronnych w zdecydowanie szerszym zakresie stosuje się sformułowania w rodzaju „wprowadzić zapisy”, „zmienić zapisy”, „w trakcie aktualizacji studium zmienić...”, „należy zaktualizować tekst studium o...”. Biorąc pod uwagę powyższe, tym mocniej należy zaakcentować dokonania zmian w analizowanych na cele ekspertyzy planach zadań ochronnych, w których – w wielu wypadkach – wskazania nie odnoszą się w tak bezpośrednim stopniu do konkretnych aktów planistycznych.

Wskazania do zmian nie mają, jak już zasygnalizowano wcześniej, mocy wiążącej, jednakże również one stanowiąc będą źródło poważnej informacji na temat prawdopodobnych działań planistycznych ze strony organów gminy. Dotyczy to zwłaszcza możliwych ograniczeń inwestycyjnych, które w planach zadań ochronnych mogą być zasygnalizowane. Tym niemniej, pamiętać należy, że realne zmiany będą wynikały przede wszystkim z uchwalonych lub zmienionych miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego (i na nie przede wszystkim warto zwracać uwagę). Zakres wskazań do dokumentów planistycznych może również w jakimś stopniu wskazywać, na co może być zwracana uwaga przy okazji prowadzenia ocen oddziaływania na środowisko.

## 6. Podsumowanie

Nie budzi wątpliwości, że obszary Natura 2000, obok oceny oddziaływania na środowisko należą do najważniejszych instrumentów związanych z zarządzaniem środowiskiem [6]. Wywierają w ten sposób znaczący wpływ nie tylko na środowisko ale także na rozwój lokalny [7]. Tym bardziej więc ważne i istotne wydaje się przeanalizowanie najważniejszych skutków związanych z wdrażaniem ochrony tych obszarów.

Kluczowe problemy przy opracowaniu planów zadań ochronnych sprowadzają się do:

- precyzyjności i mierzalności poszczególnych sformułowań określanych w planach;
- obowiązków, które w planach zadań ochronnych mogą być nakładane na właścicieli prywatnych nieruchomości;
- zakresu wskazań, które mogą być formułowane w planach zadań ochronnych względem aktów polityki przestrzennej (i ich realnych skutków).

Mając na uwadze kontrowersje i problemy związane z modelowym wdrażaniem we wszystkich sytuacjach w ten sam sposób poszczególnych postanowień planów zadań ochronnych zaleca się, co do zasady, stosować rekomendacje zawarte w niniejszym artykule, a w sytuacjach występowania konieczności odstępstw od nich – indywidualnej konsultacji dopuszczalnego ich zakresu.

## Literatura

- [1] W. Radecki, *Ustawa o ochronie przyrody. Komentarz*, Difin, Warszawa 2012, s. 205 – 206
- [2] K. Gruszecki *Komentarz do art. 28 ustawy o ochronie przyrody*, System Informacji Prawnej LEX
- [3] A. Habuda, *Obszary Natura 2000 w prawie polskim*, Difin, Warszawa 2013, s. 100 – 101
- [4] Opracowanie planu zadań ochronnych dla obszaru Natura 2000, Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, Warszawa 2012, s. 30
- [5] A. Habuda, *Obszary Natura 2000 w prawie polskim*, Difin, Warszawa 2013, s. 104
- [6] P. Mickiewicz, M. Kięsznia, M. Nowak, S. Gawłowski, *Ocena oddziaływania na środowisko a zarządzanie rozwojem lokalnym i regionalnym*, Społeczna Wyższa Szkoła Przedsiębiorczości i Zarządzania, Łódź 2011, s. 35
- [7] P. Mickiewicz, T. Skotarczak, A. Kiepas – Kokot, *Wybrane problemy zarządzania środowiskiem w rozwoju lokalnym i regionalnym*, Społeczna Wyższa Szkoła Przedsiębiorczości i Zarządzania, Łódź – Warszawa 2010, s. 11 – 18.

## The plans of the protection tasks for the Natura 2000 areas as an instrument for environmental management - the key issues

Maciej Jacek Nowak

*Department of Real Estate, Agribusiness and Environmental Economics West Pomeranian University of Technology in Szczecin macnowak@zut.edu.pl*

**Abstract:** The article identifies key issues related to the implementation of the plans of protection tasks for the Natura 2000 area. Possible dilemmas concern both issues related to the formulation of the responsibilities for different subjects, as well as issues indicating local development plans and studies of conditions and directions of spatial development. Simultaneously, possible alternative solutions have been suggested.

**Keywords:** The plan of the protection tasks – Natura 2000 area – nature protection – planning and design documents.

# Właściwości asfaltu z dodatkami modyfikującymi po procesie starzenia krótkoterminowego

Marek Iwański, Małgorzata Cholewińska, Grzegorz Mazurek

Politechnika Świętokrzyska

*iwanski@tu.kielce.pl, m.cholewinska@tu.kielce.pl, gmazurek@tu.kielce.pl*

**Streszczenie:** Celem badań była analiza porównawcza wpływu nowoczesnych modyfikatorów (Trynidad, Glisonit, wosk syntetyczny, środek adhezyjny) przeznaczonych potencjalnie do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych w obniżonej temperaturze. Jako lepsze referencyjne wykorzystano asfalt o penetracji 35/50. Wpływ wykorzystanych modyfikatorów na właściwości asfaltu oceniono poprzez oznaczenie takich właściwości jak: penetracja, temperatura mięknięcia oraz temperatura łamliwości. Oznaczenia powyższych właściwości zostały przeprowadzone przed i po procesie starzenia krótkoterminowego symulowanego metodą RTFOT. Modyfikatory dozowano w pięciu wariantach w stosunku do masy asfaltu referencyjnego. Modyfikacja asfaltu woskiem syntetycznym spowodowała wzrost zakresu plastyczności, podczas gdy zastosowanie modyfikatora obniżającego napięcie powierzchniowe nie wywołało znacznych zmian w odniesieniu do właściwości asfaltu. Również proces starzenia krótkoterminowego istotnie wpłynął na wartości oznaczonych cech asfaltu. Najwyższe tempo zmian po procesie starzenia krótkoterminowego zanotowano w przypadku zastosowania asfaltów naturalnych. Wykazane badania pozwoliły stwierdzić, że najkorzystniejszym modyfikatorem asfaltu 35/50 jest wosk syntetyczny oraz środek adhezyjny. Należy się spodziewać, że pozwalają one zapewnić trwałość mieszanki mineralno asfaltowej wytwarzanej w obniżonej temperaturze.

**Słowa kluczowe:** proces starzenia, modyfikacja asfaltu, porównania wielokrotne, WMA

## 1. Wprowadzenie

Starzenie mieszanek mineralno-asfaltowych to proces zmian właściwości fizycznych i mechanicznych asfaltu [1]. Zjawisko to ma miejsce podczas produkcji, przechowywania, transportu i wbudowywania mieszanki mineralno-asfaltowej. Dodatkowo proces starzenia asfaltu jest kontynuowany przez okres eksploatacji nawierzchni. Efektem starzenia jest wzrost sztywności lepszca wraz z obniżeniem jego części plastycznej co doprowadza do wzrostu kruchości asfaltu w niskich temperaturach i zmniejszenia jego odporności na oddziałujące czynniki klimatyczne[3].

Proces starzenia mieszanek mineralno-asfaltowych jest procesem złożonym. Zasadniczo można wyróżnić dwa etapy [2].

- starzenie krótkotrwałe, występuje podczas wytwarzania, transportu i układania. Ten etap cechuje się dużą dynamiką z uwagi na obecność wysokiej temperatury.

- starzenie długotrwałe, zachodzi podczas eksploatacji nawierzchni. Ten etap cechuje się niską dynamiką. Efekt temperaturowy jest niewielki jednak znacznie ważniejsze znaczenie mają czynniki klimatyczne.

Głównymi czynnikami wywołującymi efekt starzenia asfaltu w mieszance mineralno-asfaltowej są [3] oddziaływanie tlenu reagującego ze składnikami asfaltu, odparowywanie lżejszych składników asfaltu oraz fizyczne twardnienie.

Mieszanki w technologii WMA (ang. Warm Mix Asphalt) czyli mieszanki w technologii “na ciepło” są wbudowywane w temperaturze w przedziale od 100°C do 140°C. Do ich wytworzenia stosuje się różne techniki oraz środki chemiczne. Na świecie stosowane są różne domieszki pochodzenia organicznego (SASOBIT)[13], mineralnego (Zeolit), czy dodatków chemicznych (aminy kwasów tłuszczowych) [11]. Również wykorzystywany jest proces spieniania, lub zastosowanie asfaltu fluorowanego związkami estrów kwasów tłuszczowych z dodatkiem sykatyw (w celu kontrolowania procesu utlenienia)[4].

Proces starzenia najbardziej zdominowany jest przez wysoką temperaturę. Z faktu, że temperatura produkcji mieszanek WMA jest niższa niż temperatura 140°C to proces utleniania będzie znacząco zredukowany w stosunku do mieszanek tradycyjnie produkowanych, według WT-2/2010, w temperaturach od 140°C do 180°C (w odniesieniu do warstw ścieralnych). Jednak nie oznacza to, że proces utleniania asfaltu w temperaturach poniżej 140°C nie zachodzi. W związku z tym dla ustalenia poziomu wpływu procesu starzenia w interakcji z zastosowanym modyfikatorem wykorzystano metodykę symulacji starzenia według metody RTFOT. Z uwagi na temperaturę kondycjonowania wynoszącą 163°C proces starzenia, dla celów poznawczych, będzie znacząco przyspieszony. Tym samym różnice właściwości asfaltu w połączeniu z obecnością danego modyfikatora będą uwydatnione.

## 2. Materiały

### 2.1 Asfalt

W badaniach wykorzystano, niepoddany procesowi starzenia, asfalt o penetracji 35/50 pochodzący z petrochemii Płock. Wybór asfaltu związany był z uzyskaniem balansu pomiędzy tempem starzenia asfaltu referencyjnego oraz zmianami zachodzącymi w trakcie starzenia w dodawanych modyfikatorach. Z faktu, że asfalt 35/50 odznacza się dużą ilością asfaltenów to interakcja pomiędzy reakcjami konwersji w asfalcie i dodanymi modyfikatorami będzie mała. Ponadto każda zmiana ilości modyfikatora wywoła stosunkowo szybką zmianę w trakcie oznaczenia danej cechy asfaltu.

### 2.2 Modyfikatory

W procesie modyfikacji wykorzystano cztery rodzaje modyfikatorów wpływających odmiennie na właściwości asfaltu bazowego. W badaniach wykorzystano następujące rodzaje modyfikatorów:

- wosk syntetyczny uzyskiwany w procesie syntezy Fischera-Tropcha,
- środek powierzchniowo czynny THPP (tetra-hydro-pirymidian propylu),
- asfalt naturalny Gilsonit,
- asfalt naturalny Trynidad.

Do modyfikacji asfaltów drogą aplikacji asfaltu naturalnego wykorzystano dodatki Trynidad Epure oraz Gilsonit. Dodatek tego typu asfaltu zawierającego dużą ilość wysokocząsteczkowych asfaltenów zmienia właściwości reologiczne asfaltu – znacznie zmniejsza penetrację oraz podwyższa temperaturę mięknięcia, tym samym wydłużając przedział plastyczności lepiszcza oraz zmniejszając jego wrażliwość termiczną [6,14]. Zastosowanie tego typu asfaltów wiąże się z potrzebą instalacji dodatkowego urządzenia, które doprowadzi asfalt naturalny do postaci cieczy i zapewni właściwe wymieszanie z asfaltem bazowym[3].

Dodanie środka powierzchniowo-czynnego skupia się zasadniczo na obniżeniu napięcia powierzchniowego na granicy fazy kruszywo-asfalt. Dzięki swojej asymetryczno-polarnej budowie element hydrofilowy zwrócony jest w kierunku kruszywa natomiast hydrofobowy jest rozpuszczony w asfalcie [4][5]. W związku z tym, że następuje polepszenie zwilżenia powierzchni kruszywa możliwe jest poprawne otoczenie w temperaturze około 120°C [7].

Ostatnim, wykorzystanym w badaniach modyfikatorem, był wosk mikrokrystaliczny pochodzący z syntezy Fishera-Tropscha. Jego budowa różni się od naturalnych wosków parafinowych w asfalcie, w związku z tym odmiennie oddziałuje na asfalt bazowy oraz zawarte w jego składzie parafiny [8]. Woski F-T krystalizują jak struktury mikro-krystaliczne zbudowane z cząsteczek o dużej liczbie atomów dochodzącej do 100 [9]. Dzięki swojej morfologii istotnie oddziałują na właściwości reologiczne asfaltu oraz podwyższają lepkość dynamiczną lepiszcza w zakresie temperatur poniżej 100 °C tym samym zwiększając temperaturę jego mięknięcia. Ich obecność przypomina wpływ bardzo drobnego wypełniacza. Natomiast w temperaturze powyżej 100 °C woski syntetyczne F-T gwałtownie obniżają lepkość asfaltu dając możliwość obniżenia temperatury zagęszczania mieszanki mineralno-asfaltowej o około 30°C.

### **3. Metodyka badawcza**

#### **3.1 Przygotowanie mieszaniny asfaltu i modyfikatora**

Asfalt 35/50 został poddany modyfikacji czterema rodzajami dodatków. Modyfikator w postaci wosku syntetycznego został dozowany w ilości od 0% do 3,5% ze zróżnicowaniem co 0,5% w stosunku do masy asfaltu. Dodatek związku obniżającego napięcie powierzchniowe w ilości od 0% do 0,6% z krokiem 0,1%. Natomiast dodatek asfaltu naturalnego Gilsonit oraz Trynidad w ilości od 0% do 20% z krokiem 5%. Proces przygotowania obejmował wydzielenie próbki asfaltu, dla każdego poziomu dozowania, w ilości 300g. Następnie próbka została podgrzana do temperatury co najmniej 155°C zależnie od przewidywanej temperatury mięknięcia asfaltu z ustaloną zawartością modyfikatora. Zadana temperatura była utrzymana przez 30min. Kolejny etap polegał na wymieszaniu asfaltu oraz modyfikatora w celu zwiększenia ich jednorodności i obejmował mieszanie w blenderze przy zachowaniu stałej temperatury przy 300 obr/min. Ocena jakości wykonano zgodnie z EN 12594:2004 oraz na podstawie [10].

#### **3.2 Podstawowe cechy asfaltu modyfikowanego**

Podstawowe właściwości asfaltu stanowiły element rozpoznawczy wpływu wybranych modyfikatorów na właściwości asfaltu 35/50. W zakres badań pod-



stawowych wchodziły: penetracja według PN-EN 1426, temperatura mięknienia według PN-EN 1427 oraz temperatura łamliwości według Fraassa PN-EN 12593.

### 3.3 Starzenie krótkoterminowe

Badanie odporności na starzenie pod wpływem ciepła i powietrza metodą RTFOT (Rolling Thin Film Oven Test – metoda cienkiej wirowanej warstwy) zostało wykonane według PN-EN12607-1. Badanie według metody RTFOT wymagało spełnienia kilku warunków: masa próbki w pojemniku:  $35,0 \pm 0,5$  g, temperatura:  $163 \pm 1^\circ\text{C}$ , czas badania:  $75 \pm 1$  min., prędkość obrotowa tarczy:  $15,0 \pm 0,2$  obr./min., prędkość przepływu powietrza:  $4,0 \pm 0,2$  l/min. Po osiągnięciu przez suszarkę wymaganej temperatury badania, pojemniki szklane zawierające asfalt umieszcza się w obrotowej tarczy tak, aby była ona zrównoważona. W czasie badania pojemniki znajdują się w ruchu i poddawane są oddziaływaniu gorącego powietrza. Całkowity czas kondycjonowania wynosi 75 minut i symuluje warunki oddziaływania procesu utleniania asfaltu w trakcie produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej.

## 4. Wyniki i rezultaty badań

### 4.1 Wielowymiarowa analiza wariancji

Ocena wpływu procesu starzenia krótkoterminowego nie mogła zostać wykonana bez rozpatrzenia wpływu innych czynników towarzyszących. Oprócz analizy wpływu procesu starzenia zarejestrowano oddziaływanie czynnika „rodzaju modyfikatora” oraz jego „ilości”. Każdy z tych czynników posiadał swoisty wkład w wyjaśnienie zmienności jaką wywołały wyniki eksperymentalne właściwości asfaltu. Poziom swoistego wkładu danego czynnika (np.: “starzenie”) w wyjaśnienie zmienności zmiennej objaśnianej (Penetracja, temperatura mięknienia, temperatura Fraassa) jest odpowiedzialna charakterystyka MS (ang. *Mean Square*) określona dla każdej analizy jednowymiarowej (dla każdej zmiennej objaśnianej osobno). Ponadto w celu balansu pomiędzy ilością możliwych do estymacji czynników w stosunku do ilości prób badawczych w analizie wyodrębniono dodatkową zmienność wywołaną interakcją pomiędzy procesem starzenia i rodzajem modyfikatora. Ogół informacji wynikający z oceny interakcji tych dwóch czynników umożliwił szersze zestawienie rodzaju modyfikatora względem procesu starzenia starzenie a mianowicie układu (nie starzony, RTFOR)\* modyfikator (Gilsonit, THPP, synthetic wax, Trynidad). Jest to cenna informacja, wynikająca z procesu dekompozycji całkowitej wariancji, wyodrębniona w procesie klasyfikacji wieloczynnikowej.

W związku z tym ostatecznie wyodrębniono do analizy cztery czynniki: rodzaj modyfikatora (modyfikator), ilość modyfikatora (ilość), etap starzenia (starzenie) oraz interakcję pomiędzy etapem starzenia i rodzajem modyfikatora (starzenie x modyfikator). W wyniku tego udało się uzyskać porównywalny niski poziom losowego błędu doświadczalnego. Poziom tego błędu jest określany w procesie analizy wariancji jednowymiarowej czyli dla wszystkich czynników ale dla każdego parametru osobno. Jest on oznaczony jako  $MS_{\text{bład}}$  (ang. Mean squared error). Wartość tego błędu stanowi podstawę wykonania testów porównań wielokrotnych jako zasadniczy element określenia przedziałów nieistotnych różnic. Fakt ten znacznie podniesie czułość zastosowanych testów post-hoc związanych z wyodrębnieniem różnicowań pomiędzy poziomami badanych czynników. Należy pamiętać,

że testy post-hoc takie jak test Tukeya są wykonywane po przeprowadzeniu analizy wariancji dla danej zmiennej niezależnej. Ocena różnic nieistotnych (NIR) zależy od poziomu  $MS_{\text{bład}}$  uzyskanego po analizie wariancji. Wstępną możliwość oceny co najmniej dwóch czynników przy kontrolowaniu wielu zmiennych eksperymentalnych (Penetracja,  $T_{\text{PIK}}$  oraz temperatura łamliwości) umożliwia test Lambda-Wilksa według MANOVA (*ang. Multivariate Analysis of Variance*) [13]. Wyniki analizy przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wielowymiarowa analiza wariancji.

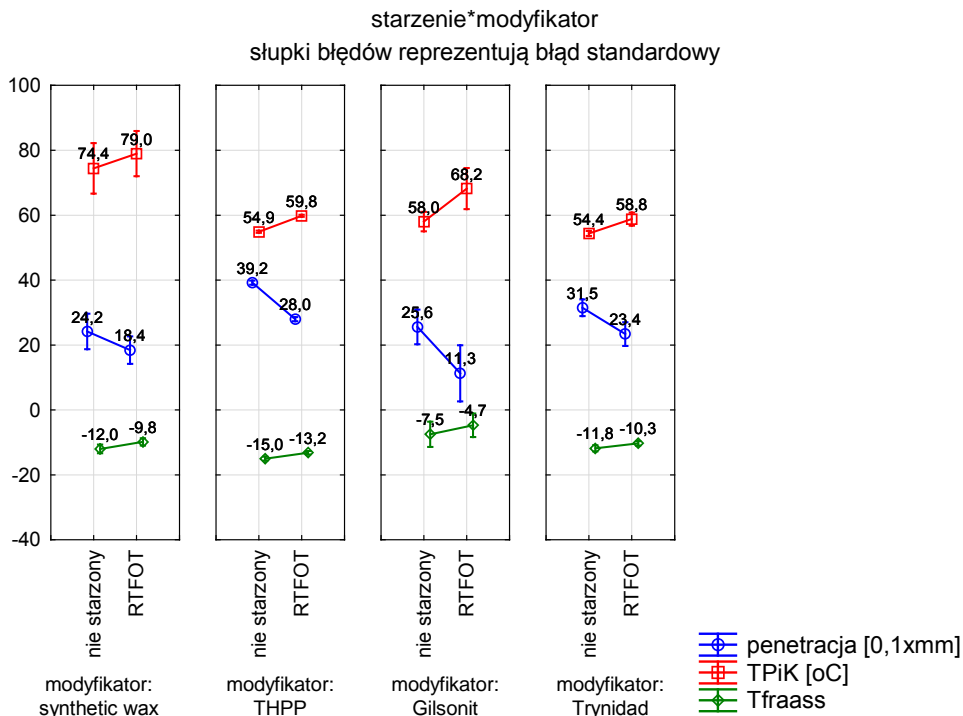
Czynnik	Wielowymiarowe testy istotności Parametryzacja z sigma-ograniczeniami Dekompozycja efektywnych hipotez			
	Test	Wartość	F	p-wartość
Wyraz wolny	Wilks	0,000498	42800,24	0,000000
starzenie	Wilks	0,185141	93,89	0,000000
modyfikator	Wilks	0,277024	12,03	0,000000
Ilość	Wilks	0,014443	14,40	0,000000
starzenie*modyfikator	Wilks	0,507485	5,57	0,000001

Wyniki analizy wskazują na istotny wpływ poziomu analizowanych czynników na oznaczone parametry. Wszystkie czynniki wykazują wysoce istotny wpływ na zróżnicowanie wektorów średnich dla cech: Penetracja,  $T_{\text{PIK}}$  oraz temperatura łamliwości. Należy również stwierdzić, że zmiana w odniesieniu do penetracji, temperatury mięknięcia oraz temperatury Fraassa próbek asfaltu będzie różna na różnych poziomach wyodrębnionych czynników. W związku z tym sensownym okazuje się być dokonanie analizy istotności wpływu danych czynników na każdy z parametrów. Na pytanie, które z tych różnic są istotne można odpowiedzieć po przeprowadzeniu testów jednowymiarowych osobno dla każdej zmiennej zależnej.

#### 4.2 Wpływ wybranych czynników na zmiany właściwości asfaltu

W celu uogólnienia wpływu poszczególnych czynników na parametry asfaltu w pierwszej kolejności wykorzystano wykres interakcji pomiędzy rodzajem modyfikatora i procesem starzenia. Zastosowanie tego typu wizualizacji sprawia, że możliwe jest spojrzenie w sposób kompleksowy na poziomy zmian danej cechy względem zastosowanego grupowania. Ponadto za pomocą jednego wykresu można uchwycić poziom trendu zmian danej cechy dla różnych modyfikatorów względem np.: procesu starzenia. Wyniki takiej analizy przedstawiono na rysunku 1.





Rys. 1. Wykres interakcji czynników: rodzaj modyfikatora i etap starzenia.

Słupki błędów odzwierciedlają poziom zmienności, stosując charakterystykę błędu standardowego, dla danego modyfikatora względem procesu starzenia w asfalcie 35/50. Wartość takiej charakterystyki zawiera ogół wyników wszystkich przypadków dozowania danego modyfikatora w asfalcie (czynnik ilość). Dzięki temu łatwo zauważyć, który modyfikator asfaltu intensywnie zmienia właściwości normowe lepiszcza. W przypadku wosku syntetycznego zakres dozowania od 0,5% do 3,5% wywołał duże zróżnicowanie w obrębie analizowanych parametrów asfaltu. Natomiast dodatek THPP bardzo niewielkie. Dokonując analizy wykresu należy zwrócić uwagę, że proces starzenia wywołał dynamiczne zmiany w ocenie parametrów asfaltu takich jak penetracja oraz temperatura mięknięcia przy zastosowaniu asfaltów naturalnych. Pomimo niższego poziomu wyjściowego temperatury mięknięcia, w stosunku do asfaltu modyfikowanego woskiem syntetycznym, dodanie asfaltu naturalnego podniosło znacząco poziom wspomnianej temperatury mięknięcia. Fakt ten mógł być związany z nadmierną koncentracją micel asfaltenowych w składzie lepiszcza. W odniesieniu do asfaltu modyfikowanego środkiem adhezyjnym wpływ procesu starzenia był marginalny. Przy czym dodatek THPP nieznacznie obniżył sztywność wyjściową asfaltu 35/50. W związku z brakiem możliwości jednoznacznego rozstrzygnięcia siły wpływu poszczególnych czynników na cechy asfaltu należy dokonać analizy poszczególnych parametrów asfaltu w obrębie czynników postępując się analizą wariancji.

Penetracja była pierwszym parametrem poddanym analizie. Ocena konsystencji w temperaturze 25°C wskazuje na zachowanie się materiału w średnich temperaturach eksploatacyjnych. Wzrost masy cząsteczkowej oraz kondensacja węglowodorów aromatycznych znajdzie odzwierciedlenie w oporze jaki musi pokonać igła penetrometru w trakcie pomiaru. Wyniki oceny istotności wpływu rozważanych czynników na cechę penetracja przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Analiza wariancji cechy - penetracja.

Czynnik	Jednowymiarowe testy istotności Parametryzacja z sigma-ograniczeniami Dekompozycja efektywnych hipotez			
	penetracja [0,1xmm] SS*	penetracja [0,1xmm] MSbłąd**	penetracja [0,1xmm] F***	penetracja [0,1xmm] p-wartość****
Wyraz wolny	26329,60	26329,60	3275,111	0,000000
starzenie	2114,17	2114,17	262,979	0,000000
modyfikator	813,61	271,20	33,735	0,000000
Ilość	2965,87	211,85	26,352	0,000000
starzenie*modyfikator	226,16	75,39	9,377	0,000030
błąd	530,59	8,04		

\* SS - sum of squares (suma kwadratów odchyleń od średniej);

\*\*MS<sub>błąd</sub> - mean squared error (błąd średniokwadratowy - estymator reszt, błąd losowy);

\*\*\*F - statystyka Fishera dla ilorazu  $MSE_{\text{efekt}}/MS_{\text{błąd}}$ ;

\*\*\*\*p-wartość - w analizie danych prawdopodobieństwo, że uzyskalibyśmy takie jak faktycznie obserwujemy, lub bardziej oddalone od zera wartości pewnej statystyki (np. różnicy średnich), przy założeniu że hipoteza zerowa jest spełniona.

Należy zwrócić uwagę że wszystkie czynniki wywołały istotny wpływ na poziom zmienności cechy penetracja (p-wartość < a=0,05). W związku z tym należy się spodziewać co najmniej dwóch istotnie statystycznie różniących się od siebie poziomów czynników. W związku z tym do dalszej analizy wykorzystano porównanie wielokrotne grup interakcyjnych pomiędzy poziomami starzenia i rodzajem modyfikatora. Wyniki porównań wielokrotnych grup na poziomie istotności 0,05 wykorzystując test Tukeya przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Test porównań wielokrotnych interakcji dla parametru penetracja.

Nr podklasy	Tukey HSD test; MS <sub>błąd</sub> = 8,04, alpha = ,05000											
	starzenie	modyfikator	penetracja [0,1xmm] błąd standardowy	penetracja [0,1xmm] -95,00%	penetracja [0,1xmm] +95,00%	penetracja [0,1xmm] średnia	1	2	3	4	5	6
7	RTFOT	Gilsonit	3,1	4,7	18,0	11,3				****		
5	RTFOT	synthetic wax	1,5	14,9	21,4	18,4					****	
8	RTFOT	Trynidad	1,3	20,7	26,1	23,4	****					
1	nie starzony	synthetic wax	2,0	19,8	28,1	24,1	****					
3	nie starzony	Gilsonit	1,9	21,5	29,6	25,6	****	****				
6	RTFOT	THPP	0,2	27,4	28,3	27,9		****	****			
4	nie starzony	Trynidad	0,9	29,3	33,2	31,5			****			
2	nie starzony	THPP	0,3	38,6	39,9	39,2						****

Wynik błędu standardowego jest zgony z zakresem słupków błędów na rysunku 1, w tym przypadku, dla penetracji asfaltu. Natomiast poziom ufności stanowi 95% przedział ufności dla jego średniej. W zakresie zmienności zawarte są wszystkie przypadki modyfikacji asfaltu względem danego rodzaju modyfikatora. W analizie Tykeya jako poziom rozstępu, określającego poziom różnic nieistotnych, wykorzystujemy wartość MS<sub>błąd</sub> z analizy wariancji wynoszący [0,1xmm]. Dla poziomu zmienności tego parametru, w przypadku tego parametru jak i kolejnych stosownie do wyniku analizy wariancji, został ustalony poziom najmniejszej istotnej różnicy (NIR) średnich będącej podstawą zaszeregowania przypadku interakcji do danej grupy (tabela 3). Poziom nieistotnej różnicy określono według wzoru:

$$NIR = q_{\alpha,k,N-k} \sqrt{\frac{MS_{błąd}}{n}}$$

gdzie: - kwantyl rozkładu studentyzowanego rozstępu, N-k, k stopnie swobody, k - liczba średnich, n - liczebność grup (poziom zmiennej niezależnej).

Wyniki zróżnicowania zostały zaszeregowane w zakresie 6 grup. Oznaczenie „\*\*\*\*” wskazuje rodzaj przypadku należącego do danej grupy, czyli innymi słowy różnice pomiędzy średnimi wyników parametrów oznaczone w danej grupie nie różnią się istotnie. Natomiast kolumny grup zawierające tylko jeden przypadek sugerują całkowite zróżnicowanie danego przypadku względem pozostałych. W związku z tym wyniki testu Tukeya wskazują, że w zbiorze wyników istnieją zasadniczo trzy grupy o nieistotnym statystycznie zróżnicowaniu. Pierwszą grupę obejmują podklasy 8-1-3. Sugeruje to, że nie istnieje zróżnicowanie w ocenie parametru penetracja dla asfaltu zmodyfikowanego Gilsonitem oraz woskiem syntetycznym przed procesem starzenia a asfaltem zmodyfikowanym Trynidadem po procesie starzenia. Należy pamiętać, że w odróżnieniu do asfaltów naturalnych

wosk syntetyczny upłynnia asfalt w temperaturach powyżej 115°C. Ponadto nie zauważono zróżnicowania pomiędzy asfaltem modyfikowanym środkiem THPP po starzeniu i asfaltem modyfikowanym środkami: Gilsonit i Trynidad przed procesem starzenia (kombinacje 3-6 oraz 6-4). Wskazuje to na fakt, że dodanie naturalnych asfaltów do lepizcza referencyjnego wstępnie obniża jego penetrację i sztywność.

Kolejnym rozważanym parametrem była temperatura mięknięcia. Parametr ten symbolizuje przybliżoną granicę przejścia zachowania asfaltu z modelu cieczy lepko-sprężystej do cieczy o zachowaniu newtonowskim, czyli nie zależnej od prędkości ścinania (szybkość ścięcia przez kulę). Wyniki oceny istotności wpływu rozważanych czynników na poziom cechy temperatury mięknięcia ( $T_{PK}$ ) przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Analiza wariancji cechy - temperatura mięknięcia.

Czynnik	Jednowymiarowe testy istotności Parametryzacja z sigma-ograniczeniami Dekompozycja efektywnych hipotez			
	$T_{PK}$ [°C] SS	$T_{PK}$ [°C] MS	$T_{PK}$ [°C] F	$T_{PK}$ [°C] p - wartość
Wyraz wolny	182114,6	182114,6	33367,56	0,000000
starzenie	790,7	790,7	144,87	0,000000
modyfikator	447,3	149,1	27,32	0,000000
ilość	3563,9	254,6	46,64	0,000000
starzenie* modyfikator	118,8	39,6	7,26	0,000280
błąd	360,2	5,5		

W przypadku tego parametru, podobnie jak w przypadku analizy penetracji, wszystkie czynniki wpłynęły istotnie na zmiany temperatury mięknięcia (p-wartość < 0,05). Największy udział w wyjaśnieniu zmienności względem średniego błędu kwadratowego (MS) miały: starzenie oraz ilość modyfikatora. Dużą siłą wpływu odznaczał się również rodzaj modyfikatora. W związku z tym do dalszej analizy wykorzystano porównanie wielokrotne grup interakcyjnych pomiędzy poziomami starzenia i rodzajem modyfikatora. Wyniki porównań wielokrotnych grup na poziomie istotności 0,05 wykorzystując test Tukeya przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Test porównań wielokrotnych interakcji dla parametru temperatura mięknięcia.

Nr pod-kl.	Tukey HSD test; MS <sub>błąd</sub> = 5,4578, alpha = ,05000											
	starzenie	modyfikator	starzenie	$T_{PK}$ [°C] błąd standardowy	$T_{PK}$ [°C] -95,00%	$T_{PK}$ [°C] +95,00%	1	2	3	4	5	6
4	nie starzony	Trynidad	54,3	0,3	53,6	55,1		****				
2	nie starzony	THPP	54,9	0,1	54,6	55,2		****	****			

Nr pod-kl.	Tukey HSD test; $MS_{\text{błęd}} = 5,4578$ , $\alpha = ,05000$											
	starzenie	modyfikator	starzenie	$T_{\text{PIK}} [^{\circ}\text{C}]$ błąd standardowy	$T_{\text{PIK}} [^{\circ}\text{C}]$ -95,00%	$T_{\text{PIK}} [^{\circ}\text{C}]$ +95,00%	1	2	3	4	5	6
3	nie starzony	Gilsonit	58,0	1,3	55,0	61,0	****		****			
8	RTFOT	Trynidad	58,8	0,9	56,8	60,8	****					
6	RTFOT	THPP	59,8	0,1	59,5	60,2	****					
7	RTFOT	Gilsonit	68,2	2,8	61,9	74,5				****		
1	nie starzony	synthetic wax	74,4	3,5	66,6	82,2					****	
5	RTFOT	synthetic wax	78,9	3,2	72,0	85,9						****

W odniesieniu do zmian temperatury mięknięcia nie zauważono istotnych różnic w ocenie grup interakcyjnych 4-2 oraz 2-3. Wskazuje to na fakt małego zróżnicowania pomiędzy asfaltem niepoddanym procesowi starzenia zmodyfikowanym asfaltami naturalnymi i środkiem THPP. Ponadto proces starzenia przebiegł podobnie, w ocenie parametru  $T_{\text{PIK}}$ , po procesie starzenia pomiędzy asfaltem modyfikowanym Trynidadem i środkiem THPP (podklasy 3-8-6). W odniesieniu do asfaltu modyfikowanego woskiem syntetycznym proces starzenia wywołał istotny statystycznie średnio około 4,5°C wzrost temperatury mięknięcia (podobnie jak w przypadku modyfikacji asfaltu środkiem THPP), podczas gdy dodatek Gilsonit wywołał wzrost temperatury mięknięcia po procesie starzenia aż około 10°C.

Ostatnim rozważanym parametrem była temperatura łamliwości według Fraassa. Jest to parametr określający przybliżoną temperaturę przejścia asfaltu w stan odpowiadający modelowi krucho-sprężystemu. Parametr ten sugeruje również kruchość lepszą w niskich temperaturach. Niedobór peptyzantów w asfalcie jednoznacznie spowoduje podwyższenie temperatury łamliwości i zwiększy podatność mieszanki na spękania niskotemperaturowe. Wyniki analizy wariancji dla cechy temperatura łamliwości przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Analiza wariancji cechy - temperatura łamliwości wg Fraassa.

Czynnik	Jednowymiarowe testy istotności Parametryzacja z sigma-ograniczeniami Dekompozycja efektywnych hipotez			
	TFraass [0,1xmm] SS	TFraass [0,1xmm] MS	TFraass [0,1xmm] F	TFraass [0,1xmm] p-wartość
Wyraz wolny	4993,556	4993,556	1680,932	0,000000
starzenie	93,941	93,941	31,622	0,000000
modyfikator	249,025	83,008	27,942	0,000000
Ilość	423,567	30,255	10,184	0,000000
starzenie*modyfikator	4,681	1,560	0,525	0,666457
błąd	196,067	2,971		

W odniesieniu do temperatury łamliwości nie można przyjąć, że efekt interakcji pomiędzy starzeniem a rodzajem modyfikatora jest istotny na poziomie ufności 0,05 (p-wartość = 0,66). Udział w wyjaśnieniu zmienności względem średniego błędu kwadratowego (MS) był porównywalny dla wszystkich czynników poza interakcją pomiędzy nimi. Fakt ten może być związany z dużą tolerancją odczytu wynoszącą  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Dlatego też wyniki oznaczenia według tej metody są związane z dużym błędem odczytu. Z faktu, że średni błąd odczytu wynosi około  $3^{\circ}\text{C}$  ( $MS_{\text{bład}} = 2,9707$ ) to czułość analizy testem Tukeya wydaje się być dostateczna. Wyniki porównań wielokrotnych grup na poziomie istotności 0,05 wykorzystując test Tukeya przedstawiono w tabeli 7.

Tabela 7. Test porównań wielokrotnych interakcji dla parametru temperatura łamliwości.

Nr podk-lasy	Tukey HSD test; $MS_{\text{bład}} = 2,9707$ , $\alpha = ,05000$											
	starze-nie	modyfi-kator	starze-nie	TFraass Błąd standar-dowy	TFraass -95,00%	TFraass +95,00%	1	2	3	4	5	6
2	nie sta-rzony	THPP	54,3	-15,00	0,2	-15,4		****				
6	RTFOT	THPP	54,9	-13,22	0,2	-13,7		****	****			
1	nie sta-rzony	synthetic wax	58,0	-12,06	0,5	-13,1	****		****			
4	nie sta-rzony	Trynidad	58,8	-11,67	0,3	-12,4	****					
8	RTFOT	Trynidad	59,8	-10,60	0,3	-11,2	****					
5	RTFOT	synthetic wax	68,2	-9,83	0,4	-10,6				****		
3	nie sta-rzony	Gilsonit	74,4	-7,27	1,4	-10,2					****	
7	RTFOT	Gilsonit	78,9	-5,00	1,3	-7,8						****

Wyniki analizy wskazują, że nie istnieje istotne statystycznie zróżnicowanie temperatury łamliwości względem procesu starzenia. Jedynie w przypadku dodania do asfaltu 35/50 asfaltu naturalnego Gilsonit wzrost temperatury łamliwości okazał się istotny. Najniższy poziom temperatury łamliwości osiągnął asfalt modyfikowany środkiem THPP, natomiast dodatek Trynidad i wosk syntetyczny doprowadziły asfalt wyjściowy do podobnego poziomu temperatury łamliwości. Pomimo wzrostu sztywności asfalt modyfikowany dodatkiem Gilsonit nie powinien być stosowany do mieszanek na ciepło z uwagi na wysoką temperaturę łamliwości. W sytuacji zastosowania spieniania w celu obniżenia lepkości jego podatność na spękania niskotemperaturowe będzie wysoka.

## 5. Wnioski

Dokonując analizy wyników badań asfaltu 35/50 modyfikowanego różnymi dodatkami można sformułować następujące wnioski:

- wszystkie dodatki, oprócz THPP, w istotny sposób spowodowały wzrost sztywności asfaltu 35/50 nie poddanego starzeniu,
- wszystkie czynniki, w różnym stopniu intensywności, wpłynęły na zmiany

parametrów asfaltu takich jak: penetracja, temperatura mięknięcia oraz temperatura łamliwości,

- największym wpływem w ujęciu procesu starzenia na sztywność asfaltu odznaczyły się dodatki Gilsonit oraz Trynidad;
- wosk syntetyczny F-T pomimo podniesienia parametrów bazowych asfaltu nie spowodował wzrostu dynamiki zmian poziomu rozważanych parametrów asfaltu 35/50 w porównaniu do modyfikacji asfaltu asfaltami naturalnymi,
- asfalt modyfikowany środkiem THPP uzyskuje poziom sztywności asfaltu z dodatkiem asfaltów naturalnych po procesie starzenia,
- zarówno dodatek środka THPP oraz wosku syntetycznego wywołały podobny poziom zmian w ocenie penetracji i temperatury mięknięcia po RTFOT. Modyfikacja asfaltu asfaltami naturalnymi wywołała duże zmiany rozważanych właściwości lepsza po procesie starzenia.
- w przypadku temperatury łamliwości tylko dodatek Gilsonit wywołał istotny wzrost tego parametru. W związku z tym jego aplikacja nawet po procesie spienienia wyklucza go z zastosowania,
- nieznaczne zmiany po procesie starzenia asfaltu ze środkiem THPP oraz wzrost sztywności asfaltu 35/50 bez znaczącego podniesienia poziomu łamliwości asfaltu z dodatkiem wosku syntetycznego wskazują, że tego typu dodatki mogą zapewnić trwałość mieszanki mineralno-asfaltowej w technologii WMA.

### Literatura:

- [1] Judycki J, Jaskuła P., *Wpływ starzenia i oddziaływania wody i mrozu na zmianę właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych*, VIII Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitetu Nauki PZITB, Krynica, 2002, s. 221-233.
- [2] Lu X., Isacson U., *Chemical and rheological evaluation of aging properties of SBS polymer modified bitumen*. Fuel, 77, 9/10, pages 961-972.
- [3] Gawel I., Kalabińska M., Piłat J. *Asfalty Drogowe* Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2001.
- [4] Stefańczyk B., Mieczkowski P., *Dodatki , katalizatory i emulgatory w mieszankach mineralno-asfaltowych* Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2010.
- [5] Nowakowski K., *The influence of the liquid low-viscosity additive (THPP) on the selected properties of the modified bitumen PMB 45/80-55*, Structure and Environment, 3/2012, vol. 4, Kielce University of Technology.
- [6] Cholewińska M., Iwański M., *Modification of petroleum road bitumen 50/70 with natural asphalt Gilsonite*, Structure and Environment, 2/2011, vol. 3, Kielce University of Technology.
- [7] Xiao F, V.S. Punith, S.N. Amir Khanian *Effects of non-foaming WMA additives on asphalt bitumens at high performance temperatures*, Fuel (94) 2012, s 144-145][ Shu Wei Goh, Mohd Rosli Mohd Hasan, Zhanping You, *Performances Evaluation of Cecabase® RT in Warm Mix Asphalt Technology*, Procedia - Social and Behavioral Sciences 96 ( 2013 ) 2782 – 2790.
- [8] Polacco G.; Filippi S.; Paci M. 2012. *Structural and rheological characterization of wax modified bitumens*, Fuel, In Press, pages 407-416.

- [9] Iwanski M., Mazurek G., *Optimization of the Synthetic Wax Content on Example of Bitumen 35/50*, Modern Building Materials, Structures and Techniques, Procedia Engineering, Volume 57, 2013, Pages 414–423.
- [10] Silva H.; Oliviera J.; Peralta J.; Zoorob S. 2010. *Optimization of warm mix asphalts using different blends of binders and synthetic paraffin wax contents*, Construction and Building Materials, 24, 1621-1631.
- [11] Jamshidi, Ali; Hamzah, Meor Othman; You, Zhanping, *Performance of Warm Mix Asphalt containing Sasobit®*: State-of-the-art Follow Journal Construction and Building Materials , Volume 38 – Jan 1, 2013.
- [12] Grabowski, W. Słowik, M. Bilski, M., *Ocena właściwości asfaltów drogowych modyfikowanych dodatkiem asfaltu naturalnego Trinidad Epuré*, Autostrady, Tom 1-2, 2011, s. 14-18.
- [13] Stanisiz, A. 2007. *Przystępny kurs statystyki*, Vol 3, Kraków: StatSoft.
- [14] Król J. B., Radziszewski P., Kowalski K., Świeżewski P., *Właściwości niskotemperaturowe lepizczy asfaltowych z dodatkiem parafin nowej generacji*, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Nr 283 Budownictwo i Inżynieria Środowiska z 59 (3/12/IV), 2012.
- [15] Danowski, M., *Application of hot mix asphalt of low-term consolidation – german experiences*, Nowości Zagranicznej Techniki Drogowej p.12-35, 196,2007.

## The properties of bitumen with different modifiers after a short-term aging process

Marek Iwański, Małgorzata Cholewińska, Grzegorz Mazurek

Politechnika Świętokrzyska  
iwanski@tu.kielce.pl, m.cholewinska@tu.kielce.pl, gmazurek@tu.kielce.pl

**Abstract:** The aim of the study was a comparative feasibility studies of the influence of modern modifiers (Trinidad , Gilsonit , synthetic wax , adhesive agent ) for incorporating them to the bituminous mixture at low temperatures production. The bitumen of penetration grade 35/50 was used as reference binder. The effect of modifiers on bitumen behaviour was assessed by means of followed properties: penetration grade, softening point temperature and the breaking point temperatures. Measurements of the above properties have been carried out before and after simulated aging according to RTFOT. Modifiers were dosed in five variants to bitumen by weight. Modification of bitumen with synthetic wax increased the level of bitumen stiffness while the use of the fatty amine did not invoke significant changes in bitumen properties (regarding neat bitumen). Short-term aging significantly influenced on characteristics of bitumen, as well. The highest bitumen change rate after aging was observed in the case of the use of natural bitumen. It was found that the most preferred modifiers to paving bitumen 35/50 were a synthetic wax and a adhesive agent. It is expected that they allow to ensure the durability of bituminous mixtures produced at reduced temperatures.

**Keywords:** aging, bitumen modification, Significant Difference test, WMA.





# **Wpływ przejeżdżających pociągów w sąsiedztwie projektowanego obiektu na obiekt oraz na przebywających w nim ludzi i urządzenia techniczne**

**Krzysztof Gnyp**

*Katedra Dróg i Mostów, Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Lubelska,  
gnypkrzysztof@gmail.com*

**Streszczenie:** Przyśpieszony rozwój miejskiej infrastruktury komunikacyjnej, a w szczególności kolejowej wymusza szukanie nowych przestrzeni pod inwestycje. Przestrzeń infrastruktury komunikacyjnej przenika się z przestrzenią użytkową (konsumpcyjną) tworząc wzajemne oddziaływania symbiotyczne. Rozwój ten niesie ze sobą wzrost oddziaływań na otaczające środowisko. W artykule przedstawiono wpływ infrastruktury kolejowej na nowo projektowany budynek handlowo – biurowo - usługowy usytuowany na estakadzie nad torem kolejowym oraz na przebywających w nim ludzi i urządzenia techniczne. Celem przeprowadzonych badań oraz analiz było uzyskanie przyśpieszeniowego spektrum odpowiedzi budowli położonej w sąsiedztwie torów, co z kolei pozwoli prognozować przebiegi czasowe drgań projektowanej budowli z wymuszeniem kinematycznym w poziomie posadowienia. Dla potrzeb obliczeń statyczno-wytrzymałościowych sprawdzono wpływ drgań podłoża gruntowego wywołanych przejazdem taboru kolejowego na dynamiczny przyrost naprężeń w konstrukcji oraz określenie współczynnika dynamicznego, a co za tym idzie uwzględnienie wzrostu i zmienności naprężeń w rozwiązaniach konstrukcyjnych. Przeprowadzenie analizy oddziaływania dynamicznego na poziomie projektowym pozwala wyeliminować wpływ obciążenia drganiami poprzez zastosowanie odpowiedniego systemu tłumiącego drgania w najbardziej optymalnym miejscu drgającego ośrodka.

**Słowa kluczowe:** dynamika, współczynnik dynamiczny, system tłumiący drgania.

## **1. Opis przedmiotu opracowania oraz cel i zakres analizy dynamicznej**

### **1.1 Przedmiot opracowania**

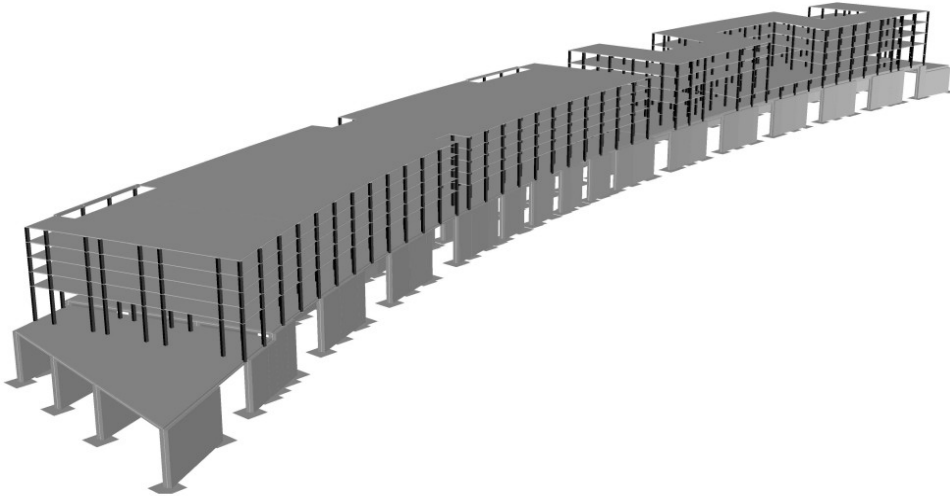
Przedmiotem opracowania jest projektowany budynek położony na linii kolejowej.

Przejazd pociągów pod obiektem zapewniony będzie poprzez układ trzech tuneli ograniczonych przez konstrukcję ścian fundamentowych oraz stropu przykrycia tunelu.

Całość projektowanego budynku podzielona jest na dwa segmenty o zróżnicowanych poziomach stropów. Konstrukcję analizowanego budynku stanowi żelbetowy układ słupowo płytowy posadowiony na ścianach szczelinowych grubości 80 cm zwieńczonych żelbetową płytą stropową o grubości 80 cm i 150 cm. Słupy nośne 60×60cm w rozstawie ~ 8.0 m po osi toru i poprzecznie do osi toru w rozstawie od 3.0 m do 9.0 m. Płyty stropowe żelbetowe grubości 25cm i 30cm.

Parametry techniczno konstrukcji projektowanego budynku uwzględnione w analizie dynamicznej [Archiwum MOVARES POLSKA Sp. z o.o]:

- Ilość kondygnacji (nad płytą stropową tunelu) 5
- Długość całkowita budynku (po osi toru środkowego) ~378,0m
- Szerokość budynku 34.0÷38.0 m
- Wysokość budynku ~30.00 m
- Wysokość kondygnacji w segmencie biurowym budynku wynosi 3.00 m
- Wysokość kondygnacji w segmencie handlowo-usługowym wynosi 3.95 m



Rys. 1. Widok ogólny projektowanego budynku [Archiwum własne].

## 1.2 Cel i zakres analizy dynamicznej

Celem opracowania jest określenie wpływu przejeżdżających w sąsiedztwie projektowanego obiektu pociągów na obiekt oraz na przebywających w nim ludzi.

Opracowanie obejmuje:

- charakterystykę geotechniczną podłoża gruntowego oraz opis projektowanej konstrukcji,
- omówienie wyników przeprowadzonych pomiarów drgań podłoża gruntowego od ruchu taboru kolejowego,
- analizę dynamiczną konstrukcji obiektu oraz ocenę wpływu drgań podłoża na budynek oraz na przebywających w nim ludzi,
- wnioski i zalecenia wynikające z przeprowadzonych badań i analiz,

## 2. Charakterystyka geotechniczna podłoża gruntowego

W badanym podłożu poniżej przypowierzchniowych warstw nasypów mineralno-gruzowych nawiercono głównie czwartorzędowe utwory plejstocenijskie wykształcone w postaci wodnolodowcowych piasków o różnej granulacji oraz żwirów i pospółek. Lokalnie nawiercono utwory organiczne w postaci torfów i namułów. Grunty organiczne zalegają bezpośrednio pod nasypami w rejonie zasypanego starego koryta rzeki. Woda gruntowa występuje w postaci zwierciadła swobodnego w gruntach niespoistych oraz napiętego przez spąg gruntów spoistych i organicznych. Zwierciadło napięte stabilizuje się w poziomie zwierciadła swobodnego. W podłożu badanego terenu zalegają grunty różniące się litologią, genezą i wartościami parametrów geotechnicznych, w związku z czym podzielono je na warstwy geotechniczne. Do każdej z warstw zaliczono grunty o podobnych właściwościach geotechnicznych. Z podziału wyłączono grunty nasypowe ze względu na skład nie odpowiadający wymaganiom budowlanym.

Wyszczególniono warstwy [Archiwum MOVARES POLSKA Sp. z o.o]:

- Warstwa Ia - wilgotne torfy
- Warstwa Ib - wilgotne namuły  $IL = 0.50$
- Warstwa IIa - wilgotne gliny piaszczyste, piaski gliniaste  $IL = 0.35$
- Warstwa IIb - wilgotne pyły, gliny piaszczyste i piaski gliniaste  $I_L = 0.20$

Grunty spoiste warstw IIa - IIb zaliczono do gruntów skonsolidowanych i morenowych nie skonsolidowanych oznaczonych w normie PN-B-80/03020 symbolem B.

- Warstwa IIIa - wilgotne i nawodnione piaski drobne i średnie lokalnie z domieszką humusu  $ID = 0.30$
- Warstwa IIIb - wilgotne i nawodnione piaski drobne, pyłaste i średnie  $ID = 0.40 \div 0.45$
- Warstwa IIIc - wilgotne i nawodnione piaski drobne, pyłaste i średnie  $ID = 0.50 \div 0.55$
- Warstwa IIId - wilgotne i nawodnione piaski drobne, pyłaste i średnie  $ID = 0.60 \div 0.65$
- Warstwa IIIe - wilgotne i nawodnione piaski drobne, średnie  $ID = 0.70 \div 0.80$
- Warstwa IV - wilgotne i nawodnione żwiry i pospółki  $I_p = 0.60$

## 3. Pomiary drgań podłoża gruntowego od ruchu taboru kolejowego.

Pomiary drgań podłoża gruntowego od ruchu taboru kolejowego w miejscu projektowanego obiektu wykonano w okolicy istniejącej kładki dla pieszych zlokalizowanej nad linią kolejową.

Badania drgań zostały wykonane w 4 punktach pomiarowych zlokalizowanych wg kolejności [9][10][11][12][13]:

- P1 - punkt zlokalizowany na podkładzie kolejowym toru obciążanego przejeżdżającym taborem kolejowym
- P2 - punkt zlokalizowany w gruncie w odległości 1.5 m od zewnętrznej szyny toru,

- P3 - punkt zlokalizowany w gruncie w odległości 3 m od zewnętrznej szyny toru,
- P4 - punkt zlokalizowany na żelbetowym fundamencie kładki dla pieszych w odległości 4 m od zewnętrznej szyny toru (4.75 m od jego osi).

Do badań użyto następującej aparatury pomiarowej [Archiwum MOVARES POLSKA Sp. z o.o]:

Tabela 1 Zestawienie aparatury pomiarowej

Nazwa aparatury	Nr rejestru R-BT/1
System pomiaru drgań PULSE typu 3560C	HiD6
Przetwornik przyspieszenia typu 4507 B 005	HiD17
Przetwornik przyspieszenia typu 4507 B 005	HiD18
Przetwornik przyspieszenia typu 4514-B	HiD12
Kalibrator drgań typu 4294	W21

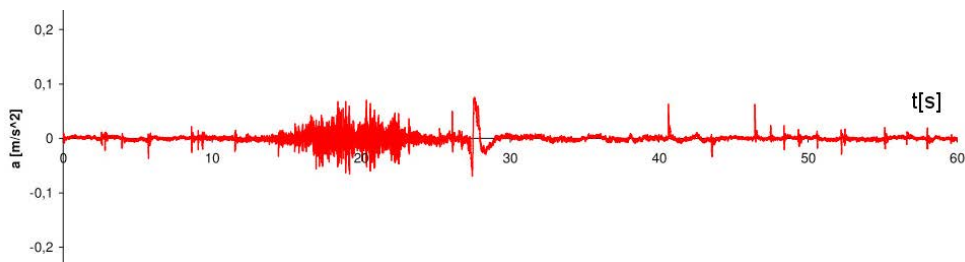
Celem przeprowadzonych badań jest uzyskanie przyśpieszeniowego spektrum odpowiedzi fundamentów budowli położonej w sąsiedztwie torów, co z kolei pozwoli prognozować przebiegi czasowe drgań projektowanej budowli z wymuszeniem kinematycznym w poziomie posadowienia. [6][12][13]

Poniżej są przedstawione wykresy i tabele z wynikami pomiarów przyśpieszeń punktu pomiarowego P4 położonego na fundamencie kładki dla pieszych.

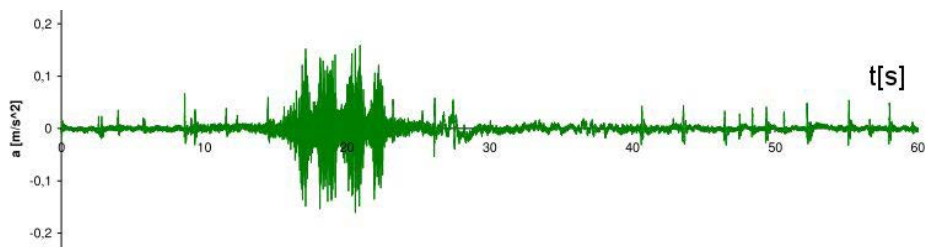
Pomiarów dokonano dla czterech przejeżdżających składów pociągów osobowych [Archiwum MOVARES POLSKA Sp. z o.o]:

- godz. 12:43 liczba wagonów 7 prędkość 25 km/h
- godz. 12:58 liczba wagonów 13 prędkość 40 km/h
- godz. 13:07 liczba wagonów 7 prędkość 40 km/h
- godz. 13:25 liczba wagonów 7 prędkość 40 km/h

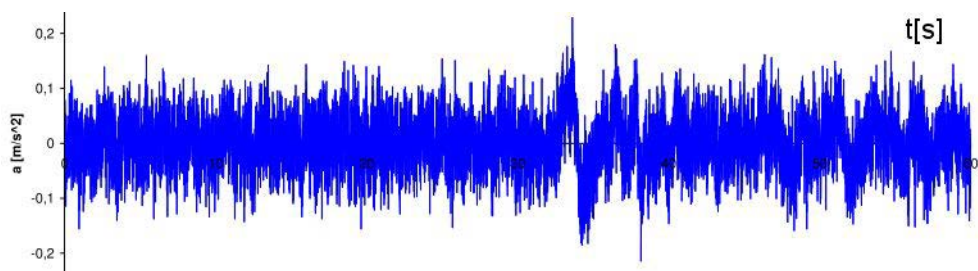
Przyjęty układ odniesienia: oś x – równoległa do osi toru, oś y – prostopadła do osi toru, oś z – oś pionowa. Na rysunkach 2 do 4 zaprezentowano przykładowe przebiegi czasowe przyspieszenia drgań wybranego zdarzenia w zakresie częstotliwości do 100 Hz dla punktu P4 [Archiwum MOVARES POLSKA Sp. z o.o]:



Rys. 2. Przebieg czasowy przyspieszenia drgań (pociąg osobowy) w osi x.

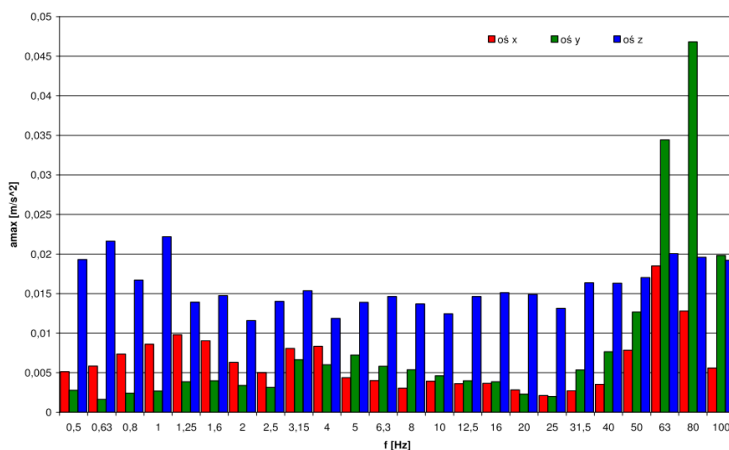


Rys. 3. Przebieg czasowy przyspieszenia drgań (pociąg osobowy) w osi y.



Rys. 4. Przebieg czasowy przyspieszenia drgań (pociąg osobowy) w osi z.

Przykładowe wyniki pomiarów maksymalnej wartości skutecznej przyspieszenia drgań w pasmach 1/3-oktawowych -  $a_{\max}$  w zakresie częstotliwości od 0,5 Hz do 100 Hz zaprezentowano na Rysunku 5 [Archiwum MOVARES POLSKA Sp. z o.o.]:



Rys. 5. Przyspieszenie drgań w pasmach 1/3-oktawowych pomiaru P43.

Dla zarejestrowanych przejazdów taboru kolejowego prędkość rozchodzenia się fali pomiędzy analizowanymi punktami pomiarowymi zlokalizowanymi w gruncie wynosi  $\sim 340$  m/s. Względna rozszerzona niepewność wyników pomiarów, U wynika, że świadectwa wzorcowania zastosowanych przetworników drgań typu i wynosi:  $U = 5\%$  w gdzie: w – wynik pomiaru.

## 4. Analiza statyczno-dynamiczna konstrukcji projektowanego obiektu

Do obliczeń wykorzystano schemat statyczny ustroju słupowo-płytowego. W analizie dynamicznej konstrukcję obciążono ciężarem własnym oraz wymuszeniem kinematycznym wyznaczonym na podstawie badań drgań podłoża gruntowego. W analizie modalnej uwzględniono obciążenie ciężarem własnym konstrukcji jako masy rozłożone [7].

Tabela 2. Przykładowe pierwsze dwadzieścia częstości drgań własnych konstrukcji [Archiwum własne].

Postać drgań własnych	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Częstość drgań własnych [Hz]	0,95	0,96	1,01	1,05	1,15	1,21	1,81	1,97	1,99	2,00	2,01	2,01	2,05	2,07	2,13	2,18	2,18	2,57	2,93	3,06

Analizę czasową przebiegu drgań przeprowadzono dla obciążenia kinematycznego wyznaczonego dla poszczególnych pasm tercjowych w zakresie od 0.5 Hz do 100 Hz.

W tabeli można zauważyć występowanie częstości drgań własnych parami [7].

W analizie czasowej wykorzystano metodę całkowania równań ruchu [8] [9] [10] [12] [13] [15]. Funkcje czasowe drgań oraz amplitudy wymuszeń przyjęto na podstawie wyników pomiarów drgań.

Ekstremalne wartości przyspieszeń drgań punktów konstrukcji wyodrębniono dla węzłów zgrupowanych w 12 pionach. Piony opisano: Pion01 - Pion12

W każdym pionie występuje sześć węzłów na sześciu poziomach (kondygnacjach budynku), kolejno idąc od dołu (płyta przekrycia tunelu) do góry (strop ostatniej kondygnacji). Poziomy opisano Po0 - Po5

## 5. Wnioski wynikające z analizy statyczno - dynamicznej

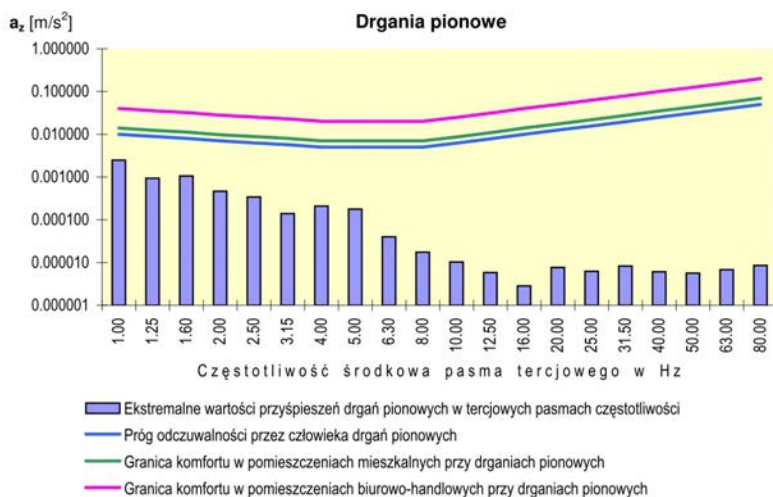
### 5.1 Wpływ drgań podłoża na ludzi przebywających w budynku

Oceny wpływu drgań podłoża na ludzi przebywających w budynku dokonano w oparciu o [2][3][4][5]. Norma określa progi odczuwalności drgań pionowych i poziomych przez człowieka dla pasm 1/3 oktaowych o częstotliwościach środkowych od 1.00 do 80.00 Hz. Podaje również granice komfortu w pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi w zależności od charakteru użytkowanych pomieszczeń.

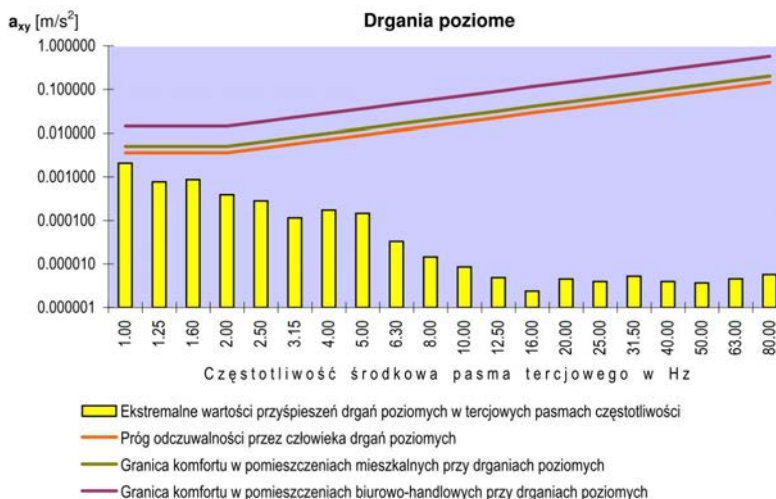
W związku z brakiem możliwości wykonania pomiarów dla pociągów przejeżdżających z prędkością 100 km/h w obliczeniach dynamicznych posłużono

się prognozą dla prędkości 100 km/h opracowaną na podstawie pomiarów, które wykonano dla przejazdów pociągów z mniejszymi prędkościami (40km/h i 60km/h). [14].

Przykładowe wyniki analizy dynamicznej konstrukcji poddanej wymuszeniu kinematycznemu od jadących z prędkością 100 km/h jedną nawą (na przeciw siebie) pociągów, przedstawiające przyśpieszenia, jakich doznają poszczególne elementy konstrukcji pokazano na rysunkach 6 i 7 [Archiwum własne].



Rys. 6. Ekstremalne wartości przyśpieszeń pionowych punktu P0 w pionie Nr 3.



Rys. 7. Ekstremalne wartości przyśpieszeń poziomych punktu P0 w pionie Nr 3.

Wyboru punktów dokonano na podstawie wyselekcjonowanych ekstremów przyśpieszeń dla poszczególnych pasm tercjowych oraz dodatkowo w innych miejscach występowania dużych wartości przyśpieszeń. Ekstremalne wartości



przyśpieszeń drgań punktów konstrukcji dla poszczególnych pasm tercjowych w płaszczyźnie pionowej i poziomej oraz wartości progów odczuwalności przez człowieka drgań pionowych i poziomych pokazuje tabela 3 [Archiwum własne].

Tabela 3. Ekstremalne wartości przyśpieszeń ( $a_{z,max}$ ,  $a_{xy,max}$ ) oraz wartości progów odczuwalności przez człowieka drgań pionowych i poziomych ( $a_{1,z}$ ,  $a_{1,xy}$ ).

f [Hz]	Węzeł	$a_{z,max}$ [m/s <sup>2</sup> ]	$a_{1,z}$ [m/s <sup>2</sup> ]	Węzeł	$a_{xy,max}$ [m/s <sup>2</sup> ]	$a_{1,xy}$ [m/s <sup>2</sup> ]
1.00	Pion04-Po5	0.006666	0.0100	<b>Pion01-Po5</b>	<b>0.004229</b>	0.0036
1.25	Pion04-Po5	0.002517	0.0089	Pion01-Po5	0.001283	0.0036
1.60	Pion04-Po5	0.002820	0.0080	Pion01-Po1	0.001440	0.0036
2.00	Pion04-Po5	0.001250	0.0070	Pion02-Po5	0.000632	0.0036
2.50	Pion04-Po0	0.001250	0.0063	Pion04-Po0	0.000473	0.0045
3.15	Pion04-Po5	0.000374	0.0057	Pion01-Po5	0.000191	0.0057
4.00	Pion04-Po5	0.000563	0.0050	Pion01-Po1	0.000293	0.0072
5.00	Pion02-Po5	0.000555	0.0050	Pion02-Po5	0.000282	0.0090
6.30	Pion04-Po5	0.000108	0.0050	Pion01-Po5	0.000055	0.0114
8.00	Pion04-Po5	0.000047	0.0050	Pion01-Po5	0.000024	0.0144
10.00	Pion04-Po5	0.000028	0.0062	Pion01-Po5	0.000014	0.0180
12.50	Pion04-Po5	0.000016	0.0078	Pion01-Po5	0.000008	0.0225
16.00	Pion04-Po5	0.000008	0.0100	Pion01-Po5	0.000004	0.0289
20.00	Pion02-Po5	0.000016	0.0125	Pion10-Po1	0.000010	0.0361
25.00	Pion02-Po5	0.000013	0.0156	Pion10-Po1	0.000008	0.0451
31.50	Pion03-Po2	0.000018	0.0197	Pion10-Po1	0.000015	0.0568
40.00	Pion03-Po2	0.000013	0.0250	Pion10-Po1	0.000010	0.0721
50.00	Pion03-Po2	0.000012	0.0313	Pion10-Po1	0.000011	0.0902
63.00	Pion03-Po2	0.000016	0.0394	Pion10-Po1	0.000012	0.1140
80.00	Pion03-Po2	0.000020	0.0500	Pion10-Po1	0.000013	0.1440

Widzimy, że tylko dla jednej częstotliwości 1.00 Hz występują przekroczenia progu odczuwalności dla drgań poziomych, a wartości przyśpieszeń spadają wraz ze wzrostem częstotliwości drgań. Jest to sytuacja uzasadniona, gdy przyjrzymy się częstotliwości drgań własnych konstrukcji. Pierwszych 20 częstotliwości drgań własnych zawiera się w przedziale od 1 do 3 Hz, świadczy to o tym że konstrukcja jest bardzo sztywna i tylko w niskich częstotliwościach (zbliżonych do częstotliwości drgań własnych) odpowiada na wymuszenie kinematyczne.

## 5.2 Wpływ drgań podłoża na konstrukcję projektowanego budynku.

Maksymalne przyśpieszenia, jakich doznają pojedyncze elementy konstrukcji są mniejsze od 0.010 m/s<sup>2</sup>. Wg [1] dla budynków do pięciu kondygnacji, których wysokość jest mniejsza od podwójnej najmniejszej szerokości przy drganiach poniżej dolnej granicy 0.025 m/s<sup>2</sup> można nie uwzględniać wpływów dynamicznych.

W ocenie wpływów dynamicznych drgań podłoża gruntowego na konstrukcję budynku wykorzystano pracę [16]. Na podstawie wykresów przemieszczeń wybranych węzłów modelu konstrukcji określono przemieszczenia dynamiczne

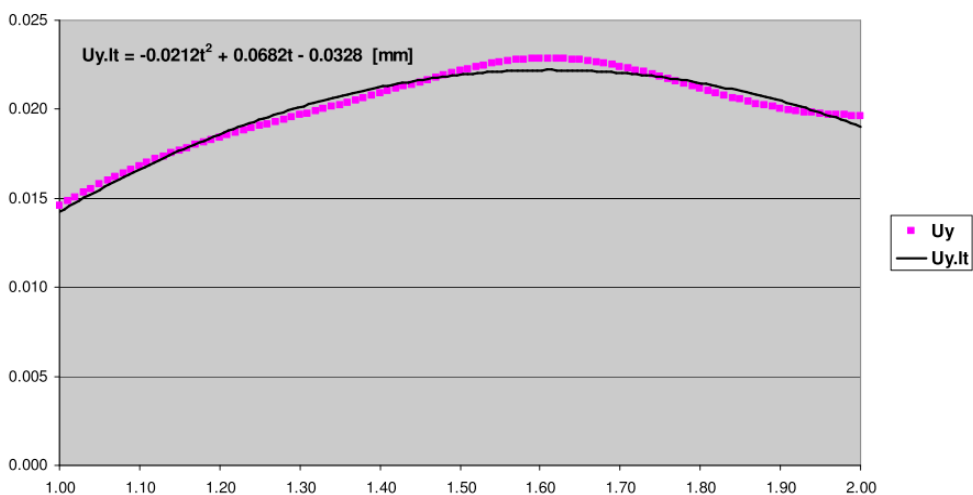
( $R_{dyn}$ ), oraz przemieszczenia statyczne ( $R_{sta}$ ). Przemieszczenia dynamiczne ( $R_{dyn}$ ) to ekstremalne wartości przemieszczeń drgającego punktu. Przemieszczenia statyczne ( $R_{sta}$ ) to wartości z wykresu opisanego funkcją wielomianu drugiego lub trzeciego stopnia (linia trendu) biegnącego pomiędzy ekstremami fali dynamicznej, w miejscu przebiegu wykresu przemieszczeń drgającego punktu, wzięte z odpowiadającej  $R_{dyn}$  chwili czasowej.

Dynamiczny współczynnik wzmocnienia (the dynamic amplification factor) opisuje wzór [16]:

$$DAF = R_{dyn} / R_{sta}$$

We wszystkich przeanalizowanych przez nas węzłach wiernego modelu konstrukcji wartość współczynnika DAF zawierała się w przedziale  $1.03 \div 1.07$ .

Poniżej przedstawiono wybrany przykład przeanalizowanego węzła, przy czym na rysunku pokazano fragment wykresu w sąsiedztwie ekstremum.



Rys. 8. Przemieszczenia ( $U_y$ ) węzła nr 23972 modelu konstrukcji obciążonej wymuszeniem kinematycznym od przejeżdżającego w tunelu pod budynkiem pociągu z prędkością 40 km/h w paśmie 1.25 Hz oraz linia trendu tych przemieszczeń.

$$R_{dyn} = U_y \text{ dla } t = 1.60 \text{ s}, R_{sta} = U_{y.lt} \text{ dla } t = 1.60 \text{ s}, R_{dyn} = 0.022850 \text{ mm}, R_{sta} = 0.022048 \text{ mm}$$

$$DAF = 0.022850 / 0.022048 = 1.04$$

W wyniku analizy wykresów przemieszczeń węzłów wiernego modelu konstrukcji poddanej wymuszeniu kinematycznemu zostały określone wartości dynamicznego współczynnika wzmocnienia DAF [16]. Wartość te zawierają się w przedziale  $1.03 \div 1.07$ .

W analizie statycznej konstrukcji wpływ drgań podłoża gruntowego wywołanych przejazdem taboru kolejowego należy uwzględnić stosując współczynnik dynamiczny:

$$\emptyset_{dyn} = 1.10.$$

## 6. Wnioski i zalecenia

### 6.1 Wnioski i zalecenia wynikające z oceny wpływu drgań podłoża na przebywających w budynku ludzi

Na podstawie wykonanej analizy dynamicznej wiernego modelu konstrukcji obciążonej wymuszeniem kinematycznym od przejeżdżających w tunelu pod budynkiem pociągów należy stwierdzić, że:

- przejeżdżające z prędkością do 100 km/h pod budynkiem pociągi nie mają istotnego wpływu na przebywających w budynku ludzi,
- przekroczenie progu odczuwalności przez człowieka drgań w płaszczyźnie poziomej elementów konstrukcji na najwyższej kondygnacji budynku, implikują zastosowanie środków tłumiących drgania, szczególnie w zakresie występujących przekroczeń np. w postaci mat tłumiących pod podkładami kolejowymi lub działających poziomo nastrojonych tłumików masy; optymalnym rozwiązaniem jest zastosowanie mat tłumiących, a dopiero po wykonaniu pomiarów drgań ukończonego obiektu rozważanie (w razie konieczności) montażu tłumików masy,
- wskazane jest aby pomiaru drgań ukończonego obiektu dokonać w ramach próbnego obciążenia przejeżdżającym taborom kolejowym.

### 6.2 Wnioski i zalecenia wynikające z oceny wpływu drgań podłoża na w budynek

Na podstawie wykonanej analizy dynamicznej wiernego modelu konstrukcji obciążonej wymuszeniem kinematycznym od przejeżdżających w tunelu pod budynkiem pociągów należy stwierdzić, że:

- przejeżdżające z prędkością do 100 km/h pod budynkiem pociągi nie mają znaczącego wpływu na konstrukcję budynku,
- analiza wykresów przemieszczeń elementów konstrukcji poddanej wymuszeniu kinematycznemu pozwoliła nam określić wartość dynamicznego współczynnika wzmocnienia (DAF) na poziomie  $1.04 \div 1.07$ ,
- W analizie statycznej konstrukcji wpływ drgań podłoża gruntowego wywołanych przejazdem taboru kolejowego należy uwzględnić stosując współczynnik dynamiczny  $\emptyset_{\text{dyn}} = 1.10$ .

## Literatura

### Normy

- [1] PN-85/B-02170 Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki.
- [2] PN-88/B-02171 Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach.

### Publikacje naukowe

- [3] Ciesielski R. i in., *Komentarz do normy PN-85/B-02170 „Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki”*, COBPBO-Warszawa, Warszawa 1988.
- [4] Ciesielski R., Kawecki J., Stypuła K., Tomana A., *Obliczanie obudowy tunelu metra w obszarach sejsmicznych*, Inżynieria i Budownictwo, nr 8-9/90, s. 299-305.

- [5] Ciesielski R., Kawecki J., Maciąg E., Stypuła K., *Ocena diagnostyczna skutków wpływów drgań na budynki i ludzi w budynkach*, Inżynieria i Budownictwo nr 9/93, s. 390-394.
- [6] Ciesielski R., Kawecki J., Maciąg E., *Ocena wpływu wibracji na budowle i ludzi w budynkach (diagnostyka dynamiczna)*, Wyd. Instytut Techniki Budowlanej, 1993.
- [7] Karaś S., Krasnowski A. *Dostosowanie obiektów mostowych na CKM do dużych prędkości pociągów w świetle badań teoretycznych i doświadczalnych*, Roads and Bridges – Drogi i Mosty 12 (2013) 385 - 410
- [8] Dulińska J., Zięba A. *Metody oceny wpływu wstrząsów górniczych na wybrane budowle wielkogabarytowe*, Wyd. Politechniki Krakowskiej, Kraków 2010.
- [9] Bąk G., Gosk W. *Sztywność podłoża piaszczystego w procesach obciążenia i odciążenia wywołanych udarem*, Wyd. Politechniki Krakowskiej, Kraków 2007.
- [10] Szcześniak Z., *Modelowanie zachowania dynamicznego konstrukcji podziemnych w warunkach działania powietrznej fali uderzeniowej*, Wyd. WAT, Warszawa 1999.
- [11] Kawecki J. *Diagnostyka dynamiczna konstrukcji zagłębionych w gruncie*, XX Ogólnopolska konferencja warsztat pracy projektanta konstrukcji Wisła - Ustroń, 01 ÷ 04 marca 2005 r.
- [12] Kawecki J. *Konstrukcje zagłębione w gruncie. Diagnostyka dynamiczna*, XXIV Ogólnopolskie warsztaty pracy projektanta konstrukcji Wisła, 17 ÷ 20 marca 2009 r.
- [13] Stypuła K. *Drgania generowane w podłożu przez transport szynowy i ich wpływ na budynki i ludzi w budynkach*, XXIV Ogólnopolskie warsztaty pracy projektanta konstrukcji Wisła, 17 ÷ 20 marca 2009 r.
- [14] Kerr A.D. (ed.) *“Railroad track mechanics and technology”*, Pergamon Press, 1975.
- [15] Misiak J. „*Mechanika ogólna*” Wydawnictwa Naukowo-Techniczne 1993 r.
- [16] Paultre P., Chaallal O., Proulx J. *“Bridge dynamics and dynamic amplification factor - a review of analytical and experimental findings”* Can. J. Civ. Eng. 19, 260-278 (1992).

## **The influence of moving by trains on a designed building situated near the railway track as well as on technical devices and people in the building**

**Krzysztof Gnyp**

*Road and Bridge Chair, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Lublin University of Technology, e-mail: gnypkrzysztof@gmail.com*

**Abstract:** An accelerated development of urban communication infrastructure, especially that of railway, forces search for new space for investment. The area of communication infrastructure interpenetrates usable space creating mutual symbiotic interaction. This development carries the growth of influence on the surrounding areas. This article presents the influence of a railway infrastructure on a newly designed commercial and office center situated on the flyover over the railway track, as well as on technical devices and people staying there. The aim of the research and the analysis was to gain information about acceleration spectrum of the response of the building that is situated near the railway track and thus to forecast vibration timings of a designed building together with kinematic excitation at the level of

foundation. For static strength calculations, the research investigated the influence of subsoil vibrations caused by rolling stock on a dynamic stress increase in the structure as well as on the specification of a dynamic factor and thus on taking into consideration the growth and stress variation in design approach. The analysis of the dynamic factor at the designing level enables us to eliminate the influence of vibration exposure by introducing vibration damping system in the most optimal location of vibration centre.

**Keywords:** dynamics, dynamic factor, vibration damping system.

# Drogi i wody: interakcje rozpatrywane na różnych poziomach planowania i projektowania

Agata Dąbal

*Promost Consulting T. Siwowski Spółka Jawna,  
ul. Bohaterów 10 Sudeckiej Dywizji Piechoty 4, 35-307 Rzeszów, e-mail: dabal@promost.pl*

**Streszczenie:** W artykule omówiono relacje pomiędzy drogami, a jednym ze składników środowiska, którym są wody. Komponent ten wybrano ze względu na powszechność występowania wody, jej niezbędność dla organizmów żywych, a równocześnie jej siłę jako niszczycielskiego żywiołu. Analizy przeprowadzone na różnych poziomach planowania i projektowania poczynawszy od dokumentów strategicznych, do przypadków jednostkowych wskazują, że dokumenty strategiczne i planistyczne gospodarki wodnej przyjęte na poziomie sektorowym mają bezpośrednie przełożenie na najniższy poziom: projektowania, realizacji i eksploatacji przedsięwzięć drogowych. Niezbędne jest nowe podejście do projektowania elementów mających wpływ na wody, z uwzględnieniem specyfiki ich celów środowiskowych, w tym zmniejszenia presji nie tylko wynikających z odprowadzania zanieczyszczonych wód opadowych z dróg, które wpływają na stan ilościowy i jakościowy wód, ale także ingerencji w stan koryt, w tym ich równowagę hydrodynamiczną, przy zachowaniu charakteru cieków zgodnego z warunkami referencyjnymi dla typów wód.

**Słowa kluczowe:** drogi, planowanie, projektowanie, gospodarka wodna, jednolite części wód, cele środowiskowe.

## 1. Wprowadzenie

Jeden z pierwszych artykułów Konstytucji [1] wskazuje, że Rzeczpospolita Polska zapewnia ochronę środowiska, kierując się zasadą zrównoważonego rozwoju. W praktyce niezwykle trudne jest zdefiniowanie zarówno tej zasady, jak i pojęcia ochrona środowiska, nierzadko niesłusznie utożsamianego z ekologią. Polski dorobek naukowy i praktyka wskazuje na zasadność sozologicznego podejścia do problematyki środowiskowej, w myśl zasad wyrażonych przez prekursora tego nurtu Walerego Goetla.

Środowisko, jako dynamiczny układ wzajemnych powiązań pomiędzy poszczególnymi elementami, stanowi żywą tkankę, w której w procesie budowy nowych obiektów, a potem ich eksploatacji wywołujemy rozliczne zmiany, zarówno pozytywne, jak i negatywne. W szczególności realizacja uciążliwych obiektów, a do takich należy zaliczyć drogi wywołuje wiele konfliktów [2] i oddziaływań nie zawsze poprawnie identyfikowanych oraz minimalizowanych w przypadku, gdy są one ujemne.

Ochrona i racjonalne gospodarowanie zasobami przyrody powinno dotyczyć nie tylko elementów przyrody ożywionej, o których najczęściej pamiętamy

w kontekście ochrony środowiska, ale także wszystkich komponentów przyrody nieożywionej, wśród których jednym z najważniejszych są wody. W dalszej części artykułu starano się wskazać na uwarunkowania związane ze środowiskiem wodnym w kontekście planowania, projektowania, realizacji i eksploatacji dróg. O tym jak ważnym komponentem środowiska są wody świadczy nie tylko powszechność ich występowania, a także niezbędność dla organizmów żywych. Rangę tej części biosfery postrzegamy także poprzez jej siłę jako niszczycielskiego żywiołu, zdolnego w krótkim czasie dokonać znaczących przekształceń.

W odniesieniu do uwarunkowań środowiskowych związanych z budową dróg postrzega się przede wszystkim ich oddziaływanie barierowe i zaburzenia wywoływane w świecie zwierzęcym. Na tym tle nierzadko pomijane są aspekty związane z racjonalnym kształtowaniem środowiska wodnego w obszarze związanym z drogą, co ma znaczenie dla warunków jej późniejszej eksploatacji, a także dla innych ekosystemów poprzez oddziaływania pośrednie. O tym, że obecność i ruch wód wpływa na warunki realizacji i eksploatacji dróg, które z kolei oddziałują na stan wód oraz ekosystemów od wód zależnych, przypominamy sobie najczęściej w sytuacji zagrożenia, przede wszystkim powodziowego lub osuwiskowego, skutkującego powstawaniem strat w infrastrukturze drogowej.

Zarówno wody, jak i drogi są postrzegane jako arterie, zapewniające lub ułatwiające komunikację pomiędzy pojedynczymi fragmentami, czy to przyrody, czy też gospodarki. Z drugiej jednak strony obecność wód na trasie drogi, w zależności od formy w jakiej występują, wymaga pokonania tej przeszkody, ich usunięcia poprzez wykonanie odwodnienia, albo izolacji od konstrukcji inżynierskiej. Wszystkie te działania wywołują zmiany w środowisku wodnym, w skrajnym przypadku wiążące się z bardzo głęboką ingerencją mogącą powodować powstawanie szkody. Jednak woda nie jest tylko substancją chemiczną, a najczęściej mieszaniną, ale dziedzictwem [3], które powinniśmy przekazać następnym pokoleniom. Z tego względu niezbędne jest zwrócenie szczególnej uwagi na konieczność realizacji celów środowiskowych określonych dla wód. Cele te, określone w dokumentach z zakresu gospodarki wodnej, mają za zadanie zachowanie lub przywrócenie dobrego stanu tego dziedzictwa.

## 2. Dokumenty strategiczne i planistyczne

Zapewnienie stałego rozwoju wymaga strategicznego podejścia opartego na długofalowym, racjonalnym planowaniu. Podstawą dla określania aspektów środowiskowych w dokumentach prognostycznych oraz aktach niższej rangi z zakresu nie tylko ochrony środowiska, ale także istotnych całej gospodarki jest Polityka ekologiczna państwa [4]. W chwili obecnej jest to kolejny dokument wytyczający kierunki i cele, a także wskazujący środki dla ich realizacji. W dokumencie tym wskazuje się w sposób bezpośredni na konieczność dostosowania polityk sektorowych do zadania zrównoważonego gospodarowania i ochrony zasobów naturalnych, wymieniając na ich czele zasoby wodne [4].

Gospodarowanie wodami opiera się w chwili obecnej na dokumentach planistycznych przyjętych w roku 2011. Stanowią je plany gospodarowania wodami dorzeczy [5] opracowane odrębnie zarówno dla dwu głównych dorzeczy Wisły, Odry, jak również mniejszych obszarowo dorzeczy, takich jak położone na terenie Polski



części dorzecza Dniestru, Dunaju, Niemna i innych rzek. W procesie przyjmowania planów przeprowadzono strategiczne oceny oddziaływania na środowisko wraz z opracowaniem prognoz. Podstawowym dążeniem wyznaczonym dla gospodarki wodnej jest osiągnięcie celów środowiskowych określonych w tych planach dla wód. Cele te ustalono dla wydzielonych znaczących jednostek, określanych mianem jednolitych części wód [5, 6].

Wyróżnia się zarówno jednolite części wód powierzchniowych, wśród których znajdują się cieki naturalne, jeziora, sztuczne koryta prowadzące wody i sztuczne zbiorniki, jak i jednolite części wód podziemnych. Wody przybrzeżne oraz przejściowe wyodrębniono także jako jednolite części wód.

Na terenie Polski wyznaczono około 160 jednolitych części wód podziemnych, nie zawsze pokrywających się w swoich granicach ze strukturami hydrogeologicznymi. W odniesieniu do każdej z tych części wód podziemnych określono jej stan ilościowy i jakościowy (chemiczny). Przeanalizowano wpływ, jaki na wody podziemne wywiera korzystanie z nich oraz zidentyfikowano zagrożenia. Te podstawowe elementy pozwoliły na ustalenie niezbędnych odstępstw od generalnego celu środowiskowego, jakim w przypadku wód podziemnych jest osiągnięcie lub utrzymanie dobrego stanu ilościowego i jakościowego. Oceny tego stanu dokonuje się na podstawie badań prowadzonych w wyznaczonych punktach monitoringu wód podziemnych.

Analizując mapy podziału hydrologicznego oraz plany gospodarowania wodami dorzeczy obserwuje się ogromne rozdrobnienie jednolitych części wód powierzchniowych, których wydzielono ponad 5,5 tysiąca. W podziale uwzględniono nie tylko odcinki dużych rzek takich jak Wisła, San, czy Wisłok, ale i małe dopływy takie jak Różanka, Lubcza czy Lubenia. W odniesieniu do każdej z tych części określono jej stan, typ oraz podobnie, jak w przypadku wód podziemnych przeanalizowano wpływ, jaki na wody te wywiera korzystanie z nich i zidentyfikowano zagrożenia. W odniesieniu do wód powierzchniowych wyznaczono wody naturalne, silnie zmienione np. poddane oddziaływaniom zbiorników zaporowych i sztuczne np. zbiorniki. Nieco inaczej niż w przypadku wód podziemnych kształtują się cele środowiskowe. Dotyczą one osiągnięcia lub utrzymania dobrego potencjału ekologicznego w przypadku jednolitych części wód silnie zmienionych lub sztucznych, albo osiągnięcia lub utrzymania dobrego stanu ekologicznego w przypadku naturalnych jednolitych części wód. Oceny stanu lub potencjału ekologicznego dokonuje się na podstawie badań prowadzonych w ramach Państwowego monitoringu środowiska. Badania te obejmują nie tylko analizy fizykochemiczne wód, ale także ocenę hydromorfologiczną oraz badania stanu elementów biologicznych, wśród których wymienia się zarówno fitobentos, jak i ichtiofaunę. Należy nadmienić, że nie opracowano jeszcze w pełnym zakresie metodyk badawczych i nie przyjęto ich do powszechnego stosowania. Nie wykonuje się także badań wszystkich wydzielonych jednolitych części wód powierzchniowych, przyjmując za podstawę oceny ich stanu metody interpolacyjne, które nierzadko mogą być obarczone błędem.

Plany gospodarowania wodami funkcjonują w cyklu 6-cio letnim i w chwili obecnej trwają przygotowania do opracowania kolejnych dokumentów tej rangi. Cele środowiskowe określone w obowiązujących planach gospodarowania wodami dorzeczy należy osiągnąć do roku 2015. W obecnej perspektywie planistycznej nie wyznaczano odrębnych, bardziej rygorystycznych celów środowiskowych w odniesieniu do obszarów chronionych definiowanych zgodnie z Ramową Dyrektywą



Wodną, nie tylko jako obszary chronione na podstawie przepisów o ochronie przyrody, ale także jako np. obszary wrażliwe na zanieczyszczenia wprowadzane przez ścieki komunalne, czy też obszary stanowiące źródło wody pitnej. Wymaga zauważenia, że dla kolejnej – nie odległej perspektywy, zamierza się zaostrzyć cele środowiskowe dla wód powierzchniowych, w szczególności dla tych jednolitych części, które znajdują się na obszarach chronionych. Planowanie w gospodarowaniu wodami, podział zlewniowy oraz cele środowiskowe wyznaczone dla wód nie są jedynie fanaberią lobby gospodarki wodnej. Ich ranga opiera się na przepisach prawa Unii Europejskiej, a w szczególności zasadach zawartych w Ramowej Dyrektywie Wodnej [3].

Dokumentem kluczowym w odniesieniu do dróg jest Strategia rozwoju transportu do roku 2020 [7] przyjęta w roku 2013. Poprzedziły ją konsultacje oraz procedura oceny oddziaływania na środowisko, w ramach której opracowano prognozę oddziaływania i przeanalizowano szeroki kontekst uwarunkowań środowiskowych. Strategia odnosi się do wszystkich rodzajów transportu, w tym transportu wodnego, wskazując na zasadnicze kierunki, cele i środki do ich osiągnięcia. Jednym z tych celów jest ograniczenie negatywnego oddziaływania na środowisko, w ramach którego wskazuje się oddziaływanie na klimat oraz konieczność zachowania różnorodności biologicznej i swobodnej migracji gatunków. Strategia ta w odniesieniu do dróg wskazuje jako newralgiczne uwarunkowania wynikające z przepisów ochrony środowiska, w tym ochrony przyrody i obszarów Natura 2000, marginalizując elementy z zakresu gospodarowania wodami i nie odnosząc się do celów środowiskowych, a postrzegając zagrożenia dla dróg w postaci nasilenia ekstremalnych zjawisk pogodowych. W odniesieniu do przedsięwzięć inwestycyjnych, Strategia wymaga, aby w toku prac przygotowawczych poszczególnych projektów infrastrukturalnych o charakterze przestrzennym, niezbędne było wzięcie pod uwagę zagadnień związanych z ochroną środowiska, w tym w szczególności [7]:

- świadomy wybór wariantu najmniej kolizyjnego dla środowiska (przebiegi tras planowanych inwestycji o charakterze liniowym w jak najmniejszym stopniu ingerujące i fragmentujące obszary przyrodnicze);
- ograniczenie do minimum spodziewanych negatywnych oddziaływań na środowisko w sytuacji braku opcji wariantowych (gdy np. inwestycje realizowane są na obiektach istniejących);
- uwzględnienie w szczegółowym harmonogramie prac terminów koniecznych inwentaryzacji przyrodniczych (wraz z sezonowością tych prac) oraz uwzględnienie tych prac w kosztach;
- prowadzenie prac w terminach uwzględniających szczególne okresy w funkcjonowaniu populacji na danym obszarze (np. lęgu ptaków, zimowania itp.);
- uwzględnienie, zarówno w harmonogramie jak i w kosztach prac, konieczności wykonania ewentualnych kompensacji przyrodniczych (np. stworzenie „nowych” ekosystemów w obrębie obszarów Natura 2000, a następnie utrzymanie funkcjonowania „nowego” ekosystemu, w tym monitorowanie stanu gatunków i siedlisk będących przedmiotem ochrony);
- uwzględnienie w kosztach i harmonogramie prac, zgodnie z zasadą przejrzystości, koniecznych nakładów na urządzenia łagodzące efekt bariery ekologicznej, bądź fragmentacji obszarów cennych przyrodniczo.

Przy tak dużym stopniu szczegółowości opisanych powyżej uwarunkowań brak odniesienia w Strategii do celów środowiskowych dla wód jest znaczący. Jest on tym bardziej istotny, że wymagana jest pełna integracja polityki ekologicznej z polityką w poszczególnych sektorach gospodarczych. Zapewnienie tej spójności na poziomie strategicznym i planistycznym powinno stanowić podstawę dla jednostek odpowiedzialnych za opracowywanie tego typu dokumentów. Na uwagę zasługuje fakt, iż dokumenty strategiczne oraz planistyczne z zakresu gospodarki wodnej i transportu „zazębiają” się czasowo, a ich zmiana, bądź weryfikacja wymaga ponownego przeprowadzenia procedury oceny oddziaływania na środowisko.

### 3. Przepisy prawa w randze ustaw i rozporządzeń

W polskim systemie prawnym zasady regulujące gospodarowanie wodą są oparte na jednym podstawowym akcie prawnym w randze ustawy: Prawie wodnym [6]. Od roku 2001 występuje ściśle powiązanie Prawa wodnego z ustawą Prawo ochrony środowiska [8], a obecnie również z systemem ocen oddziaływania na środowisko i ustawą o ochronie przyrody. Ranga racjonalnego gospodarowania zasobami wody, które jest realizowane między innymi poprzez wykonywanie urządzeń wodnych i korzystanie z wód jest ogromna. Równocześnie to gospodarowanie budzi nierzadko wiele kontrowersji. Wynika to zarówno z powszechności występowania wody i jej siły jako żywiołu, jak również z tego, że jest ona swoistym dziedzictwem [3] niezbędnym zarówno każdemu z nas osobiście, jak i innym organizmom żywym i sztucznym. Na przestrzeni lat różne zainteresowane strony promowały swoje potrzeby związane z wodą stosownie do występujących trendów. W chwili obecnej znaczący nacisk jest położony na aspekty związane z osiągnięciem celów środowiskowych określonych dla wód [6]. Odnosi się do nich nie tylko ustawa sektorowa, którą jest Prawo wodne [6], ale także ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko [9], która jest ustawą regulującą szeroki zakres działań gospodarczych związanych m.in. z realizacją przedsięwzięć inwestycyjnych, w tym z zakresu dróg. Zatem w ustawie o charakterze horyzontalnym znalazła wyraźne odzwierciedlenie wysoka ranga właściwego traktowania wód i ich ochrony.

Realizacja inwestycji drogowych oraz utrzymanie dróg są regulowane poprzez ustawy sektorowe, w tym ustawę o szczególnych zasadach przygotowania i realizacji inwestycji w zakresie dróg publicznych [10], która odwołuje się w swej treści do ustawy Prawo wodne [6]. Na poziomie regulacji prawnych występuje więc bezpośrednie powiązanie pomiędzy aktami w randze ustawy, dające możliwość spójnego podejścia do problemów gospodarki wodnej z różnych poziomów i obszarów działalności gospodarczej.

Rozporządzenia wykonawcze do ustaw regulują w sposób szczegółowy poszczególne kwestie stosownie do delegacji ustawowych. Należy zauważyć, że zasady odwodnienia dróg i projektowania obiektów mostowych są określone nie tylko w rozporządzeniu w sprawie jakości ścieków opartym o ustawę Prawo wodne [6], ale także w rozporządzeniach wydanych na podstawie ustawy Prawo budowlane. Równocześnie zasady zawarte w tych rozporządzeniach wpływają w sposób bezpośredni na rozwiązania przyjmowane dla urządzeń wodnych związanych z drogami oraz mostów, które Prawo wodne traktuje na zasadach analogicznych jak urządze-

nia wodne służące kształtowaniu zasobów wodnych. Zasady te wpływają zatem również na warunki wykonywania tych urządzeń i korzystania z wód, co z kolei przekłada się na oddziaływania na cele środowiskowe określone dla wód. W tym kontekście nie należy zapominać o aktach niższej rangi, jak zarządzenia Dyrektora Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad, czy też Polskie Normy, również regulujących kwestie szczegółowe np. zasady określania wielkości zanieczyszczeń w spływach opadowych z dróg. Zasady te są częściowo rozbieżne i powodują problemy w racjonalnym doborze urządzeń oczyszczających. Na tym tle widoczny jest wyraźny związek pomiędzy wymogami i przepisami o charakterze wykonawczym, a celami środowiskowymi określonymi dla wód obejmującymi np. osiągnięcie bądź zachowanie wymaganego poziomu stężeń zanieczyszczeń w wodach.

#### **4. Wymagania w zakresie ocen oddziaływania na wody**

Ocena oddziaływania na wody w przypadku inwestycji drogowych powinna odnosić się do szeregu aspektów obejmujących nie tylko ich stan ilościowy i jakościowy, ale także kierunki i warunki przepływu, stan koryt, równowagę hydrodynamiczną cieków i cały szereg innych elementów istotnych dla stanu wód, rozpatrywanych również w odniesieniu do ich funkcji w ekosystemach.

Do tych elementów odnosi się w sposób bezpośredni ustawa Prawo wodne wymagając identyfikacji celów środowiskowych wyznaczonych dla wód oraz dokonania analizy w odniesieniu do tych celów na etapie ubiegania się o wydanie pozwolenia wodnoprawnego [6]. Należy zaznaczyć, że ta ustawa jest znacznie mniej restrykcyjna od ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko [9], która nakazuje, aby organ właściwy do wydania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach odmówił zgody na realizację przedsięwzięcia nie tylko w przypadku przedsięwzięcia, które może znacząco negatywnie oddziaływać na obszar Natura 2000, ale także przedsięwzięcia, które może spowodować zagrożenie nieosiągnięcia celów środowiskowych zawartych w planie gospodarowania wodami dorzecza.

Analiza w odniesieniu do celów środowiskowych wyznaczonych dla wód wiąże się z rozważeniem szeregu presji i oddziaływań generowanych przez drogi i mosty w ich cyklu życia, na które składają się utarte schematy rozwiązywania zagadnień inżynierskich: głównie odprowadzania wód opadowych i umacniania koryt, nierzadko niesprzyjających zachowaniu lub poprawie stanu wód, skąd blisko do spowodowania zagrożenia nieosiągnięcia celów środowiskowych.

Identyfikacja potencjalnych oddziaływań na cele ochrony wód przy uwzględnieniu wskaźników oceny stanu wód wg obowiązującego rozporządzenia powinna w przypadku inwestycji drogowych obejmować następujące zagadnienia:

- oddziaływania na stan fizyczny koryt cieków w wyniku ingerencji polegających na ich przebudowie, umacnianiu, a czasem również zmianie ich biegu,
- oddziaływania na stan fizyczny koryt cieków w wyniku ingerencji polegających na wprowadzaniu wód z dróg, co w znaczący sposób może wpływać na równowagę hydrodynamiczną cieku,
- oddziaływania na stan ilościowy wód podziemnych poprzez wykonywane odwodnienia i bariery zakłócające przepływ tych wód,

- oddziaływania na parametry jakościowe poprzez wprowadzanie wód opadowych i możliwość powstania zanieczyszczenia w wyniku awarii (zarówno w fazie budowy, jak i eksploatacji),
- oddziaływania w fazie budowy i eksploatacji na elementy biologiczne, istotne dla prawidłowego funkcjonowania ekosystemów wodnych (fitoplankton, fitobentos, makrofity, makrobezkręgowce bentosowe, ichtofauna),
- uszczelnianie powierzchni i zmianę warunków spływu oraz zasilania,
- oddziaływania pośrednie wynikające np. z funkcjonowania systemów kanalizacyjnych i układów retencji.

Do każdego z ww. elementów należy odnieść się w sposób nie tylko opisowy, ale pożądane jest skwantyfikowanie skali oddziaływania i odniesienie do wartości referencyjnych wynikających z przepisów prawa lub dostępnej literatury.

Uszczegółowienie zakresu potrzebnych analiz wynika z przyjętych w ostatnim czasie warunków korzystania z wód regionów wodnych. Przykładowo dla regionu wodnego Górnej Wisły będzie to rozporządzenie [11] precyzujące elementy wymagające uwzględnienia dla określenia wpływu planowanego korzystania z wód na stan wód powierzchniowych i realizację celów środowiskowych dla nich ustalonych.

W przypadku wprowadzania zanieczyszczeń do wód metody badań i wielkości dopuszczalne są z reguły jasno określone. Również schemat prowadzenia obliczeń i zasady z tym związane są opisane w licznych publikacjach. Niestety nawet w tym przypadku poszukując akceptowalnych i racjonalnych rozwiązań projektowych napotyka się sprzeczności. Przykładem jest zapis § 138 ust. 1 pkt 1 rozporządzenia w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie [12] nakazujący ujęcie wód opadowych z powierzchni obiektów mostowych do urządzeń odwadniających i odprowadzenie do środowiska w sposób zapewniający spełnienie wymagań ekologicznych określonych w Polskiej Normie. Norma [13] mająca zastosowanie do prognozowania wielkości zanieczyszczeń z dróg podaje wysokie wartości stężeń zawiesin ogólnych i substancji ekstrahujących się eterem naftowym, co wymusza stosowanie dla obiektów mostowych skomplikowanych układów oczyszczania wód opadowych (osadniki i separatory węglowodorów ropopochodnych) już przy stosunkowo niewielkich natężeniach ruchu rzędu 7 tysięcy pojazdów na dobę, dla dróg o dwu pasach ruchu w terenie niezabudowanym, a samych osadników już dla tego typu dróg o natężeniu ruchu rzędu 3 tysięcy pojazdów, czyli w praktyce dla niewielkich dróg gminnych. Równocześnie obowiązujące zarządzenie [14] w sprawie prognozowania wielkości zanieczyszczeń w ściekach drogowych z dróg krajowych wskazuje, że dla drogi o natężeniu ruchu wynoszącym 11 tysięcy pojazdów nie jest wymagane stosowanie jakichkolwiek układów oczyszczających. Natomiast w odniesieniu do węglowodorów ropopochodnych zarządzenie to wskazuje, że nawet przy bardzo wysokich natężeniach ruchu (rzędu 40 tysięcy pojazdów) nie występują przekroczenia wartości dopuszczalnych, a zatem nie powinna występować potrzeba stosowania separatorów. W warunkach przygotowywania projektu i dokonywania oceny oddziaływania na jakość wód powyższe rozbieżności skutkują ryzykiem braku akceptacji przez jednostki administracji dla rezygnacji z układów oczyszczania wód opadowych dla obiektów mostowych w ciągu dróg krajowych oraz wymuszeniem stosowania w skrajnym przypadku czterech układów osadnik-separator dla jednego mostu. Tego typu sytuacja nie jest jedynie hipotetyczna i ma odzwierciedlenie w realnych warunkach prac projektowych [2].

Problemem może być dokonanie oceny w zakresie uwarunkowań hydrodynamicznych. Metodyka w tym przypadku może opierać się na ocenie procesów fluwialnych np. poprzez obliczenia indeksu formy korytowej oraz intensywności przepływu materiału wleczonego [15]. Analizy w tym zakresie są niezbędne, przede wszystkim ze względu na skalę możliwych zaburzeń powstających w przypadku naruszenia naturalnego układu koryta cieków, oraz długotrwały powrót do nowego stanu równowagi trwający od kilku do kilkudziesięciu lat i nierzadko związany z wieloma oscylacjami wokół warunków optymalnych [16]. Czas powrotu do stanu równowagi może skutkować drastycznymi zjawiskami, w szczególności np. zniszczeniem lub uszkodzeniem wykonanych umocnień brzegowych, czasem zagrażających budowiom wodnym takim jak np. mosty, przepusty, czy wyloty kolektorów.

Nie należy także zapominać o oddziaływaniach pośrednich, które mogą dotyczyć jednolitych części wód położonych poza terenem lokalizacji drogi lub obiektu mostowego, np. jednolitych części wód znajdujących się poniżej wylotów kolektorów lub poniżej obiektów drogowych.

W trakcie projektowania umocnień brzegowych należy zwracać szczególną uwagę na typy wód wyznaczone w Planach gospodarowania wodami dorzecza. Typologia wód jest jednym z elementów będących wyznacznikiem ich stanu w kontekście uwarunkowań morfologicznych. Przekształcenia wywołane nieprawidłowo wykonanymi umocnieniami dna i brzegów mogą powodować całkowitą zmianę charakteru jednolitej części wód. Tym samym mogą stanowić o tym, że tak zaprojektowane rozwiązania spowodują nieosiągnięcie celów środowiskowych, jednoznaczne z odmową wydania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach będącej podstawą dla całego procesu przygotowania inwestycji do realizacji.

Na rysunku 1 i 2 zamieszczono przykład nieprawidłowego podejścia do umocnień brzegowych i przekształceń koryta cieków określonego jako typ 17 potok nizinny piaszczysty [5]. W związku z realizacją drogi wykonano na długim odcinku umocnienia gabionowe i narzut kamienny w dnie, co przekształciło koryto tego cieków w potok górski lub wyżynny. Dodatkowo widoczna jest zmiana w zakresie warunków przepływu wód w tym cieku. Wykonane narzuty kamienne w dnie cieków o niewielkich przepływach przy niskich stanach wody, w połączeniu z poszerzeniem jego koryta i likwidacją elementów spowalniających przepływ spowodowały, że lustro wody w stanach niskich zanika i znajduje się poniżej poziomu narzutu kamiennego. Ciek sprawia wrażenie suchego koryta.

Równie groźne jest wykonywanie umocnień betonowych na brzegach i w dnie, dewastujących naturalne miejsca bytowania szeregu organizmów wodnych. W trakcie projektowania jest niezbędne wyważenie faktycznych potrzeb związanych z koniecznym zakresem wykonywanych umocnień brzegowych, a wymogami stawianymi przez zarządców wód. Zdarza się iż występuje sprzeczność pomiędzy warunkami określonymi przez jednostki właściwe w sprawach gospodarki wodnej, a możliwością dokonania przekształceń koryta cieków bez powodowania znaczącej ingerencji w jego warunki hydromorfologiczne, bardzo istotne dla organów mających kompetencje w zakresie ochrony przyrody. W tych warunkach zaprojektowanie rozwiązań zadowalających obie strony jest nierzadko karkołomne i wymaga





Rys. 1. Ciek nizinny piaszczysty przed przekształceniem związanym z budową drogi (fot. A. Dąbal).



Rys. 2. Ciek pokazany na rys. 1 po wykonaniu zabudowy koryta kruszywem, gabionami i elementami betonowymi (fot. A. Dąbal).

podjęcia negocjacji, czasem długotrwałych. Z praktyki wynika, że skala umocnień brzegowych związanych z obiektami mostowymi z reguły nie ma istotnego znaczenia dla prawidłowego funkcjonowania ekosystemu wodnego [2]. W ramach dokonywanej oceny należy jednak w pełni uwzględnić nawet takie, pomijalnie małe zmiany, a zaniechania w tym zakresie mogą skutkować koniecznością uzupełniania dokumentacji. Generalnie należy dążyć do stosowania do umocnień materiałów właściwych dla danego typu wód oraz minimalizacji projektowanych przekształceń koryta. Nie powinno się także zapominać o zapewnieniu warunków dla późniejszej eksploatacji umocnionych brzegów, a także zapobieganiu potencjalnej możliwości powstania miejsc sprzyjających rozwojowi roślin ekspansywnych i inwazyjnych.

Przykładem rozwiązania, w którym zachowano charakter rzeki oraz zminimalizowano skalę oddziaływania jest prezentowane poniżej przekształcenie strefy brzegowej przy moście, gdzie starano się pogodzić wymogi w zakresie ochrony przyrody z warunkami zarządcy ciek i koniecznością zapewnienia stabilności konstrukcji [5]. Zminimalizowano zakres umocnień brzegowych wyłącznie do strefy przy pod-

porach, na pozostałym odcinku wskazanym przez zarządcę rzeki jako niezbędny dla utrzymania koryta, zastosowano na skarpach elementy betonowe ażurowe podatne na sukcesję naturalną, a równocześnie łatwe do utrzymania w okresie eksploatacji. W strefie linii brzegowej przewidziano narzut kamienny zgodny z typologią tej rzeki zakwalifikowanej do typu 15 – średnia rzeka wyżynna wschodnia [5]. W strefie umocnień zastosowano paliki drewniane jako elementy stabilizujące brzegi. Ponadto pozostawiono znaczną strefę podobiektową na obu brzegach, zapewniając funkcjonowanie rzeki jako naturalnego korytarza ekologicznego. Nie bez znaczenia było ograniczenie wycinki drzew i krzewów. Analizując poniższy przykład należy się jednak zastanowić, czy niezbędne było wykonywanie w tak dużym zakresie elementów betonowych na skarpach brzegowych. Zakres umocnienia nie jest znaczący dla rzeki jako całości, jednak przekształcone brzegi wymagają utrzymania w taki sposób, aby ograniczyć obecność roślin inwazyjnych, a zachować postępującą sukcesję zarośli wierzbowych stanowiących element charakterystyczny dla tego terenu.



Rys. 3. Umocnienia rzeki nawiązujące do jej charakteru – stan w roku zakończenia robót (fot. A. Dąbal).

W każdym przypadku nie należy także zapominać o oddziaływaniach pośrednich, które mogą dotyczyć jednolitych części wód położonych poza terenem lokalizacji drogi lub obiektu mostowego, np. jednolitych części wód znajdujących się poniżej wylotów kolektorów (ze względu na możliwe zmiany wielkości przepływów i jakości wód) lub powyżej obiektów drogowych (z uwagi na prawdopodobieństwo popiętrzenia stanu wód).

## 5. Podsumowanie

Zasady gospodarowania wodami, w tym korzystania z wód i wykonywania urządzeń wodnych będących immanentnymi elementami dróg, wynikają z przyjętych w roku 2011 Planów gospodarowania wodami dla dorzeczy oraz przygotowanych warunków korzystania z wód dorzeczy i zlewni.

Analizy przeprowadzone na różnych poziomach planowania i projektowania począwszy od dokumentów strategicznych, do przypadków jednostkowych, ukazują wpływ dokumentów planistycznych w gospodarce wodnej na warunki realizacji i eksploatacji obiektów drogowych i mostowych. Dokumenty strategiczne i plani-

styczne na poziomie sektorowym mają bezpośrednie przełożenie na najniższy poziom: projektowania, realizacji i eksploatacji przedsięwzięć. Obowiązujące przepisy prawa nakazują, aby organ właściwy do wydania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach odmówił zgody na realizację przedsięwzięcia, które może spowodować nieosiągnięcie celów środowiskowych zawartych w planie gospodarowania wodami dorzecza. Utarte schematy rozwiązywania zagadnień inżynierskich: głównie odprowadzania wód opadowych i umacniania koryt, nierzadko nie sprzyjają zachowaniu lub poprawie stanu wód, skąd blisko do spowodowania zagrożenia nieosiągnięcia celów środowiskowych. Niezbędne jest nowe podejście do projektowania elementów mających wpływ na wody, z uwzględnieniem specyfiki ich celów środowiskowych, w tym zmniejszenia presji nie tylko wynikających z odprowadzania zanieczyszczonych wód opadowych z dróg, które wpływają na stan ilościowy i jakościowy wód, ale także ingerencji w stan koryt, w tym ich równowagę hydrodynamiczną, przy zachowaniu charakteru cieków zgodnego z warunkami referencyjnymi dla typów wód.

W kolejnej perspektywie finansowej, w której w dalszym ciągu będzie rozwijana sieć infrastruktury drogowej, ważna będzie ocena zasadności stosowania i racjonalne wydatkowanie środków na urządzenia oczyszczające wody z dróg. Równie istotny element to poprawne kształtowanie koryt i wielkości odpływu. W tych aspektach nie należy zapominać o potrzebie analiz szczegółowych związanych z wyborem wariantów rozwiązania konkretnego problemu inżynierskiego i roli administracji w tym procesie.

## Literatura

- [1] Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 r.
- [2] Materiały niepublikowane z postępowań administracyjnych w zakresie decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach oraz pozwoleń wodnoprawnych dla dróg i mostów w zbiorach Promost Consulting T. Siwowski Spółka Jawna Rzeszów z lat 2008 – 2014
- [3] Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej (Ramowa Dyrektywa Wodna)
- [4] Polityka ekologiczna państwa w latach 2009 – 2012 z perspektywą do roku 2016
- [5] Plany gospodarowania wodami dorzeczy Monitor Polski z 2011 r.
- [6] Prawo wodne, ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. (Dz. U. z 2012 r. poz. 145 z późn. zm.)
- [7] Strategia rozwoju transportu z dnia 22 stycznia 2013 r.
- [8] Prawo ochrony środowiska, ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. (Dz. U. z 2013 r. poz. 1232)
- [9] Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U. z 2013 r. poz. 1235)
- [10] Ustawa z dnia 10 kwietnia 2003 r. o szczególnych zasadach przygotowania i realizacji inwestycji w zakresie dróg publicznych (Dz. U. z 013 r. poz. 687 z późn. zm.)
- [11] Rozporządzenie Nr 4 Dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Krakowie z dnia 16 stycznia 2014 r. w sprawie warunków korzystania z wód regionu wodnego Górnej Wisły, [http://www.krakow.rzgw.gov.pl/index.php?option=com\\_content&view=article&id=188&Itemid=166](http://www.krakow.rzgw.gov.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=188&Itemid=166), dostęp 30 styczeń 2014



- [12] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 63 poz. 735 ze zm.)
- [13] Polska Norma PN-S-02204:1997 Drogi Samochodowe Odwodnienie dróg
- [14] Zarządzenie Nr 29 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 30 października 2006 r. w sprawie wprowadzenia metodyki prognozowania zanieczyszczeń w ściekach drogowych do stosowania przy opracowywaniu dokumentacji na zlecenie Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad
- [15] Strużyński A., *Ocena stanu oraz identyfikacja zaburzeń procesów fluwialnych w korytach rzek Karpackich*, Acta Scientiarum Polonorum, Formatio Circumieltus (Kształtowanie środowiska) Nr 2013 13 (2) w druku
- [16] Bartnik W., Czoch K., Kulesza K., Strużyński A., *Równowaga hydrodynamiczna ważnym parametrem kształtującym stan ekologicznych cieków karpackich*, Rocznik Ochrona Środowiska, Środkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska, ISSN 1506-218X, str. 2591 – 2610, Tom 15, 2013

## Roads and water: interactions considered on different levels of planning and designing

Agata Dąbal

*Promost Consulting T. Siwowski Spółka Jawna,  
ul. Bohaterów 10 Sudeckiej Dywizji Piechoty 4, 35-307 Rzeszów, e-mail: dabal@promost.pl*

**Abstract:** The main subject of this paper is the relationship between roads and one of the environmental components: water. This element was chosen due to its common occurrence and the necessity for all the organisms. Additionally because of its destroying force. Analyses were conducted on different levels of planning and designing, from strategic documents to individual cases. The study showed that strategic documents prepared for water management are really important for designing, construction and exploitation of roads. Nowadays, a modern attitude towards designing elements which can have an impact on the water bodies is necessary. This approach needs to take into consideration environmental objectives stated for water bodies in order to reduce pressure, not only implied by sewage precipitation water which changes river water quantity and quality, but also has an impact on the river bed which can influence hydrodynamic balance. This modern attitude should encompass the issue of preservation river bed characteristic status as described by typical water bodies reference conditions.

**Keywords:** roads, planning, designing, water management, water bodies, environmental objectives.

# **Wpływ laboratoryjnych metod zagęszczania na właściwości fizykomechaniczne recyklowanych mieszanek mineralno-asfaltowych z asfaltem spienionym**

**Marek Iwański, Anna Chomicz-Kowalska, Piotr Ramiączek,  
Krzysztof Maciejewski, Mateusz M. Iwański**

*Wydział Budownictwa i Architektury, Katedra Inżynierii Komunikacyjnej, Politechnika Świętokrzyska; e-mail: iwanski@tu.kielce.pl, akowalska@tu.kielce.pl, piotrr@tu.kielce.pl, kmaciejewski@tu.kielce.pl, matiwanski@tu.kielce.pl*

**Streszczenie:** W referacie przedstawiono wyniki badań oceny wpływu laboratoryjnych metod zagęszczania na właściwości recyklowanych mieszanek z asfaltem spienionym (MCAS) oraz z emulsją asfaltową (MCE). Obecne wymagania opracowane i stosowane w naszym kraju przy realizacji zadań drogowych na etapie projektowania składu mieszanek oraz kontroli właściwości wykonywanej warstwy podbudowy w technologii recyklingu na zimno dopuszczają dwie metody formowania prób w warunkach laboratoryjnych: zagęszczanie statyczne prasą hydrauliczną oraz udarowe w ubijaku Marshalla. Na podstawie badań stwierdzono, iż rodzaj metody zagęszczania ma wpływ na cechy fizyczne i mechaniczne recyklowanych mieszanek. Zaobserwowano również, że sposób formowania prób wpływa na strukturę uzyskanego materiału, gdzie znaczny udział ziaren materiału mineralnego uległ rozkruszeniu podczas zagęszczania udarowego. Próbkę zagęszczane w sposób statyczny uzyskały lepsze parametry wytrzymałościowe oraz charakteryzowały się wyższą odpornością na działanie wody, co ma związek z niższą zawartością wolnych przestrzeni uzyskiwaną w próbkach zagęszczanych tą metodą.

**Słowa kluczowe:** zagęszczanie udarowe (ubijak Marshalla), zagęszczanie statyczne (prasa hydrauliczna), podbudowa drogowa, recykling na zimno, asfalt spieniony, emulsja asfaltowa, zawartość wolnych przestrzeni, odporność na działanie wody.

## **1. Wprowadzenie**

Wzrastające obciążenie ruchem oraz wzrost wymagań w stosunku do nośności nawierzchni drogowych są głównymi przyczynami wymuszającymi postęp techniczny oraz rozwój technologii budowy i modernizacji sieci drogowej. W ostatnich latach poświęca się wiele uwagi w zakresie rozwoju nowych rozwiązań materiałowych i technologicznych konstrukcji nawierzchni drogowych w aspekcie ochrony środowiska naturalnego oraz zrównoważonego rozwoju. Wymagania te spełnia technologia recyklingu głębokiego na zimno z asfaltem spienionym.

Wzrost zainteresowania technologią recyklingu głębokiego na zimno z asfaltem spienionym wynika z możliwości powtórnego wykorzystania materiałów, zmniejszenia zużycia nowych asfaltów i kruszyw oraz ogra-

niczenia energochłonności robót naprawczych przyczyniając się do obniżenia kosztów utrzymania dróg. Należy dodać, iż obecnie w naszym kraju rozpowszechniona jest technologia recyklingu na zimno konstrukcji nawierzchni z zastosowaniem mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych (MCE). Jednak wykorzystanie lepiszcza w formie piany asfaltowej pozwala uzyskać większą trwałość konstrukcji nawierzchni drogowej przy oddziaływaniu agresywnego obciążenia ruchem i niekorzystnych warunków klimatycznych [1, 2, 3]. Podczas recyklingu głębokiego konstrukcji nawierzchni drogi, dzięki temu, że asfalt spieniony zawiera niewielką ilość wody (ok. 2-3%), następuje szybkie uzyskanie wymaganych parametrów fizykomechanicznych przez wbudowywany materiał (podbudowę). Wpływa to na skrócenie okresu jego pielęgnacji w porównaniu z technologią, w której stosowana jest emulsja asfaltowa. Zastosowanie technologii recyklingu na zimno z asfaltem spienionym może poprawić trudną sytuację materiałową mineralnych zasobów w wielu regionach Polski, a także przynieść wyraźną poprawę stanu technicznego nawierzchni dróg.

## 2. Projekt recyklowanych mieszanek mineralno-asfaltowych

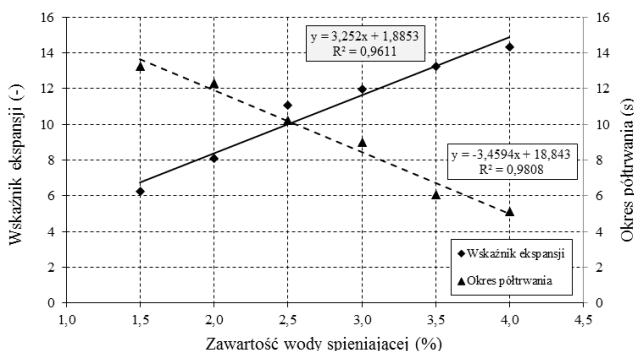
Celem badań było ustalenie wpływu laboratoryjnej metody zagęszczenia recyklowanych mieszanek mineralno-asfaltowych (MMA) na zmiany ich cech fizycznych mechanicznych.

W badaniach zgodnie z zaleceniami [4,5] wykorzystano dwie metody zagęszczania próbek: metodę I - uderową (zagęszczanie ubijakiem Marshalla) oraz metodę II - statyczną (zagęszczanie prasą hydrauliczną). Badania przeprowadzono na recyklowanych mieszankach różniących się rodzajem użytego lepiszcza asfaltowego (MCE, MCAS) przeznaczonych na warstwę podbudowy nawierzchni obciążonej ruchem KR3.

### 2.1. Właściwości materiałów wiążących

Zgodnie z zaleceniami WT-3 z 2009 roku [6] do wytworzenia mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjnej wykorzystano wolnorozpadową kationową emulsję C60B5 R, spełniającą wymagania normy PN-EN 13808 [7]. Natomiast do mieszanki MCAS zastosowano asfalt spieniony wyprodukowany na bazie lepiszcza 50/70 w urzędzeniu badawczym WLB 10S firmy Wirtgen. Pomiar parametrów piany asfaltowej (WE - wskaźnik ekspansji oraz  $t_{1/2}$  - okres półtrwania piany asfaltowej) przeprowadzono przy temperaturze wyjściowej lepiszcza (przed spienieniem) wynoszącej 170°C.

Do ustalenia optymalnych cech asfaltu spienionego zawartość wody wynosiła od 1.5% do 4.0% zwiększając jej ilość co 0.5% wagowo. Zależność pomiędzy badanymi parametrami (WE,  $t_{1/2}$ ) a zmianą ilości wody dozowanej podczas procesu spieniania asfaltu 50/70 przedstawiono na rysunku 1. Natomiast właściwości badanego lepiszcza oraz powstałej z niego piany asfaltowej zamieszczono w tablicy 1.



Rys. 1. Zależność parametrów asfaltu spienionego od zawartości wody spieniającej.

Tabela 1. Właściwości asfaltu 50/70.

Właściwości	Wynik
<i>Parametry asfaltu przed spienieniem</i>	
Penetracja w temperaturze 25°C, 0,1mm	58,7
Temperatura mięknięcia PiK, °C	51,3
Temperatura łamliwości wg Fraassa, °C	-14,3
<i>Parametry asfaltu spienionego</i>	
Optymalna zawartość wody spieniającej, % (m/m)	2,5
Wskaźnik ekspansji	11,1
Okres półtrwania, s	10,2

W składzie recyklowanych mieszanek zgodnie z zaleceniami [4, 5] jako spoiwo hydrauliczne stosowano cement portlandzki wieloskładnikowy CEM II klasy 32,5 spełniający wymagania normy PN-EN 197-1 [8], którego obecność reguluje czas rozpadu emulsji asfaltowej [9], poprawia równomierną dyspersję piany asfaltowej oraz wpływa na podwyższenie parametrów wytrzymałościowych recyklowanych materiałów [2, 3].

## 2.2. Skład recyklowanych mieszanek

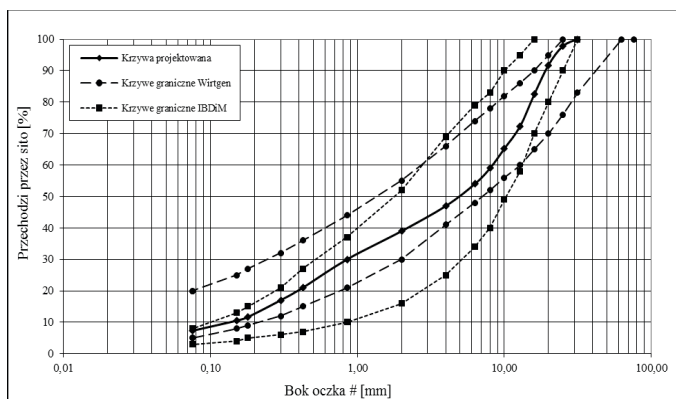
W zaprojektowanej mieszance mineralno-cementowej (MMC) wykorzystano materiał zgodnie z zaleceniami [4, 5] pochodzący z istniejących warstw konstrukcji nawierzchni drogowej: destruk asfaltowy otrzymany w wyniku frezowania istniejących warstw asfaltowych oraz destruk pozyskany z warstwy podbudowy kamiennej. Zawartość asfaltu w destrukcie asfaltowym oznaczona zgodnie z normą PN-EN 12697-1 [10] wyniosła 5,1%. Jako nowy materiał doziarniający stosowano kruszywo wapienne frakcji 0/4 spełniające wymagania normy PN-EN 13242 [11].

W obu mieszankach zawartość nowego lepiszcza wynosiła 2,5%, natomiast spoiwo dozowano w ilości 2,0%. Zawartość materiałów wiążących ustalono na podstawie doświadczeń własnych [2, 3, 12].

Należy zaznaczyć, że zaprojektowana recyklowana mieszanka (rys. 2, tablica 2) o uziarnieniu 0/31,5 mm spełniała kryteria uziarnienia zarówno dla mieszanek

w technologii recyklingu na zimno z asfaltem spienionym jak i dla mieszanek MCE (rys. 2) zgodnie z wymaganiami [4, 5].

W celu uzyskania wymaganej wilgotności zapewniającej prawidłowe warunki zagęszczania recyklowanych mieszanek stosowano wodę zarobową spełniającą wymagania PN-EN 1008 [13], której optymalną zawartość ustaloną w badaniu metodą Proctora wg PN-EN 13286-2 [14] określono na poziomie 6,9%.



Rys. 2. Uziarnienie recyklowanej mieszanki mineralno-cementowej do warstwy podbudowy w technologii recyklingu głębokiego na zimno.

Tabela 2. Skład ramowy recyklowanych mieszanek podbudowy.

Składniki	MMC [%]	MCAS/MCE [%]
Destrukt asfaltowy	50	48,75
Destrukt kamienny	30	29,25
0/4 mm	18	17,55
CEM II	2,0	1,95
Lepiszczce asfaltowe*	-	2,5
Suma	100	100

\* asfalt spieniony / asfalt z emulsji asfaltowej

Na podstawie analizy wymagań dotyczących uziarnienia (rys. 2) można stwierdzić, że mieszanka mineralna recyklowanej podbudowy z asfaltem spienionym powinna zawierać w swoim składzie zgodnie z wymaganiami [15] od 5% do 20% frakcji <0,063 mm. Natomiast mieszanka mineralno-cementowo-emulsyjna [5] od 3% do 8%. Dzięki temu stosowanie asfaltu spienionego pozwala wykorzystywać bardziej zapyłone materiały poddane recyklingowi w stosunku do mieszanki MCE.

### 2.3. Formowanie i pielęgnacja prób

Wydane w 1999 r. i obecnie stosowane na etapie projektowania składu mieszanki MCE oraz kontroli jakości wykonywanej warstwy podbudowy „Warunki techniczne wykonywania warstw podbudowy z mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjnej” autorstwa J. Zawadzkiego, J. Matras, T. Mechowskiego, D. Sybilskiego wydane przez IBDiM [5] dopuszczają dwie metody formowania prób w warunkach laboratoryjnych: zagęszczanie udarowe w ubijaku Marshalla (metoda I) oraz

zagęszczanie statyczne prasą hydrauliczną (metoda II). Metoda pierwsza wymaga 28 dniowego okresu pielęgnacji próbek, natomiast metoda druga jedynie 7 dni, co ze względów praktycznych korzystne jest dla Wykonawcy.

Z uwagi na to, iż obecnie w Polsce brak jest wytycznych dla recyklowanych mieszanek z asfaltem spienionym do warstw podbudowy, skorzystano z doświadczeń i procedur [15, 16] w zakresie pielęgnacji próbek opracowanych dla tej technologii w innych krajach oraz powstałej na tej podstawie Ogólnej Specyfikacji Technicznej [4]. Próbkę z mieszanki MCAS w odniesieniu do wymienionych dokumentów technicznych niezależnie od metody ich zagęszczania należy przechowywać w formach przez okres 24 godzin w temperaturze +20°C. Następnie po wyjęciu z form należy je pielęgnować w temperaturze +40°C przez okres 72 godzin w komorze termicznej z wymuszonym termoo obiegiem powietrza.

W badaniach laboratoryjnych próbki z mieszanki MCE i MCAS zagęszczano w celach porównawczych metodą I i II. Okres pielęgnacji dostosowany był do rodzaju lepiszcza użytego w składzie recyklowanych mieszanek. Należy dodać, iż zaletą stosowania lepiszcza w formie piany asfaltowej podczas recyklingu konstrukcji nawierzchni metodą na zimno umożliwia skrócenie okresu pielęgnacji warstwy podbudowy.

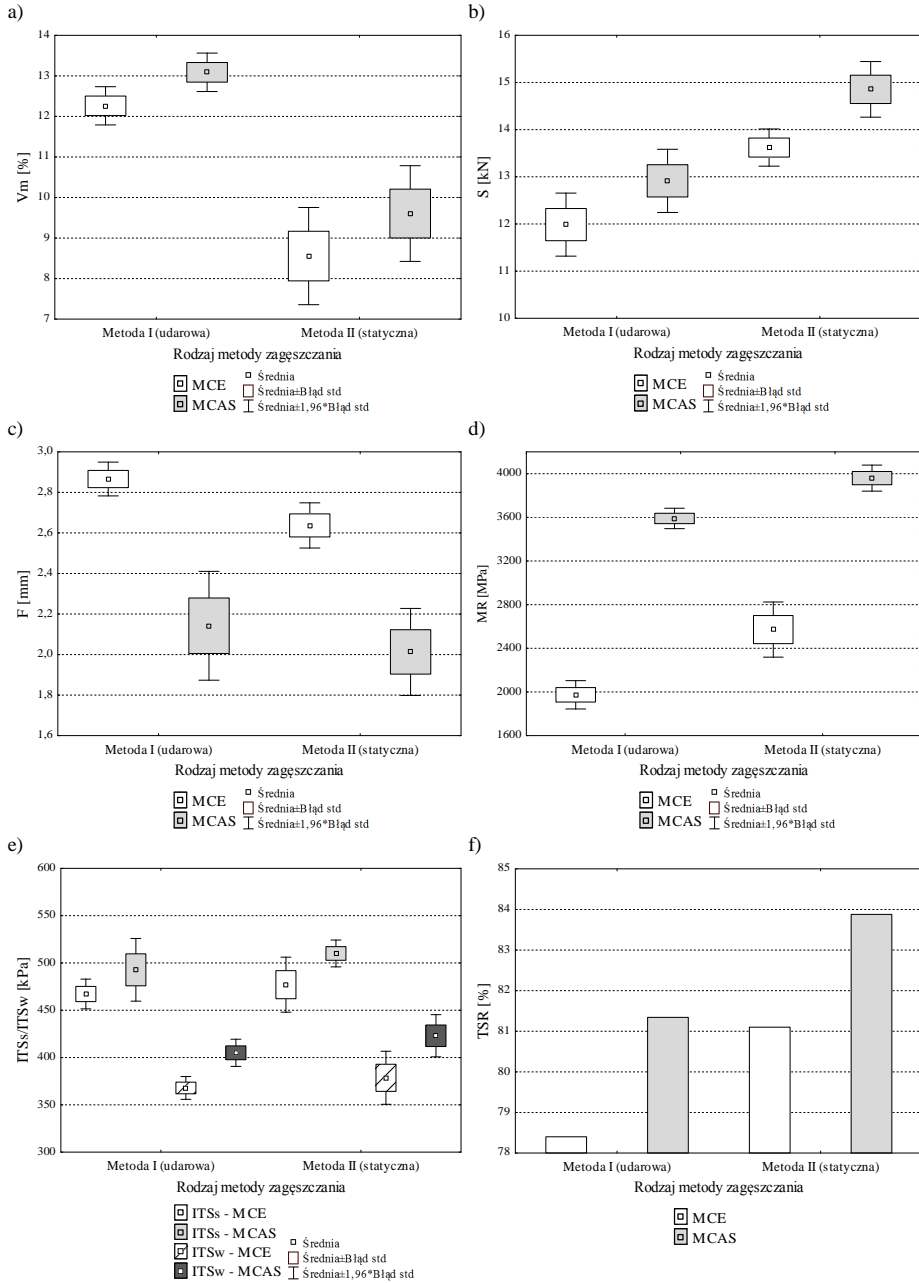
### 3. Wyniki badań i ich analiza

Ocenę wpływu laboratoryjnej metody zagęszczania na zmiany właściwości recyklowanych mieszanek do warstwy podbudowy nawierzchni obciążonej ruchem KR 3 zgodnie z przyjętymi dokumentami technicznymi dokonano na podstawie oznaczenia następujących parametrów:

- zawartość wolnych przestrzeni ( $V_m$ ) wg [4, 5],
- stabilność (S) i deformacja (F) wg Marshalla zgodnie z normą PN-EN 12697-30 [17] wytrzymałość na pośrednie rozciąganie przed i po nasączeniu wodą (ITSs, ITS<sub>w</sub>) wg [10],
- odporność na działanie wody na podstawie wskaźnika TSR [10].
- moduł sztywności (MR) w schemacie pośredniego rozciągania (IT-CY) w temperaturze 25°C zgodnie z normą PN-EN 12397-26 (załącznik C) [18].

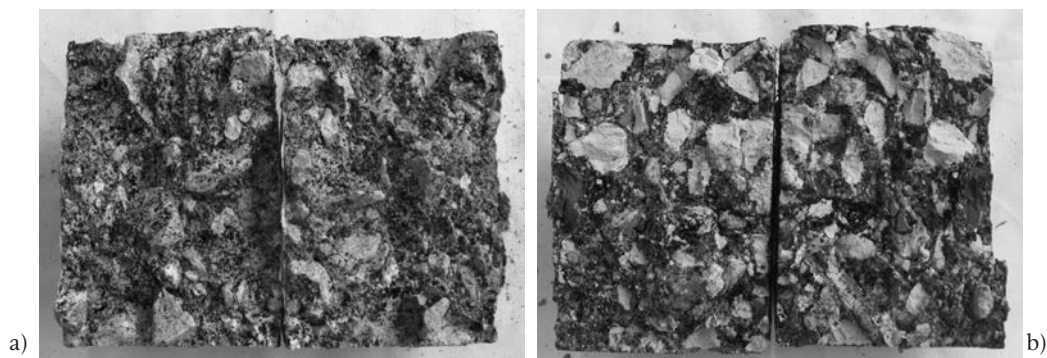
Zależności pomiędzy badanymi parametrami a zastosowaną metodą podczas procesu zagęszczania prób z recyklowanych mieszanek mineralo-cementowo-emulsyjnych oraz mineralno-cementowych z asfaltem spienionym przedstawiono na rysunku 3.

Podczas badań ocenie poddano również powstałą strukturę (fot.1) zagęszczonego materiału, która jest wysoce skomplikowana z uwagi na dużą ilość stref kontaktowych występujących w recyklowanych mieszankach. Należy zaznaczyć, iż analiza makrotekstury odnosi się jedynie do oceny formy geometrycznej elementów składowych i ich wzajemnych relacji.



Rys. 3. Wpływ metody zagęszczenia recyklowanych mieszanek podbudowy na zmiany a) zawartości wolnych przestrzeni ( $V_m$ ) b) stabilności ( $S$ ) wg Marshalla c) odkształcenia ( $F$ ) wg Marshalla d) moduł sztywności w pośrednim rozciąganiu ( $MR$ ), e) wytrzymałości na pośrednie rozciąganie przed i po nasączeniu wodą ( $ITSS/ITSw$ ) f) wskaźnik odporności na oddziaływanie wody ( $TSR$ ).





Fot. 1. Przełom próbki sporządzonej z mieszanki MCAS zagęszczanej ubijakiem Marshalla (b) oraz prasą hydrauliczną (a) [fot. A. Chomicz-Kowalska]

Na podstawie analizy uzyskanych rezultatów badań można stwierdzić, że na zmiany wybranych cech fizycznych i mechanicznych recyklowanych mieszanek podbudowy (MCE, MCAS) istotny wpływ ma rodzaj metody użytej w procesie ich zagęszczania.

Przy ocenie zmian zawartości wolnych przestrzeni (rys. 3a) zauważyć można, iż badane obie mieszanki uzyskały wymaganą wartość tego parametru, która zgodnie z wymaganiami [4, 5] wynosić powinna od 9% do 16% dla mieszanek zagęszczanych ubijakiem Marshalla i od 5% do 12% zagęszczanych prasą hydrauliczną. W badaniach zaobserwowano następującą zależność, próbki zagęszczane statycznie charakteryzują się niższą zawartością wolnych przestrzeni niż w przypadku stosowania metody udarowej. Ponadto w mieszankach MCAS niezależnie od metody ich zagęszczania zarejestrowano nieznacznie (o ok. 1%) wyższe wartości parametru  $V_m$ , które w konsekwencji nie powinny negatywnie wpływać na odporność materiału na oddziaływanie wody.

Analizując wyniki badań Marshalla (rys. 3b, rys. 3c) należy stwierdzić, iż niezależnie od rodzaju użytego lepiszcza asfaltowego (emulsji asfaltowej, asfaltu spienionego) próbki zagęszczone metodą II (statyczną) uzyskały wyższe wartości stabilności przy mniejszym odkształceniu w stosunku do mieszanek zagęszczanych udarowo. Zaobserwowano również, że mieszanki mineralno-cementowe z asfaltem spienionym charakteryzują się niższą wartością stabilności wg Marshalla, przez co wykazują wyższą odporność na powstawanie deformacji trwałych (kolein). Potwierdza to zależność zaobserwowana również przy ocenie odkształcenia wg Marshalla, gdzie próbki sporządzone z mieszanki MCAS uzyskały wartość tego parametru na niższym poziomie. Odnosząc się do wymagań [4, 5] obie mieszanki charakteryzują się wymaganymi wartościami analizowanych parametrów, które dla kategorii obciążenia ruchem KR3 powinny zawierać się w przedziale dla  $S=8,0-20,0\text{kN}$  i dla  $F=1,0-3,5\text{mm}$ .

Oceniając wytrzymałość na pośrednie rozciąganie należy stwierdzić, iż metoda zagęszczenia ma wpływ na zmiany analizowanych parametrów. Mieszanka mineralno-cementowa z asfaltem spienionym uzyskała wyższe wartości parametru  $ITS_s$  i  $ITS_w$  w przypadku stosowania metody statycznej podczas jej zagęszczania w porównaniu do mieszanki MCE. Należy dodać, iż wszystkie mieszanki otrzymały wyższe wartości wytrzymałości na pośrednie rozciąganie od minimalnej wymaganej



wynoszącej  $ITS_s \geq 225$  kPa i  $ITS_w \geq 100$  kPa zgodnie z przyjętym kryterium [15, 16]. Ustalona na podstawie stosunku  $IST_w/ITS_s$  wartość wskaźnika TSR umożliwiającą ocenę mieszanek podbudowy w aspekcie ich odporności na oddziaływanie wody wskazuje, iż zastosowanie w składzie recyklowanych mieszanek podbudowy asfaltu spienionego zapewnia jej odporność na oddziaływanie wody na wyższym poziomie niż stosowanie emulsji asfaltowej. W odniesieniu do wymagań [4], gdzie wartość wskaźnika TSR powinna wynosić co najmniej 80%, mieszanka MCE zagęszczana udarowo nie spełniła tego kryterium ( $TSR=78,4\%$ ). Na tej podstawie można wnioskować, iż podbudowa z użyciem asfaltu spienionego wykazuje większą odporność na oddziaływanie wody w porównaniu do podbudowy zawierającej emulsję asfaltową.

Podobną zależność zaobserwowano przy ocenie modułów sztywności w pośrednim rozciąganiu, gdzie zanotowano wyższe wartości w próbkach, w których jako lepsze użyto asfaltu spienionego w stosunku do próbek zawierających w swoim składzie emulsję asfaltową, zarówno w I jak i II metodzie ich zagęszczania. Odnosząc się do wymagań [19] stawianych MMA z asfaltem spienionym dla tego typu materiału mineralnego (mieszanka destruktu asfaltowego i kruszywa łamanego: 50/50) wartość MR w temperaturze  $+25^\circ\text{C}$  powinna wynosić w granicach od 2500 MPa do 4000 MPa. Analizując przedstawione wyniki badań (rys. 3f) można zauważyć, że mieszanki przeznaczone na warstwę podbudowy w technologii recyklingu na zimno z asfaltem spienionym zagęszczane statycznie i udarowo spełniają przyjęte kryterium, podczas gdy mieszanka MCE zagęszczana ubijakiem Marshalla uzyskała średnią wartość mniejszą ( $MR=1949$  MPa) od wymaganej.

Analizując powstałą strukturę zagęszczonego materiału (fot.1) zanotowano, iż sposób formowania prób wyraźnie wpływa na ułożenie elementów składowych recyklowanej mieszanki. Zarejestrowano znaczny udział rozkruszonych ziaren materiału mineralnego w przelomie próbki zagęszczanej udarowo, natomiast w przypadku prób formowanych statycznie linia pęknięcia omija ziarna, przez co powierzchnia próbki w miejscu jej rozłupania jest bardziej nieregularna. Dodatkowo zaobserwowano, iż w recyklowanym materiale zagęszczanym udarowo ziarna zmieniają swoje ułożenie na skutek dynamicznej pracy ubijaka Marshalla, natomiast w próbkach zagęszczanych statycznie ziarna nie uległy obrotowi.

#### 4. Wnioski

Na podstawie wykonanych badań laboratoryjnych recyklowanej podbudowy z asfaltem spienionym oraz z emulsją asfaltową w aspekcie laboratoryjnej metody ich zagęszczania sformułowano następujące wnioski:

- na właściwości fizyczne i mechaniczne recyklowanych mieszanek podbudowy wpływ ma rodzaj metody wykorzystywanej w warunkach laboratoryjnych w procesie ich zagęszczania,
- próbki zagęszczane w sposób statyczny uzyskały wyższe parametry wytrzymałościowe ( $S$ ,  $ITS_s$ ,  $ITS_w$ ) w porównaniu do próbek zagęszczanych w ubijaku Marshalla,
- stosowanie asfaltu spienionego w materiale przeznaczonym na warstwę podbudowy w technologii recyklingu na zimno pozwala na zapewnienie jej

- wyższej odporności na deformacje trwałe; dla mieszanki MCAS zanotowano wyższe wartości stabilności oraz mniejsze odkształcenie wg Marshalla,
- obecność asfaltu spienionego w recyklowanych mieszankach wpływa na poprawę odporności na oddziaływanie wody w porównaniu do mieszanek wykonanych z udziałem emulsji asfaltowej, z uwagi na uzyskane wyższe wartości wytrzymałości na pośrednie rozciąganie (ITSw) oraz wskaźniki TSR niezależnie od użytej metody ich zagęszczania,
  - stosowanie prasy hydraulicznej (metoda statyczna) do zagęszczania próbek z mieszanki MCE pozwala na zmniejszenie okresu ich pielęgnacji z 28 do 7 dni, natomiast mieszanki MCAS zagęszczane obiema metodami wymagają jedynie 4 dniowego okresu ich pielęgnacji.

## Literatura

- [1] Iwański, M., Chomicz-Kowalska, A. 2011. *Właściwości recyklowanej podbudowy z asfaltem spienionym*. Drogownictwo 9 (2011) 271-277.
- [2] Iwański, M., Chomicz-Kowalska, A. 2012. *Moisture and frost resistance of the recycled base rehabilitated with the foamed bitumen technology*. Archives of Civil Engineering Vol. 58 nr 2 (2012) 185-198.
- [3] Iwański, M.; Chomicz-Kowalska, A. 2013. *Laboratory Study on mechanical Parameters of Foamed Bitumen Mixtures in the Cold Recycling Technology. Proceedings of the 11th International Conference "Modern Building Materials, Structures and Techniques"*. May 16-17, 2013, Vilnius, Lithuania. Procedia Engineering 57, Elsevier: 433-442.
- [4] OST D-04.10.01a „Szczegółowa specyfikacja techniczna: Podbudowa z mieszanki mineralno-cementowej z asfaltem spienionym (MCAS) wykonana w technologii recyklingu głębokiego na zimno”. Warszawa, GDDKiA, 2013.
- [5] Zawadzki J., Matras J., Mechowski T., Sybilski D. *Warunki techniczne wykonywania warstw podbudowy z mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjnej (MCE)*. Zeszyt 61 IBDiM. Warszawa 1999.
- [6] Wymagania Techniczne „Kationowe emulsje asfaltowe na drogach publicznych” WT-3 Emulsje asfaltowe, Warszawa 2009.
- [7] PN-EN 13808 *Asfalty i lepiszcza asfaltowe - Zasady klasyfikacji kationowych emulsji asfaltowych*.
- [8] PN-EN 197-1 *Cement - Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku*.
- [9] Dołżycki B. *Instrukcja projektowania i wbudowywania mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych (MCE)*. Wersja z dnia 12.12.2013. Gdańsk 2013.
- [10] PN-EN 12697-1 *Mieszanki mineralno-asfaltowe - Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco - Część 1: Zawartość lepiszcza rozpuszczalnego*.
- [11] PN-EN 13242 *Kruszywa do niezwiązanych i związanych hydraulicznie materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym*.
- [12] Iwański, M.; Chomicz-Kowalska, A. 2012. *Experimental study of water and frost resistance of foamed bitumen mixes in the cold recycling technology*. 5th Euroasphalt & Eurobitume Congress. 13-15 June 2012, Istanbul, 2012.
- [13] PN-EN 1008 *Woda zarobowa do betonu - Specyfikacja pobierania próbek, badanie i ocena przydatności wody zarobowej do betonu, w tym wody odzyskanej z procesów produkcji betonu*.
- [14] PN-EN 13286-2 *Mieszanki niezwiązane i związane hydraulicznie - Część 2: Metody badań laboratoryjnych gęstości na sucho i zawartości wody - Zagęszczanie metodą Proktora*.

- [15] *Wirtgen Cold Recycling Technology* Wirtgen GmbH. Germany 2012.
- [16] Asphalt Academy. 2009. Technical Guideline: *Bitumen Stabilised Materials, A Guideline for the Design and Construction of Bitumen Emulsion and Foamed Bitumen Stabilised Materials*, Technical Guideline 2 (TG2), 2009.
- [17] PN-EN 12697-30 *Mieszanki mineralno-asfaltowe - Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco - Część 30: Przygotowanie próbek zageszczonych przez ubijanie*.
- [18] PN-EN 12697-26:2005 *Mieszanki mineralno-asfaltowe - Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco - Część 26: Sztynność*.
- [19] *Wirtgen Cold Recycling Manual*. Wirtgen GmbH. Germany, 2004.

## **The influence of laboratory compaction methods on the physical and mechanical properties of foamed bitumen recycled mixes**

**Marek Iwański, Anna Chomicz-Kowalska, Piotr Ramiączek,  
Krzysztof Maciejewski, Mateusz M. Iwański**

*Department of Transportation Engineering, Faculty of Civil Engineering and Architecture,  
Kielce University of Technology, e-mail: iwanski@tu.kielce.pl, akowalska@tu.kielce.pl,  
piotrr@tu.kielce.pl, kmaciejewski@tu.kielce.pl, matiawanski@tu.kielce.pl*

**Abstract:** This study attempts to evaluate the influence of two advisable methods for compacting laboratory specimens of road base recycled mixes with foamed bitumen (MCAS) and bitumen emulsion (MCE). The obligatory regulations for this technology permit fabrication of the specimens using either an impact Marshall compactor or a static hydraulic press. The research showed that the compaction method influenced both the physical and mechanical properties of samples regardless of the type of bitumen binder. What is more, the structure of the material changed after the impact compaction process, which manifested in fact that many of the aggregate particles were crushed in its course. Better strength and resistance to moisture damage was observed in samples prepared in the hydraulic press. This was associated with lower void contents obtained in this compaction method.

**Keywords:** Marshall compactor, hydraulic press, road base, cold recycling technology, foamed bitumen, bitumen emulsion, void content, resistance to moisture damage.

## **Wpływ inwestycji drogowych na zwierzęta – działania minimalizujące**

**Dagmara Nowacka**

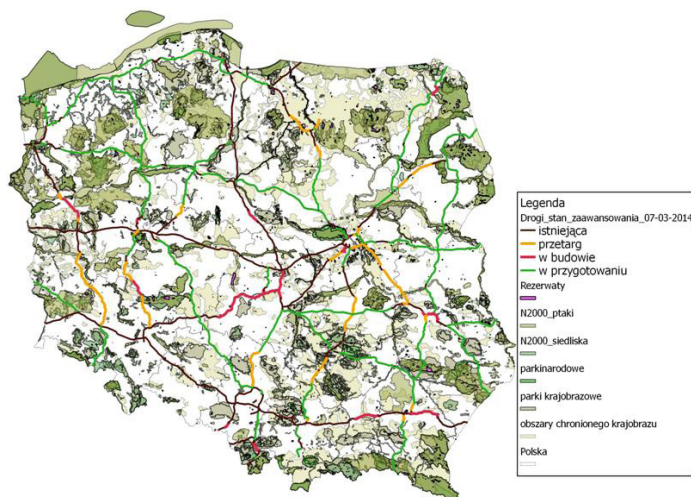
*Departament Środowiska, Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad,  
ul. Wronia 53, 00-874 Warszawa, e-mail: dnowacka@gddkia.gov.pl*

**Streszczenie:** Polska jest krajem o wyróżniającej się na tle Europy różnorodności biologicznej. Jednocześnie w ostatnich latach stała się jednym z największych placów budowy infrastruktury drogowej. Rozbudowa sieci drogowej zawsze wiąże się z ingerencją w tereny cenne przyrodniczo, a biorąc pod uwagę fakt, że obszary objęte ochroną stanowią ok. 33% powierzchni kraju, uniknięcie konfliktów na tym tle jest praktycznie niemożliwe. Dlatego działania mające na celu minimalizowanie oddziaływania na świat przyrody są nieodłączną częścią każdej realizowanej inwestycji drogowej. Elementy ochrony dzikiej przyrody stanowią do 30% kosztów całej inwestycji, dlatego też poniesione koszty muszą się zamortyzować poprzez skuteczność podjętych działań. Monitoring zastosowanych urządzeń z jednej strony pozwala na ocenę ich skuteczności, a z drugiej umożliwia zidentyfikowanie ewentualnych błędów i ich uniknięcie w przyszłości. Ilość oraz różnorodność podejmowanych w Polsce działań minimalizujących negatywny wpływ dróg na dziką przyrodę, zwłaszcza w odniesieniu do liczby przejść dla zwierząt, zapewniających zachowanie ciągłości ekologicznej, stawia Polskę w czołówce państw europejskich pod tym względem.

**Słowa kluczowe:** przejścia dla zwierząt, monitoring, minimalizacja oddziaływania, wpływ dróg na zwierzęta.

Trwająca od 2008 roku rozbudowa sieci dróg szybkiego ruchu postawiła przed projektantami oraz przyrodnikami zadanie pogodzenia wymogów ochrony przyrody z potrzebami optymalnego planowania infrastruktury transportowej. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, jako główny inwestor inwestycji drogowych w Polsce, jest świadoma, że rozwój sieci komunikacyjnej jest możliwy tylko w poszanowaniu dla przyrody, w którą ingeruje.

Każda nowa realizowana inwestycja liniowa wpływa na środowisko na różne sposoby. Wpływ ten wiąże się z oddziaływaniem na: klimat akustyczny, powierzchnię ziemi (ruchy masowe), wody powierzchniowe i podziemne, powietrze atmosferyczne, gleby, przyrodę ożywioną (flora i fauna, fragmentacja siedlisk), krajobraz czy też dobra kultury. Pozytywne oddziaływania związane z budową dróg polegają z kolei na odciążeniu istniejących, silnie eksploatowanych dróg, już aktualnie przebiegających w granicach miast i wsi czy też obszarów chronionych pod względem przyrodniczym [10].



Rys. 1. Stan realizacji Programu Budowy Dróg Krajowych 2011-2015, na tle obszarów chronionych; stan na 07-03-2014r.

Polska jest krajem o niespotykanej w Europie różnorodności biologicznej. Gatunki występujące pospolicie, jak na przykład bocian biały czy bóbr, w krajach zachodnich są rzadko lub wcale niespotykane. Tereny objęte obszarową formą ochrony przyrody obejmują ok. 33% powierzchni kraju, włączając obszary Natura 2000, co powoduje, że uniknięcie kolizji z obszarami najcenniejszymi przyrodniczo staje się bardzo trudne, a w wielu przypadkach wręcz niemożliwe (Rys. 1) [10].

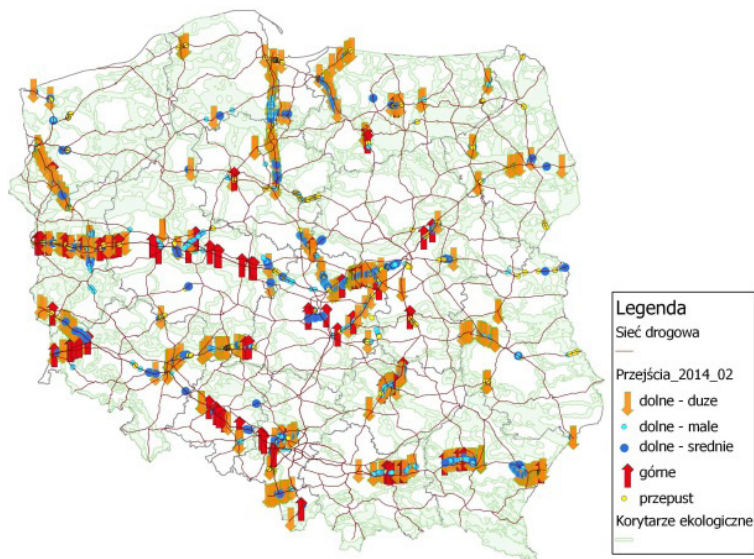
Wpływ sieci drogowej na ekosystemy występuje w wielu płaszczyznach. Drogi przede wszystkim mogą stanowić barierę ekologiczną dla zwierząt, zarówno kręgowców, jak i bezkręgowców. Fragmentacja terenu może prowadzić do zmniejszenia powierzchni bytowania zwierząt oraz przerwania ich szlaków migracyjnych, czego konsekwencją są trudności ze znalezieniem partnerów do rozrodu. To z kolei prowadzi do zmniejszenia zmienności genetycznej w populacji lub nawet jej wymarcia [5]. Zależnie od szerokości budowanej drogi oraz natężenia ruchu, dla którego jest przystosowana, możliwość przekraczania jej przez zwierzęta będzie w różnym stopniu utrudnione – albo nieznacznie, albo droga stanie się barierą nie do pokonania. Bariera, jaką stanowi nowopowstająca droga, uniemożliwia również rozprzestrzenianie się gatunków poprzez blokowanie korytarzy migracyjnych i ekologicznych. Należy również pamiętać, że próba pokonania drogi, zwłaszcza w miejscach o dużym natężeniu ruchu, niejednokrotnie prowadzi do kolizji jadących samochodów ze zwierzętami, co stanowi zagrożenie zarówno dla zwierząt, często powodując ich śmierć, jak i dla ludzi uczestniczących w tego rodzaju wypadkach [2]. Skala kolizji uzależniona jest zarówno od charakteru środowiska, jak i stosowanych zabezpieczeń. Te ostatnie, dedykowane są dla konkretnych grup systematycznych i mają na celu uniemożliwienie zwierzętom wejście na drogę. Oczywiście, skuteczność zabezpieczeń związana jest przede wszystkim z ich właściwą lokalizacją, wynikającą z analizy środowiskowej dokonywanej od najwcześniejszych etapów planistycznych. Proces inwestycyjny prowadzący do powstania nowej drogi obejmuje wiele



etapów, w ramach których dokonywana jest szczegółowa analiza zarówno lokalizacji planowanej trasy, jak i możliwych do wprowadzenia rozwiązań minimalizujących jej wpływ na środowisko naturalne.

Najłatwiej zabezpieczyć drogi przed kolizjami z dużymi ssakami. Przy dużych inwestycjach drogowych stosuje się ogrodzenia wysoką siatką, co prawie eliminuje możliwość kolizji tej grupy zwierząt z pojazdami. Ogrodzenie drogi wraz ze zrealizowanymi przejściami dla zwierząt zapewniają bezpieczeństwo, zarówno pojazdowi poruszającemu się po drodze jak i zwierzętom, których trasy przemieszczania się zostały rozdzielone. Dużo bardziej skomplikowana i wymagająca stałego monitoringu jest ochrona małych zwierząt jak płazy, a najtrudniejszą, wydaje się być ochrona przed kolizjami z pojazdami ptaków i nietoperzy [3].

Przejścia dla zwierząt pozwalają na zachowanie łączności pomiędzy dwoma – rozdzielonymi szlakiem komunikacyjnym – płacami środowiska, umożliwiając swobodną migrację i stabilne, niezakłócone funkcjonowanie populacji. Jest to, tym samym, jedyna skuteczna metoda pozwalająca na zachowanie drożności korytarzy ekologicznych [6]. Obecnie na drogach krajowych istnieje ponad 2300 obiektów, które umożliwiają migrację zwierząt. Wśród nich największą liczbę stanowią przepusty i przejścia dla małych zwierząt – ponad 1600, przejść górnych powstało do tej pory aż 80, a dolnych dla zwierząt dużych i średnich ponad 600 [12].



Rys. 2. Przejścia dla zwierząt w Polsce; stan na luty 2014r.

Na rycinie 2 przedstawiono lokalizację istniejących przejść dla zwierząt na tle sieci dróg będących w zarządzie GDDKiA oraz korytarzy ekologicznych, których koncepcja została opracowana przez Instytut Badania Ssaków PAN w Białowieży [6]. W dotychczasowych uregulowaniach prawnych nadal brak jest jednoznacznego umiejscowienia korytarzy ekologicznych i dlatego też, trudno jest kategorię oczekiwać, aby koncepcja korytarzy uwzględniania była wprost, w szerokim zakresie w planowaniu przestrzennym. Wydaje się, że w nieco większym stopniu brana jest ona pod uwagę przez samorząd województwa. Na szczeblu regionalnym

podstawowym instrumentem zarządzania przestrzenią jest plan zagospodarowania przestrzennego województwa. Na tym szczeblu zainteresowane organy województwa mogą wyznaczać korytarze ekologiczne. Wyznaczenie korytarzy w tym dokumencie nie będzie jednak skutkowało żadnymi bezpośrednimi konsekwencjami dla nieruchomości, na których one się znajdują (wynika to przede wszystkim z formalnoprawnego charakteru planu zagospodarowania przestrzennego województwa, (M. Nowak i P. Mickiewicz 2012). Korytarze ekologiczne nie są również uznawane za cele publiczne, co uniemożliwia na obecnym etapie wdrażanie innych rozwiązań, poprzez które samorząd województwa mógłby oddziaływać na gminy. Poza określeniem samych korytarzy ekologicznych, można próbować na szczeblu wojewódzkim wzmacniać ich rangę między innymi przez zawieranie w planach zapisów dotyczących: zwiększenia lesistości w ramach korytarzy ekologicznych, wybór najmniej konfliktowych lokalizacji inwestycji infrastrukturalnych, budowę urządzeń technicznych, które mają umożliwić przekraczanie określonych barier przez zwierzęta [13].

Liczba wybudowanych w Polsce przejść dla zwierząt stawia nas na czele państw europejskich, jednak, należy pamiętać, że ich realizacja wiąże się z ogromnym nakładem kosztów finansowych, dlatego też niezmiernie ważne jest, aby wybudowane obiekty spełniały swoją funkcję. W celu osiągnięcia jak największego wykorzystania przejść przez zwierzęta, w procesie projektowania zwracana jest uwaga na szereg czynników [11]. Podstawową kwestią jest odpowiednie usytuowanie obiektu. Przy wyborze lokalizacji przejść dla zwierząt uwzględnia się:

- usytuowanie drogi względem korytarzy ekologicznych oraz lokalnych szlaków migracji,
- występujące na danym terenie gatunki zwierząt, którym przejście ma służyć,
- obecność terenów siedliskowych, w miejscach o najwyższej penetracji zwierząt,
- walory przyrodnicze i ukształtowanie terenu.

Dobór odpowiedniej lokalizacji przejść dla zwierząt jest uwarunkowany wieloma czynnikami, a dodatkowy brak odpowiedniego planowania przestrzennego, zapewniającego drożność korytarzy ekologicznych na całym ich przebiegach, powoduje, że konieczna jest współpraca wielu jednostek odpowiedzialnych za ochronę przyrody, już od etapu planowania przebiegu przyszłej drogi [10]. Jak stwierdza dr Maciej Nowak z Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, korytarze ekologiczne w praktyce mogą oznaczać instrumenty ochrony zagospodarowania lasów. Ochrona korytarzy przed inwestycjami i ewentualne blokowanie zagospodarowania przestrzennego, jest bardzo często zgłaszane jako postulat ze strony regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych [13]. Problemy wynikające z braku odpowiednich uregulowań prawnych w tym zakresie przyczyniły się do podpisania w marcu 2013 roku Ramowego Porozumienia o Współpracy GDD-KiA z Państwowym Gospodarstwem Leśnym Lasy Państwowe, na mocy którego pracownicy lokalnych nadleśnictw i leśnictw będą brali czynny udział w doborze odpowiednich miejsc dla usytuowania przejść dla zwierząt, zapewniając zachowanie drożności korytarzy ekologicznych, a także wspomagając projektantów drogowych swą wiedzą terenową.

Kolejnym, nie mniej ważnym, czynnikiem decydującym o skuteczności przejść jest ich zagospodarowanie i harmonizacja z otoczeniem tak, aby w jak największym stopniu zapewnić ciągłość siedlisk i krajobrazu. Sposób zagospodarowania

powierzchni jest dostosowywany do wymagań różnych grup zwierząt. Dla gatunków o małych rozmiarach stwarzane są warunki zapewniające tymczasowe miejsca ukrycia, wykładane są głazy, karpy korzeniowe, pnie, etc. Dla dużych i średnich ssaków sposób zagospodarowania ma stworzyć odpowiednie warunki osłonowo-izolacyjne ograniczające poziom emisji fizyko-chemicznych na przejściu, na przykład poprzez stosowanie ekranów przeciwolśnieniowych. W przypadku ssaków kopytnych zapewnienie atrakcyjnej bazy żerowej na przejściu i w jego sąsiedztwie, poprzez wprowadzenie nasadzeń, wpływa korzystnie na przyspieszenie adaptacji zwierząt do obiektów i osiągnięcie pożądanej skuteczności przejścia [7].



Fot. 1. Zagospodarowanie przejść górnych.



Fot. 2. Zagospodarowanie przejść dolnych.

Optymalne wkomponowanie przejścia w krajobraz i harmonizacja z otoczeniem obejmuje również projektowanie oraz zagospodarowanie struktur naprowadzających na obiekt. Dlatego też, wprowadza się rzędowe nasadzenia rodzimej roślinności, wzdłuż ogrodzeń, ukierunkowując zwierzęta do przejścia [7]. Kluczową kwestią jednak jest, właściwe późniejsze utrzymanie wprowadzonych nasadzeń umożliwiając roślinności wzrost tak, aby obiekt w jak najmniejszym stopniu odróżniał się od otoczenia. Ocena skuteczności istniejących już przejść jest równie ważnym i koniecznym aspektem realizacji dalszych inwestycji oraz utrzymania tych wybudowanych. Monitoring wykorzystania przejść przez zwierzęta, z jednej strony potwierdza jego ekologiczną rolę, a tym samym celowość wydatkowania środków finansowych na jego budowę. Z drugiej zaś strony, umożliwia korektę zagospodarowania przejścia i wskazuje, jakie jego parametry należy zweryfikować przy realizacji kolejnych. Obecnie, zgodnie z zapisami decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach wydawanych dla poszczególnych inwestycji przez organ ochrony środowiska, prowadzone są obserwacje wykorzystania przejść wszystkich zrealizowanych obiektów; na wszystkich autostradach – A1, A2 i A4 oraz na nowootwartych drogach ekspresowych. Metodyka prowadzonego monitoringu jest bardzo zróżnicowana i zależna od rodzaju obiektu. Najprostszą metodą i zarazem najczęściej spotykaną, są specjalne pasy z piasku (Fot. 3), które umożliwiają identyfikację gatunków zwierząt korzystających z przejścia na podstawie ich tropów [15]. Podczas identyfikacji tropów dokonuje się także obserwacji innych śladów obecności dzikich zwierząt jak odchody, zgryzy czy buchtowania. Tak zebrane informacje pozwalają nie tylko na wskazanie gatunków ale także, czy zwierzęta wykorzystują teren wokół obiektów. Metoda ta jednak, nie pozwala na określenie liczby osobników korzystających z przejścia.





Fot. 3. Pasy piasku na przejściach.



Fot. 4. Kamery na przejściach dla zwierząt.

Drugą stosowaną metodą prowadzenia monitoringu jest wykorzystanie foto-pułapek i kamer umożliwiających nie tylko identyfikację gatunku zwierzęcia korzystającego z przejścia ale przede wszystkim, pozwala na określenie ich zachowania na przejściu np.: obserwowane są reakcje zwierząt na hałas i światła przejeżdżających pod/nad obiektem samochodów. Dodatkowo, analiza nagrań pozwala określić liczbę osobników, ich kondycję, wiek i płć (Fot. 4).

Dochtyczasowe obserwacje wykorzystania przejść umożliwiają weryfikację przyjętych, na podstawie dostępnej literatury, a znajdujących swoje odzwierciedlenie w projektach, założeniach. Wyniki prowadzonych monitoringów pozwoliły wskazać gatunki wrażliwe, oraz takie dla których korzystanie z przejść nie stanowi problemu. Analiza danych pokazała także, że większość gatunków przyzwyczajają się do obecności obiektu i z roku na rok, korzystają z nich z większą częstotliwością. Zostało stwierdzone także, że gatunki, które zgodnie z literaturą są gatunkami warunkującymi np. parametry przejść, jak wilk, korzystają z obiektów, teoretycznie, im niededykowanych, a także z obiektów nie dostosowanych do pełnienia funkcji przejść dla zwierząt jak wiadukty drogowe. Wydaje się, że z uwagi na płochliwość, gatunkiem parasolowym powinien być jeleni i obecność właśnie tego gatunku powinna warunkować typ i parametry przejść dla zwierząt. Jednak, aby potwierdzić tę tezę konieczne byłoby przeprowadzenie szerokich badań naukowych.

Przejścia dla zwierząt mogą być użytkowane także przez inne grupy zwierząt. Prowadzone obserwacje wskazują na przykład, obecność ptaków drapieżnych krążących nad przejściami górnymi i traktujących ten teren jako żerowiska. Obecnie GDDKiA prowadzi także badania mające na celu określenie, czy przejścia są wykorzystywane również przez nietoperze.

Dotychczas, proponowano zastosowanie różnego typu zabezpieczeń mających za zadanie ograniczenie negatywnego wpływu dróg na nietoperze. W tym charakterze zalecano m.in.: pasy zieleni, ekrany (Fot. 6) i bramownice („mosty dla nietoperzy” - Fot. 5) oraz wszelkiego typu kombinacje wcześniej wymienionych. Stopień skuteczności i wykorzystania bramownic przez nietoperze jest jednak nadal słabo udokumentowany. Jedyne publikowane wyniki obserwacji, dotyczą badań prowadzonych w Anglii, które nie wskazują na wykorzystanie bramownic, jako struktur pomagających w przekroczeniu drogi. Podobnie niejednoznaczne są wyniki dotyczące znaczenia ekranów dla ochrony nietoperzy. Do tej pory zaobserwowano jednak,

że nietoperze chętnie wykorzystują przejścia dla zwierząt i przepusty zlokalizowane nad ciekami wodnymi, co potwierdzają obserwacje prowadzone przy autostradzie A2, w rejonie rezerwatu nietoperzy Nietoperek [3]. Należy w tym miejscu wyraźnie podkreślić, iż badania dotyczące zarówno wykorzystania przez nietoperze bramownic i przejść dla innych zwierząt jak i skuteczności ekranów oraz śmiertelności nietoperzy, są jedynymi w kraju i w Europie. Dotychczasowe badania były prowadzone na drogach o innej charakterystyce niż autostrada, o mniejszej szerokości jezdni, tak więc wyniki nie powinny być porównywane, a zalecenia stosowane a priori. Badania z 2008r. przeprowadzone na drodze wojewódzkiej przebiegającej przy Kampinowskim Parku Narodowym, wykazały, że śmiertelność nietoperzy może dochodzić do 1,5-5,7 osobnika na km/rok [8]. Natomiast, na badanym 15 kilometrowym odcinku autostrady A2 śmiertelność nietoperzy była zaskakująco niska i wynosiła 0,7 osobnika na km/rok [3]. Niska obserwowana śmiertelność, jak stwierdzają prowadzący badania, może być związana z wieloma czynnikami. Głównym powodem jest zapewne duże natężenie ruchu. Światła pojazdu i hałas działają odstraszająco, a odstępy pomiędzy pojazdami są bardzo niewielkie. Co ciekawe, obserwacje wskazują, że najwięcej nietoperzy ginie nie w zwartym kompleksie leśnym, jak by się mogło wydawać, lecz w miejscach gdzie do drogi dochodzą linearne elementy krajobrazu takie jak aleje drzew, krzewy, rowy melioracyjne czy ściany lasu [3].



Fot. 5. Bramownice dla nietoperzy.



Fot. 6. Ekran podnoszący lot nietoperzy.

Powyższe badania prowadzone na autostradzie A2, wskazały na dodatkową kwestię związaną z minimalizowaniem oddziaływania dróg na poszczególne grupy zwierząt. Dostępna literatura tematu, nie porusza problemu zróżnicowania biologii poszczególnych grup zwierząt - realizacja zabezpieczeń chroniących jedną, może spowodować zagrożenie dla innej. Przykładem mogą tu być zbiorniki, które mogą stanowić potencjalne żerowiska nietoperzy i tym samym przyciągać je w rejon drogi, a są budowane dla płazów jako kompensata utraconych w wyniku budowy miejsc rozrodczych.

Ochrona chronionych gatunków zaczyna się już na etapie budowy drogi. Dotyczy to przede wszystkim płazów, które ze względu na niewielkie rozmiary i małą mobilność stanowią jedną z bardziej wrażliwych grup zwierząt. Uzależnienie rozwoju od obecności wody powoduje, że ich obecność jest stwierdzana w większości oczek i zastoisk wodnych, również tych tworzących się na placach budowy, nawet w wyniku ruchu pojazdów budowlanych. Z tego też względu, stosowane są ogrodzenia placów budów tak, aby płazy nie mogły swobodnie wejść na plac i tym samym nie były narażone na kolizje z pojazdami (Fot. 7). W okresach masowego pojawienia

się płazów dokonywane są także ręczne przenoszenia poszczególnych osobników, w miejsca bezpieczne, oddalone od placu (Fot. 8).



Fot. 7. Wygradzenia na placu budowy.



Fot. 8. Przenoszenie płazów.

Płazy są również chronione po wybudowaniu trasy, przede wszystkim stosowane są zabezpieczenia mające uniemożliwić wejście na drogę, a tym samym minimalizują ryzyko kolizji z autami. Odcinki dróg sąsiadujące ze stwierdzonymi siedliskami batrachofauny są odgradzane specjalnymi płótkami, o wysokości ok 50cm, których dodatkową funkcją jest naprowadzanie na przejścia-przepusty, pozwalające płazom bezpiecznie przejść na drugą stronę (Fot. 9). Tak jak zostało wcześniej wspomniane, w miejsca zniszczonych siedlisk rozrodczych płazów budowane są także zbiorniki wodne, odpowiednie do ich rozrodu (Fot. 10). Odtwarzane w ten sposób siedliska nie tylko kompensują straty wynikające z zajęcia terenu pod budowę, ale także w znacznej mierze polepszają warunki bytowania tej grupy zwierząt. Dostępna literatura w tym zakresie nie określa, z uwagi na brak badań naukowych, faktycznego wpływu nowopowstałej drogi na populacje płazów występujących na danym terenie, dlatego też wszystkie działania minimalizujące podlegają wieloletniemu monitoringowi, którego wyniki zweryfikują funkcjonalność zastosowanych rozwiązań. Wstępne obserwacje wskazują na znikome wykorzystanie przepustów przez płazy i na ograniczoną skuteczność płótków. Obserwuje się natomiast, stopniowe zasiedlanie urządzeń odprowadzających wody opadowe (zbiorniki retencyjne, rowy trawiaste), wydaje się także, że płazy z sukcesem podchodzą w tych miejscach do rozrodu. Powyższe wskazuje na konieczność przeprowadzenia badań naukowych, na poziomie osobniczym i populacyjnym, które pozwoliłyby na określenie, czy droga powoduje znaczące negatywne oddziaływanie na płazy.





Fot. 9. Płotki dla płazów.



Fot. 10. Zbiorniki rozrodcze.

W zależności od charakterystyki i wartości przyrodniczej obszaru, przez który planowane są nowe odcinki dróg, podejmowane są także inne działania mające na celu minimalizację oddziaływania inwestycji na świat zwierząt. Przykładem może być przenoszenie konarów drzew zasiedlonych przez pachnicę dębową (Fot. 11.), czy też budowanie pływających platform lęgowych dla ptaków wodnych (Fot. 12.). Wszystkie te działania realizowane przez Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad pokazują, że rozwój transportu w poszanowaniu otaczającego nas środowiska jest możliwy i umożliwia zachowanie niezwyklego dziedzictwa, jakim jest przyroda naszego kraju. Konieczne jest jednak, przeprowadzenie szeregu badań naukowych wskazujących rzeczywiste oddziaływanie ciągów drogowych na poszczególne gromady zwierząt i gatunki. Brak tego typu badań prowadzi, z jednej strony do częstych nadinterpretacji możliwego wpływu, a z drugiej do wskazywania rozwiązań, których funkcjonalność nie została sprawdzona.



Fot. 11. Konary z pachnicą dębową.



Fot.12. Platformy dla ptaków.

## 1. Podsumowanie

Rozbudowa sieci drogowej zawsze związana jest z ingerencją w tereny o wysokich walorach przyrodniczych. Konieczność ich ochrony wynika z jednej strony z przepisów prawa, a drugiej ze świadomości jak ważne jest zachowanie dziedzictwa narodowego, jakim jest przyroda naturalna. Działania podejmowane na rzecz minimalizacji wpływu nowej lub przebudowywanej drogi na świat przyrody stanowią znaczną część kosztów ponoszonych na realizację inwestycji. Różnorodność gatunków zwierząt, z kolei, na które droga może wpływać powoduje, że wybór odpowiedniego rozwiązania jest bardzo trudne. Obecnie, niestety, jest zbyt mało prowadzonych badań naukowych, aby określić faktyczny wpływ dróg szybkiego ruchu na poszczególne grupy zwierząt. Racjonalne rozporządzanie pieniędzmi oraz efektywne minimalizowanie oddziaływań inwestycji drogowych wymaga szerokiej współpracy, a także zaangażowania instytucji i innych podmiotów naukowych w opracowywanie najlepszych rozwiązań.

## Literatura

- [1] Berthinussen A., Altringham J. 2012a. *Do bat gantries and underpasses help bats cross roads safely?* PloS One. 7(6): e 38775. doi:10.1371/journal.pone.0038775
- [2] Borowska S. 2008. *Kolizje z dzikimi zwierzętami na drogach w Polsce*, praca dyplomowa, Warszawa.
- [3] Cichocki J., Łupicki D., Ważna A., Nowacka D. 2013. *Czy można ochronić nietoperze przed kolizjami z pojazdami na autostradzie?*. Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej R.15, Zeszyt 36/3/2013
- [4] Fernandez-Bau M., Flaquer C., Rosell C., Matas R.M., Siller J.M., Garcia-Rafalos R. 2010. *Monitoring the effect of a screen installed to mitigate the impact of a high speed railway on bats*. Conferencia IENE International Conference on Ecology and Transportation. Improving Connections in a Changing Environment, Velence, Hungaria 27-1 October-December. Infra Eco Network Europe.
- [5] Iuell, B., Bekker, G.J., Cuperus, R., Dufek, J., Fry, G., Hicks, C., Hlaváč, V., Keller, V., B., Rosell, C., Sangwine, T., Tørsløw, N., Wandall, B. le Maire, (Eds.) 2003. *Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions*.
- [6] Jędrzejewski W., Nowak S., Kurek R., Mysłajek R., Stachura K. 2004. *Zwierzęta a drogi. Metody ograniczania negatywnego wpływu dróg na populacje dziko żyjących zwierząt*. Wydanie II, Zakład Badania Ssaków PAN, Białowieża.
- [7] Kurek R. T. 2011. *Poradnik projektowania przejść dla zwierząt i działań ograniczających śmiertelność fauny przy drogach* (wyd. II) – GDOŚ, Warszawa.
- [8] Lesiński G. 2011. *Nietoperze zabijane przez pojazdy na drodze pomiędzy Warszawą a Nowym Dworem Mazowieckim*. Nietoperze 12 (1-2): 51-52.
- [9] Limpens H.J.G.A., Kapteyn K. 1991. *Bats, their behaviour and linear landscape elements*. Myotis 29: 39-48.
- [10] Mickiewicz P., Nowacka D. 2008. *Budowa dróg a utrzymanie drożności korytarzy ekologicznych. Ochrona łączności ekologicznej w Polsce Białowieża 2008*, s. 179 - 183.
- [11] Ministerstwo Środowiska Naturalnego, Wodnego i Obszarów Wiejskich, 2008. Zalecenia techniczne w celu kontroli i oceny skuteczności środków naprawczych efektu barierowego infrastruktury transportowej. Dokumentacja związana ze zmniejszeniem fragmentacji siedliska spowodowanej przez infrastrukturę transportową, numer 2. O.A. Parki Narodowe. Ministerstwo Środowiska Naturalnego, Wodnego i Obszarów Wiejskich. 138 stron, Madryt

- [12] Nowacka D. 2013. *Wpływ inwestycji drogowych na zwierzęta. Działania minimalizujące*. Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej R.15, Zeszyt 36/3/2013
- [13] Nowak M. 2013. *Przegląd Komunalny*. 7/2013
- [14] Nowak M., Mickiewicz P. 2012. *Plan zagospodarowania przestrzennego województwa jako instrument zarządzania rozwojem regionalnym*, Cedewu, Warszawa 2012, s. 137 – 151.
- [15] Pierużek-Nowak S. Jędrzejewski W., Briggs L., Kurek R., Mysłajek R. 2007. *Analiza możliwości wdrożenia systemu monitoringu przejść dla zwierząt w Polsce*, Twardorzeczka.
- [16] Solon. J. 2008. *Korytarze ekologiczne – podobieństwa i różnice w skali wewnątrzkrajowej i ponadregionalnej. Ochrona łączności ekologicznej w Polsce Białowieża 2008*, s. 137 – 143

## Mitigating a traffic impact on animals

Dagmara Nowacka

*General Directorate for National Roads and Motorways, Department of the Environment.  
E-mail: dnowacka@gddkia.gov.pl*

**Abstract:** Poland, which biological diversity stands out in comparison with the rest of Europe, became one of the biggest road construction site during the last few years. A development of a road network almost always involves disturbance of biologically sensitive and protected areas. As those areas cover about one third of the whole country it is virtually impossible to avoid conflicts concerning biological protection. For those reasons, steps to be taken to limit to a minimum the incidence of the construction works on the biological environment constitute an integral part of each investment. The costs of protecting unspoiled environment represent up to 30% of the total costs of investments. The effectiveness of planned actions must consequently justify spending the considerable funds involved. Monitoring of the results of solutions used allows both verification of their usefulness and identification possible errors so that they may be avoided in the future. Number of actions which have been undertaken in Poland to minimize the incidence of roads on unspoiled environment, in particular as regards the number of fauna passes, to preserve the ecological continuity, place Poland among most advanced European countries.

**Keywords:** mitigating measures, animal passes, monitoring, road impact on animals.





## **Wpływ hałasu drogowego na ptaki**

**Jarosław Wiącek, Marcin Polak, Marek Kucharczyk, Sylwia Zgorzałek**

*Zakład Ochrony Przyrody, Instytut Biologii i Biochemii Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej  
ul. Akademicka 19, 20-033 Lublin, wiacek@hektor.umcs.lublin.pl*

**Streszczenie:** Szybki rozwój sieci drogowej oraz infrastruktury z nią związanej wywiera silną presję na środowisko oraz żywe organizmy, wykorzystujące siedliska zlokalizowane w pobliżu dróg. Negatywne skutki tego procesu polegają na utracie i fragmentacji siedlisk użytkowanych przez zwierzęta. Osobnym zagadnieniem jest wzrost zanieczyszczeń powietrza i gleby w sąsiedztwie szlaków komunikacyjnych. Ważnym problemem jest oddziaływanie hałasu na zwierzęta egzystujące w pobliżu dróg, w tym szczególnie na ptaki. Hałas generowany przez pojazdy zakłóca komunikację dźwiękową ptaków zwłaszcza w okresie formowania się par i wczesnej inkubacji jaj. Zasadnicze funkcje śpiewu ptaków to sygnalizacja rywalom własnego gatunku zajęcia terytorium oraz co najważniejsze przywabienie partnera. Hałaśliwe „tło” w sąsiedztwie drogi powoduje trudności w porozumiewaniu się osobników. Ogólnie zjawisko zakłócania komunikacji głosowej pomiędzy osobnikami przez hałas drogowy, wywołuje tzw. „maskowanie” ważnych sygnałów biologicznych. Najbardziej wrażliwe na wpływ hałasu drogowego okazują się gatunki wydające dźwięki o niskim paśmie częstotliwości ze względu na skuteczność ich maskowania przez hałas charakteryzujący się podobnym spektrum częstotliwości. W efekcie działania hałasu drogowego powstają zmiany w natężeniu a nawet częstotliwości śpiewu ptaków. Niektórzy autorzy zwracają również uwagę na modyfikujący wpływ czynników klimatycznych oraz struktury i typu siedliska w rozprzestrzenianiu się hałasu. Większość wykonanych dotychczas badań dotyczy okresu lęgowego, a tylko nieliczne prace zajmują się oddziaływaniem hałasu na ptaki w okresie migracji lub w okresie zimowania. Najczęściej podejmowanym zagadnieniem przez badaczy jest ocena zagęszczeń lęgowych ptaków przy drodze. W większości badań zaobserwowano spadek liczebności i bogactwa gatunkowego osobników w sąsiedztwie szlaków komunikacyjnych. Jednak niektóre gatunki ptaków, ze względu na tzw. „efekt krawędzi”, który modyfikuje zasobność bazy pokarmowej oraz mikroklimat, występują w większych zagęszczeniach właśnie przy drogach. Ważnym zagadnieniem jest również modyfikujący wpływ hałasu na drapieżnictwo przy drogach.

**Słowa kluczowe:** hałas drogowy, ptaki, ochrona środowiska.

### **1. Wprowadzenie**

Postęp cywilizacyjny i towarzyszący mu gwałtowny rozwój różnego typu infrastruktury coraz silniej oddziałuje na faunę i jej siedliska. Środowisko naturalne oraz żywe zasoby przyrodnicze są w znacznym stopniu przekształcone wielowiekową presją rozwijającego się przemysłu, rozbudowy infrastruktury i eksploatacją zasobów naturalnych. Ważnym czynnikiem jest również proces urbanizacji. Skutki

tych działań bardzo wyraźnie odciskają swoje piętno na środowisku naturalnym i przyrodzie. Jednym z podstawowych elementów infrastruktury w gospodarkach wszystkich krajów są sieci dróg, które stanowią szczególny „system krwionośny” każdego państwa niezależnie od stopnia jego zaawansowania w rozwoju cywilizacyjnym. Na każdym etapie rozwoju, transport był podstawą prawidłowego działania gospodarki, ale zawsze generował negatywne oddziaływania związane ze zmianami w środowisku, krajobrazie czy bezpośrednim wpływem na niektóre gatunki roślin i zwierząt. Budowa dróg jest związana z zajęciem terenu, fragmentacją siedliska przez które przebiega oraz oddziaływaniem przemieszczających się po drodze środków transportu na jej otoczenie. Wraz z rozwojem technicznym środków transportu oraz rozrostem sieci dróg, stopień oddziaływania na przyrodę nasilał się i w najbliższym czasie trend ten będzie się utrzymywał. Presja tego typu dotyczy głównie fauny i jej siedlisk, gdyż obydwie elementy, osobnik i jego siedlisko są ze sobą nierozzerwalnie związane. Spośród zwierząt najlepiej poznaną grupą są ptaki a różnorakie negatywne oddziaływania związane z eksploatacją i oddziaływaniem dróg na tę grupę kregowców doczekały się wielu publikacji [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8]. Nie oznacza to jednak, że temat został wyczerpany, a wszystkie czynniki wpływające na biologię i zachowanie ptaków przy drogach są już poznane i opisane. W niniejszym opracowaniu zaprezentowano przegląd ważniejszych zagadnień dotyczących skutków budowy i eksploatacji dróg na populacje ptaków, z szczególnym uwzględnieniem hałasu drogowego oraz innych czynników występujących równolegle z hałasem.

## 2. Utrata i fragmentacja siedlisk

Wzrost natężenia transportu drogowego będący wynikiem rozwoju infrastruktury drogowej wywołuje silną presję na przyrodę. Głównym czynnikiem degradującym środowisko jest fragmentacja siedlisk [9]. Inwestycje drogowe polegające na budowie nowych i rozbudowie istniejących ciągów komunikacyjnych tworzą liniowe bariery, generujące negatywne oddziaływanie na faunę, w tym również na ptaki [10], [11], [12], [13]. Utrata siedlisk wykorzystywanych przez awifaunę w okresie lęgowym, ale również w trakcie migracji i zimowania, przyczynia się w oczywisty sposób do spadku ich liczebności oraz różnorodności gatunkowej [14]. Fragmentacja kompleksów leśnych, przecinanie dolin rzecznych, a nawet inwestycje drogowe w przekształconym krajobrazie rolniczym zubażają różnorodność gatunkową i liczebność wielu gatunków ptaków [2], [15], [16]. Mniejsze fragmenty dużych kompleksów leśnych powstałe w wyniku realizacji inwestycji drogowych, tworzą okrojone obszarowo siedliska niewystarczające dla wielu gatunków, które zwykle wymagają dużego obszaru dla zaspokojenia potrzeb pokarmowych, odbycia lęgów i wyprowadzenia młodych [17]. Rezultatem takich działań jest wycofywanie się gatunków rzadkich o specyficznych wymaganiach siedliskowych z tych terenów. Postępująca degradacja siedlisk powoduje spadek liczebności wielu gatunków ptaków we wszystkich okresach fenologicznych [8], [18], [19]. Wiele gatunków ptaków unika miejsc aktywności człowieka, gdyż w niektórych przypadkach już sama jego obecność ma negatywny wpływ na ich zachowanie [20]. Dotyczy to również antropogenicznych budowli-pułapek, stanowiących przeszkodę w swobodnym wykorzystaniu przestrzeni w terytoriach zwierząt, w tym również ptaków [21]. Antropogeniczne zmiany otoczenia dróg,

wywołują zmiany w składzie szaty roślinnej pobocza, co pociąga zmiany w faunie bezkręgowej a w ostatecznej kolejności modyfikuje skład dostępnego pokarmu dla wielu gatunków ptaków. Zmiany te mają duże znaczenie, gdyż baza pokarmowa ma fundamentalne znaczenie dla wyboru konkretnego siedliska przez ptaki, a wybór ten jest związany w głównej mierze z jego zasobnością pokarmową [22]. Innymi następstwami obecności człowieka i wytworów jego działalności w środowisku, są zmiany w parametrach reprodukcji i przeżywalności piskląt [23], [24], [25]. Najsilniejsze oddziaływanie dotyczy zwykle ptaków młodych i niedoświadczonych, które wykazują najwyższą śmiertelność podczas pierwszej migracji i zimowania [26], [27]. Wszystkie opisane powyżej procesy nasilają się, gdyż człowiek w związku ze swoją działalnością przekształca lub niszczy kolejne obszary wykorzystywane przez ptaki [28], [29]. Końcowy efekt negatywnego wpływu działań antropogenicznych na przyrodę, w tym również na awifaunę jest w wielu przypadkach trudny do przewidzenia [30]. Skutki takiego oddziaływania są skumulowanym efektem presji kilku czynników działających jednocześnie, co potęguje ich następstwa, a jednocześnie znacznie utrudnia oszacowanie rozmiaru ich indywidualnego wpływu na ptaki i inne zwierzęta [25].

### **3. Metody badawcze stosowane w badaniach nad wpływem hałasu na ptaki**

Większość badań nad wpływem hałasu drogowego na ptaki opiera się na bezpośredniej obserwacji oraz nasłuchu pojedynczych osobników lub zgrupowań ptaków odzywających się różnymi typami głosów, w zależności od okresu fenologicznego (lęgowy, migracja, zimowanie). Wśród metod terenowych dominuje metoda nasłuchów i obserwacji w punktach położonych w odstępach 200-300 metrów od siebie, rozmieszczonych w różnym dystansie od drogi [8, 56]. Niektóre prace oparto o liczenia ptaków na powierzchniach badawczych [15].

Inną równie często stosowaną metodą jest metoda transektów równoległych lub prostopadłych do drogi gdzie wykonuje się liczenia ptaków [7]. Równie częstą metodą jest wykorzystanie budek lęgowych wraz z oceną ich zajęcia oraz sukcesu lęgowego w zależności od odległości budki od drogi [23, 31]. Oprócz badań reakcji ptaków na hałas, podstawowym zagadnieniem jest pomiar samego hałasu, który jest głównym czynnikiem negatywnie oddziałującym na ptaki [57]. Zdecydowana większość prac prezentuje dwa typy pomiarów. Pierwszy to wykonywany różnego rodzaju miernikami, chwilowy pomiar hałasu maksymalnego w punktach obserwacji i nasłuchu ptaków podczas liczeń osobników [8, 31]. Drugi to pomiar hałasu według norm krajowych obowiązujących w poszczególnych krajach służący wykonaniu mapy akustycznej badanego terenu. Najczęściej stosowanymi metodami pomiaru w Polsce to francuska metoda "NMPB-Routes - 96 (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB)", oraz polski standard kalkulacji rozprzestrzenienia hałasu z uwzględnieniem wpływu roślinności „PN-ISO 9613-2:2002”. Obydwie metody są najczęściej wykorzystywane w pracach badawczych wykonywanych w naszym kraju [7,8,31].

Prace badawcze o charakterze eksperymentalnym dotyczące wpływu hałasu na ptaki wymagają niekiedy skomplikowanego sprzętu emitującego „sztuczny” hałas drogowy, tak jak w rzeczywistych warunkach spotykanych w sąsiedztwie

ruchliwej drogi. Przykładem takiej metody badań jest sztuczna droga (*phantom road*) skonstruowana przez amerykańskich badaczy z wykorzystaniem systemu głośników, dla zbadania oddziaływania hałasu na ptaki w okresie migracji [57]. W szczegółowych badaniach nad strukturą śpiewu ptaków, dialektami, rozpoznawaniem pokrewieństwa, sąsiada lub obcego, wykorzystuje się bardzo specjalistyczny sprzęt akustyczny (mikrofony i urządzenia rejestrujące) oraz programy komputerowe do analizy zarejestrowanych dźwięków [43].

#### 4. Wpływ hałasu drogowego na liczebność i różnorodność ptaków

Badania ornitologiczne prowadzone w sąsiedztwie dróg o dużym natężeniu ruchu, wskazują na silną presję czynników generowanych przez pojazdy na populacje ptaków egzystujących w zasięgu oddziaływania drogi (Tabela 1).

Tabela 1. Przykładowe dane dotyczące natężenia ruchu pojazdów z wybranych badań nad wpływem hałasu drogowego na ptaki.

Rok	Autorzy	Tytuł	Natężenie ruchu	Efekt hałasu drogowego
1995	Reijnen R., Foppen R	The effect of car traffic on breeding Bird population In woodland. Journal of Applied Ecology 32:481-491.	40-52 tys pojazdów dziennie	Spadek zagęszczenia ptaków przy drodze
2011	Goodvin S., Shriver G.	Effects of traffic noise on occupancy patterns of forest birds. Conservation Biology 25(2): 406-411.	41-59 tys pojazdów dziennie	Spadek zagęszczenia ptaków i maskowanie sygnałów ważnych biologicznie, silny wpływ na gatunki wydające głosy na niskich częstotliwościach
2011	Halfwerk i inni	Negative impact of traffic noise on avian reproductive success. Journal of Applied Ecology 48:210-219.	20 pociągów na godzinę, sąsiedztwo 4 pasmowej autostrady	Spadek sukcesu lęgowego sikor bogatek gnieźdzących się w budkach lęgowych.
2012	Owens J, Stec C, O'Hatnick A.	The effects of extended exposure to traffic noise on parid social and risk-taking behaviour. Behavioural Processes 91: 61-69.	1200 pojazdów na godzinę (4 pasmowa autostrada)	Zmiany w zachowaniu ptaków (reakcje antydrapieżnicze, dystans najbliższego sąsiada w stadzie, liczebność stad)
2013	Polak i inni	The effect of Road traffic on a breeding community of woodland birds. Eur. Journal of Forest Research 132: 931-941	8700 pojazdów dziennie (droga krajowa DK 19)	Spadek liczebności i bogactwa gatunkowego ptaków przy drodze

Badania prowadzone w krajobrazie rolniczym Holandii wykazały spadek zagęszczeń lęgowych ptaków w sąsiedztwie dróg [2]. Analogiczne obserwacje wykonane w siedliskach leśnych potwierdziły tę zależność [15], [16]. Wyniki obserwacji wykazały że poziom hałasu powyżej 47 dB wywoływał zakłócenia w lęgach ptaków. Pilotażowe wyniki badań przeprowadzonych w Polsce dały podobne rezultaty. Prace terenowe wykazały, że w lasach Pomorza Zachodniego i Lubelszczyzny różnorodność gatunkowa oraz liczebność ptaków przy drogach zależała od natężenia ruchu pojazdów [7]. Ptaki zasiedlające lasy iglaste jak i liściaste wyraźnie unikały sąsiedztwa ruchliwej drogi. Im większe natężenie ruchu pojazdów i związanego z tym hałasu tym mniej ptaków stwierdzano na badanych transektach. Szczegółowe badania nad tym samym zagadnieniem wykonano także w trakcie sezonu lęgowego w Lasach Janowskich w sąsiedztwie drogi krajowej DK 19 pomiędzy

Janowem Lubelskim i Rzeszowem [8]. Liczebność oraz różnorodność gatunkowa ptaków wykrywanych w punktach nasłuchowych rosła wraz z oddalaniem się od drogi. Poziom hałasu poniżej 53 dB nie miał większego wpływu na zagęszczenie i bogactwo gatunkowe ptaków w okresie lęgowym. Zasięg oddziaływania hałasu drogowego na awifaunę leśną w warunkach siedliskowych panujących wzdłuż drogi numer 19 w Lasach Janowskich (dominujący bór sosnowy) wyniósł około 300 metrów od krawędzi szosy. Najbardziej wrażliwą na to oddziaływanie grupą ptaków były gatunki gniazdujące w strefie przy ziemi oraz charakteryzujące się komunikacją głosową o niskim spektrum częstotliwości. W tych samych lasach wykonano również eksperyment z wykorzystaniem budek lęgowych (192 budki) dla ptaków wróblowych [31]. Na podstawie zajęcia budek przez ptaki w różnych odległościach od drogi oceniano wpływ eksploatacji drogi na lęgi różnych gatunków ptaków. W pierwszym sezonie badań, ptaki wyraźnie preferowały sąsiedztwo drogi. Zajmowały budki położone bliżej krawędzi lasu. W drugim sezonie zasiedlenie budek było bardziej równomierne. Jednak niektóre gatunki takie jak muchołówka żałobna *Ficedula hypoleuca*, modraszka *Cyanistes caeruleus* czy bogatka *Parus major* wyraźnie preferowały sąsiedztwo drogi. Otrzymane wyniki są zgodne z danymi podawanymi przez innych obserwatorów [32], [33]. Zjawisko to tłumaczy się tzw. efektem krawędzi, dość szeroko opisanym w literaturze ornitologicznej [4], [6], [32], [65]. Analogiczne obserwacje zostały poczynione dla gatunków takich jak: kos *Turdus merula*, świergotek drzewny *Anthus trivialis* lub zięba *Fringilla coelebs*, które osiągały znacząco wyższe zagęszczenia lęgowe przy krawędzi lasu, niż w głębi. Powodem takiej sytuacji jest większa dostępność pokarmu, głównie bezkręgowców, na które polują gatunki owadożerne [34], [35]. W przypadku gatunków takich jak np. muchołówka żałobna prowadzi to do osiedlania się w odległości poniżej 100 metrów od drogi [36]. Ważnym czynnikiem może być również pokarm pochodzenia antropogenicznego, możliwy do znalezienia przy drodze, który wabi niektóre gatunki ptaków. Obfitsza baza pokarmowa przy drodze może być jednak pułapką ekologiczną, gdyż zwiększa ryzyko kolizji z pojazdami [12], a wiele gatunków ptaków wykorzystuje roślinność wzdłuż dróg jako atrakcyjne miejsce żerowania, miejsce rozrodu lub odpoczynku w trakcie migracji [37], [38], [39].

## 5. Wpływ hałasu na komunikację głosową ptaków

Wokalizacja u ptaków w trakcie procesu ewolucji ulegała stopniowemu dostosowaniu do panujących warunków klimatycznych i siedliskowych [40]. Obecne dość gwałtowne zmiany antropogeniczne w środowisku życia ptaków, mogą obniżać efektywność komunikacji głosowej między osobnikami. Przekaz informacji pomiędzy nadawcą i odbiorcą jest bardzo ważnym czynnikiem wpływającym na różnorakie zachowania ptaków i innych grup zwierząt [41]. Zasadnicza funkcja śpiewu to przywabienie partnerki. Śpiew samca w zajęтым terytorium sygnalizuje samicy oraz potencjalnym rywalom gotowość do rozrodu oraz obrony swojego rewiru [42]. Ważną rolę odgrywają również głosy kontaktowe i ostrzegawcze, zwłaszcza w obliczu zagrożenia przez drapieżnika lub rozpoznawania się partnerów czy sąsiadów [43]. Hałas drogowy może znacząco maskować te sygnały i powodować trudności na etapie zajmowania rewiru i przystępowania do lęgów [44]. Dźwięki wydawane w paśmie częstotliwości podobnym do spektrum hałasu generowanego przez ruch pojazdów mogą być niesłyszalne lub trudne do identyfikacji dla ptaków



[45], [46]. Szczególnie narażone na oddziaływanie hałasu są gatunki porozumiewające się dźwiękami o niskich częstotliwościach. Gatunki te wyraźnie unikają sąsiedztwa drogi [1],[47]. Potwierdzają to również wyniki z Lasów Janowskich [8], gdzie takie gatunki jak kukułka *Cuculus canorus*, grzywacz *Columba palumbus*, gajówka *Sylvia borin*, dzięcioł zielonosiwy *Picus canus* czy turkawka *Streptopelia turtur* wyraźnie unikały sąsiedztwa infrastruktury drogowej. Brak skutecznej komunikacji dźwiękowej pomiędzy osobnikami w środowisku zanieczyszczonym hałasem może dodatkowo wpływać na niski sukces lęgowy, lub jego całkowity brak z powodu nie przystąpienia do rozrodu w danym sezonie [48]. Ptaki, starając się porozumieć w hałaśliwym środowisku, zmieniają amplitudę śpiewu, jego częstotliwość lub odzywają się w chwilach ciszy pomiędzy przejeżdżającymi pojazdami [5], [49], [50], [51], [52], [66]. Oddziaływanie hałasu drogowego może być modyfikowane przez czynniki klimatyczne lub siedliskowe. Wilgotność powietrza i temperatura otoczenia w znaczący sposób wpływa na głębokość penetracji lasu przez hałas. Struktura lasu, taka jak sposób wykształcenia jego kolejnych warstw od runa począwszy a na koronach drzew skończywszy również modyfikuje propagację hałasu. Typ siedliska – grądowy (drzewostan liściasty) lub borowy (drzewostan iglasty), odgrywa również ważną rolę [1]. Zmienność pór roku charakterystyczna dla klimatu umiarkowanego powoduje, że w zależności od stadium wegetacji roślinności i związanego z tym brakiem i obecnością ulistnienia w znacznym stopniu modyfikują oddziaływanie hałasu drogowego na ptaki. Nasze badania wykazały, iż w okresie lęgowym, graniczny poziom negatywnego oddziaływania hałasu na ptaki w borach wschodniej Polski, wskazuje izofona 53 dB [8]. Podczas gdy poza okresem ulistnionym (jesienią i zimą) negatywne oddziaływanie hałasu wydaje się rozpoczynać już od niższych wartości natężenia hałasu. Są to generalnie nieco wyższe poziomy, niż prezentują dane holenderskie, wskazujące na oddziaływania powyżej 47 dB [53]. W okresie lęgowym hałas powyżej 53 dB wpływa na obniżenie zagęszczeń lęgowych ptaków [8]. Jeszcze wyższy poziom hałasu (ponad 100 dB) może prowadzić do uszkodzenia narządu słuchu ptaków, zwłaszcza jeśli jest to oddziaływanie długotrwałe [54]. Jednak narząd słuchu ptaków może się w pewnym zakresie regenerować.

## 6. Oddziaływania towarzyszące hałasowi

Hałas drogowy powstający w związku z poruszaniem się pojazdów po drogach o dużym natężeniu ruchu nigdy nie występuje jako jedyny czynnik, który może samodzielnie oddziaływać na ptaki w sąsiedztwie drogi. Niektóre prace zwracają uwagę, że światła przejeżdżających pojazdów oraz ludzie poruszający się wzdłuż drogi lub penetrujący teren w jej sąsiedztwie mogą generować negatywne oddziaływanie na ptaki [55]. Stres wywołowany przez błyski świateł pojazdów na drodze może zakłócać inkubację jaj lub żerowanie. Podobnie ludzie penetrujący sąsiedztwo drogi mogą zaburzać lęgi ptaków lub poszukiwanie pokarmu. Innym czynnikiem związanym z drogami są zanieczyszczenia powietrza i gleby na poboczu drogi. Różnego rodzaju związki chemiczne mogą akumulować się w organizmach ptaków lub gromadząc się w zasobach pokarmowych na różnych poziomach troficznych, obniżyć ich jakość i pośrednio oddziaływać na ptaki [56]. Jednak badania eksperymentalne, polegające na wykluczeniu wpływu czynników towarzyszących wskazują, że czynnikiem kluczowym, który obniża zagęszczenia lęgowe ptaków przy drogach o dużym natężeniu ruchu jest hałas. Eksperyment z wykorzystaniem

tw. sztucznej drogi (*phantom road*) zaimprovizowanej w siedlisku leśnym, wykonany w Stanach Zjednoczonych wyraźnie wykazał, że sam hałas, bez udziału innych czynników powoduje obniżenie zagęszczenia ptaków w pobliżu „atrapy drogi” zbudowanej przy użyciu systemu głośników zainstalowanych na drzewach, emitujących jedynie odgłosy przejeżdżających pojazdów [57].

## 7. Hałas a presja drapieżników

Hałas drogowy jako główny czynnik wywołujący spadek zagęszczeń zgrupowań ptaków w sąsiedztwie drogi oddziałuje również na drapieżniki niszczące lęgi ptaków. Siedliska przy drogach są częściej penetrowane przez drapieżniki, niż te wgłębi lasu [58]. Opisany powyżej „efekt brzeżny” powoduje, że wiele ptaków gnieździ się w pobliżu krawędzi lasu w tym również przy drogach [4], [6], [34], co przyciąga poszukujące pokarmu drapieżniki [49]. Jednak stres wywołany przez hałas, światła przejeżdżających pojazdów i penetrację człowieka powoduje, że niektóre drapieżniki unikają sąsiedztwa dróg, co paradoksalnie stwarza korzystniejsze warunki dla ptaków [60]. Wyniki eksperymentów z budkami wieszanymi w sąsiedztwie dróg potwierdzają tę hipotezę [6], [31]. Na podobną funkcję hałasu drogowego, który zakłóca normalne interakcje pomiędzy drapieżnikiem i potencjalną ofiarą wskazują wyniki eksperymentów wykonanych w Stanach Zjednoczonych [61].

W okresie pozalegowym jedną z typowych reakcji antydrapieżniczych jest skupianie się ptaków w stada, co zmniejsza ryzyko ataku drapieżnika. Innym powodem skupiania się ptaków w luźne koncentracje jest optymalizacja żerowania i łatwiejsze odnajdywanie miejsc zasobnych w pokarm [62], [63]. Wyniki niektórych badań wykonanych w pobliżu dróg wskazują, że ptaki skupiają się w stadka dla polepszenia komunikacji w grupie w warunkach hałaśliwego otoczenia, a sam hałas jest tu czynnikiem porównywalnym z zagrożeniem stwarzanym przez drapieżniki [64]. Reakcja na hałas drogowy i obecność drapieżnika w pobliżu może być podobna.

## 8. Działania minimalizujące wpływ hałasu drogowego na ptaki

Badania nad wpływem hałasu na ptaki wskazują na potrzebę stosowania odpowiednich działań minimalizujących negatywne oddziaływanie dróg na ptaki. W przypadku budowy nowych dróg bardzo istotne jest zaprojektowanie przebiegu drogi w sztucznych lub naturalnych zagłębieniach terenu takich jak: wąwozy, parowy, doliny. Naturalne bariery takie jak: gęsty las, wzgórza, nasypy mogą obniżyć poziom hałasu. Niższe bariery mogą redukować hałas o 5 dB, natomiast wyższe nawet o 20 dB [54]. Nasadzenia lub samorzutne odnowienia lasu mogą modyfikować i ograniczać negatywne oddziaływanie ruchu pojazdów na liczebność i skład gatunkowy ptaków gniazdujących przy drodze. Unikanie nasadzeń drzew i krzewów, które swoimi owocami lub nasionami wabią ptaki w pobliże drogi jest sposobem na unikanie tworzenia tzw. pułapek ekologicznych. W celu zredukowania ryzyka kolizji ptaków można utrudnić przelatywanie ptaków do strefy zagrożenia lub zastosować środki projektowe, które obniżą atrakcyjność dróg dla dotkniętych tym oddziaływaniem gatunków. Za pomocą dobrze zaprojektowanych nasadzeń lub nieprzezroczystych ekranów akustycznych można zminimalizować negatywny wpływ hałasu na ptaki leśne. Jednocześnie należy pamiętać, iż przezroczyste ekrany



z sylwetkami drapieżników nie zdają egzaminu i generują istotną śmiertelność ptaków. W najbardziej newralgicznych fragmentach dróg szczególnie godne polecenia jest stosowanie cichych nawierzchni dróg, które pozwalają ograniczyć nadmierny hałas komunikacyjny. Porowate nawierzchnie asfaltu (OPA) najnowszej generacji, powodują zmniejszenie hałasu od 7 do 8 dB. Nawierzchnia ta redukuje szum opon na drodze i stosowana jest w wielu krajach Unii Europejskiej, np. we Francji czy Włoszech. Dla samochodów osobowych są one znaczące od prędkości 40 km/h a u samochodów ciężarowych od 70 km/h. [67]. Aby ograniczyć hałas można też stosować w najcenniejszych pod względem przyrodniczo obszarach: alternatywny, bardziej wydajny transport autobusami lub czasowe zamknięcie drogi w czasie kluczowych dla ptaków momentów cyklu życiowego [23].

## Literatura

- [1] Goodwin, S., Shriver, W. *The effects of traffic noise on occupancy patterns of forest birds*. Conservation Biology Vol.25(2): 406-411, 2013.
- [2] Reijnen, R., Foppen, R., Meeuwsen, H. *The effects of traffic on the density of breeding birds in Dutch agricultural grasslands*. Biol Conserv 75:255-260, 1996.
- [3] Forman R., Reineking B., Hersperger A. *Road traffic and nearby grassland bird patterns in a suburbanizing landscape*. Environmental Management 29: 782-800, 2002.
- [4] Benitez-López, A., Alkemade, R., Verweij, P., A. *The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations: A meta-analysis*. Biol Conserv 143:1307-1316, 2010.
- [5] Brumm H. *The impact of environmental noise on song amplitude in a territorial bird*. J Anim Ecol 73:434-440, 2004.
- [6] Kuitunen, M., T., Viljanen, J., Rossi, E., Stenroos, A., 2003. *Impact of busy roads on breeding success in Pied Flycatchers Ficedula hypoleuca*. Environ Manage 31:79-85.
- [7] Kucharczyk M., Wiącek J. *Wstępne wyniki badań nad wpływem hałasu drogowego na ptaki w lasach Pomorza Zachodniego i Lubelszczyzny*. W: *Ptaki-Środowisko-Zagrożenia\_Ochrona. Wybrane aspekty ekologii ptaków* (Wiącek J., Polak M., Kucharczyk M., Grzywaczewski G., Jerzak L. (eds.)), str. 335-342, 2009
- [8] Polak, M., Wiącek, J., Kucharczyk, M., Orzechowski, R., 2013. *The effect of road traffic on a breeding community of woodland birds*. Eur J Forest Res. 132:931-941.
- [9] Šálek, M., Svobodová, J., Zasadil, P., 2010. *Edge effect of low-traffic forest roads on bird communities in secondary production forests in central Europe*. Landscape Ecol 25:1113-1124.
- [10] Fahrig, L., Pedla, J., H., Pope, S., E., Taylor, P., D., Wegner, J., F., 1995. *Effect of road traffic on amphibian density*. Biol Conserv 73:177-182
- [11] Forman, R., T., Sperling, D., 2003. *Road Ecology: Science and Solutions*. Island Press, Washington.
- [12] Orłowski, G., 2008. *Roadside hedgerows and trees as factors increasing road mortality of birds: implications for management of roadside vegetation in rural landscapes*. Land Urban Plan 86:153-161.
- [13] Fahrig, L., Rytwinski, T., 2009. *Effects of roads on animal abundance: An empirical review and synthesis*. Ecology and Society 14:21.
- [14] Moore, F., 2000. *Stopover ecology of Nearctic-Neotropical landbird migrants: habitat relations and conservation implications*. Allen, Lawrence, KS.

- [15] Reijnen, R., Foppen., R., 1995. *The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. III. Reduction of density in relation to the proximity of main roads.* J Appl Ecol 32:187-202.
- [16] Reijnen, R., Foppen, R., Veenbaas, G., 1997. *Disturbance by traffic of breeding birds: evaluation of the effect and considerations in planning and managing road corridors.* Biodiv Conserv 6:567-581.
- [17] Zawadzka D., Ciach M., Figarski T., Kajtoch Ł., Rejt Ł. 2013. *Materiały do wyznaczania i określania stanu zachowania siedlisk ptasich w obszarach specjalnej ochrony ptaków Natura 2000.* Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, Warszawa. Str.260.
- [18] Slabbekoorn, H., Ripmeester, E.,A.,P., 2007. *Birdsong and anthropogenic noise: implications and applications for conservation.* Mol Ecol17:72-83.
- [19] Ree R., Jaeger J., van der Grift E., Clevenger A. *Effects of Roads and Traffic on Wildlife Populations and Landscape Function: Road Ecology is Moving toward Larger Scales.* Ecology and Society 16: 48, 2011.
- [20] Burger, J., Gochfeld, M., 1998. *Effects of ecotourists on bird behaviour at Loxahatchee National Wildlife Refuge, Florida.* Environmental Conservation, 25, 13–21.
- [21] Anderson d., Burnham K. *Avoiding pitfalls when using information-theoretic methods.* Journal of Wildlife Management 66: 912-918, 2002.
- [22] Hutto, R., 1985. *Habitat selection by nonbreeding, migratory land birds.* In: *Habitat selection in birds.* Academic, Orlando, pp. 455-476.
- [23] Halfwerk, W., Holleman, L., Lessells, C., Slabbekoorn, H., 2011. *Negative impact of traffic noise on avian reproductive success.* J Appl Ecol 48:210-219.
- [24] Miller, S., Knight, R., Miller, C., 1998. *Influence of recreational trails on breeding bird communities.* Ecological Applications, 8, 162-169.
- [25] West, A., Goss-Custard, J., Stillman, R., Caldow, R., Durrell, S., le V.dit, McGrorty, S., 2002. *Predicting the impacts of disturbance on shorebird mortality using a behaviour-based model.* Biological Conservation 106: 319-328.
- [26] Sillett, T., Holmes, R., 2002. *Variation in survivorship of a migratory songbirds throughout its annual cycle.* J Anim. Ecol. 71: 296-308.
- [27] Newton, I., 2006. *Can conditions experienced during migration limit the population levels of birds?* J Ornithol 147: 146-166.
- [28] Wight, P., 2002. *Supporting the principles of sustainable development in tourism and ecotourism: governments' potential role.* Current Issues in Tourism, 5: 222-243.
- [29] Christ, C., Hillel, O., Matus, S., Sweeting, J., 2003. *Tourism and Biodiversity: Mapping Tourism's Global Footprint.* Conservation International, Washington, DC.
- [30] Gill, J., Norris, K., Sutherland, W., 2001. *Why behavioural responses may not reflect the population consequences of human disturbance.* Biological Conservation, 97: 265-268.
- [31] Wiącek, J., Kucharczyk, M., Polak, M., Kucharczyk, H (2014, in press) *The influence of road traffic on woodland birds, an experiment with using of nestboxes.* SYLWAN.
- [32] Ferris C.R. 1979. *Effect of Interstate 95 on breeding birds in northern Maine.* J Wild Manag 43:421-427, 1979
- [33] Adams, L.W., Geis, D., 1981. *Effects of highway on wildlife. Report No. FHWA/RD-81/067. Office of Research.* Federal Highway Administration. US Department of Administration. Washington
- [34] Helle P. *Bird communities in open ground-climax forest edges in north eastern Finland.* Oulanka Reports 3:39-46, 1983
- [35] Helle, P., Muona, J., 1985. *Invertebrate numbers in edges between clear-fellings and mature forests in northern Finland.* Silva Fenn 19:281-294.

- [36] Huchta, E., Jokimäki, J., Rahko, P., 1999. *Breeding success of pied flycatchers in artificial forest edges: the effect of a suboptimally shaped foraging area*. Auk 116:528-535.
- [37] Paruk J. *Effects of roadside mangement practices on bird richness and reproduction*. Trans. III.St.Acad.Sci.83: 181-192, 1990.
- [38] Meunier F., Verheyden C., Jouventin P. *Bird communities of highway verges: influence of adjacent habitat and roadside management*. Acta Oecol. 20: 1-13, 1999.
- [39] Erritzoe J., Mazgajski T., Rejt Ł. *Bird casualties on European roads – a review*. Acta Ornithologica 38: 77-93, 2003.
- [40] Willey R. *Associations of song properties with habitats for territorial oscine birds of eastern North America*. The American Naturalist 138: 973-993, 1991.
- [41] Herrera-Montes M., Aide T. *Impacts of traffic noise on anuran and bird communities*. Urban Ecosystems, DOI 10.1007/s11252-011-0158-7, 2011.
- [42] Blickley J.L., Blackwood D., Patricelli G.L. 2012. *Experimental evidence for the effects of chronic anthropogenic noise on abundance of greater sage-grouse at leks*. Conserv Biol 26:461-471
- [43] Budka M., Osiejuk T. *Neighbour-stranger call discrimination in the nocturnal reil species: the corncrake *Crex crex**. Journal of Ornithology 154: 685-694, 2013.
- [44] Wiley, R.,H., Richards, D.,G., 1982. *Adaptation for acoustic communication in birds: sound transmission and signal detection*. In: Kroodsma, D.,E., Miller, E.,H., (Eds.), *Acoustic Communication in Birds*, Vol. 1, Academic Press, New York, pp 131-181.
- [45] Klump G. *Bird communication in the noisy world, w: Ecology and evolution of acoustic communications in birds* [Kroodsma D., Miller D. (eds.)]. Comstock Publishing. Ithaca, New York, str. 321-338, 1996.
- [46] Patricelli G., Blickley J. *Avian communication in urban noise, causes and consequences of vocal adjustment*, Auk 123: 639-649, 2006.
- [47] Francis C., Partisis J., Ortega C., Cruz A. *Landscape patterns of avian habitat use and nests success are affected by chronic gas well compressor noise*. Landscape Ecol. 26: 1269-1280, 2011.
- [48] Brumm, H., Slabbekoorn, H., 2005. *Acoustic communication in noise. Advances in the Study of Behaviour* 35:151-209.
- [49] Brumm H., Todt D. *Noise-dependent song amplitude regulation in a territorial songbird*. Animal Behaviour 63: 891-897, 2002.
- [50] Rheindt, F.,E., 2003. *The impact of roads on birds: Does song frequency play a role in determining susceptibility to noise pollution?* J. Ornith. 144:295-306.
- [51] Slabbekorn H., Peet M. *Ecology: birds sing at a higher pitch in urban noise – great tits hit the high notes to ensure that their mating calls are heard above the city’s din*. Nature 424: 267. 2003.
- [52] Wood, W.,E., Yezerinac, S.,M., 2006. *Song Sparrow (*Melospiza melodia*) song varies with urban noise*. Auk 123:650-659.
- [53] Reijnen R., Foppen R. *Impact of road traffic on breeding bird population. W: Davenport J., Davenport J.L.(eds.) The ecology of transportation: managing mobility for the environment*. Springer, Dordrecht, str. 255-274, 2006.
- [54] Dooling R.J., Popper A.N. 2007. *The effects of highway noise on birds*, The California Dept. of Transportation, Division of Environmental Analysis, Sacramento, California, USA
- [55] Pockock, Z., Lawrence, R.,E., 2005. *How far into a forest does the effect of a road extend? Defining road edge effect in eucalypt forests of South-Eastern Australia*. In: Irwin CL, Garrett P, McDermott KP (eds) *Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology*

- and Transportation. Center for Transportation and Environment, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, USA, pp. 397-405.
- [56] Summers, P.,D., Cunnington, G.,M., Fahrig, L., 2011. *Are the negative effects of roads on breeding birds caused by traffic noise?* J Appl Ecol 48:1527-1534.
- [57] McClure, C., Ware, H., Carlisle, J., Kaltenecker, G., Barber, J., 2013. *An experimental investigation into the effects of traffic noise on distribution of birds: avoiding the phantom road.* Proc R Soc B 280:20132290. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2013.2290>.
- [58] Kuitunen, M., Helle, P., 1988. *Relationship of the common treecreeper Certhia familiaris to edge and forest fragmentation.* Orn Fenn 65:150-155.
- [59] Ratti, J.,T., Reese, K.,P., 1988. *Preliminary test of the ecological trap hypothesis.* J Wild Manage 52:484-491.
- [60] Pescador, M., Peris, S., 2007. *Influence of roads on bird nest predation: An experimental study in the Iberian Peninsula.* Land Urban Plan 82:66-71.
- [61] Francis C., Ortega C., Cruz A. *Noise pollution changes avian communities and species interactions.* Current Biology 19: 1415-1419, 2009.
- [62] Valcarcel A., Fernandez-Juricic E. *Antipredator strategies of house finches: are urban habitats safe spots from predators even humans are around?* behav Ecol Sociobiol 63: 673-685, 2009.
- [63] Krebs N., Davies J., West., S. *An introduction to Behavioural Ecology*, Fourth Edition, Wiley-Blackwell, 2012.
- [64] Owens J., Stec C., O'Hatnick A. *The effects of extended exposure to traffic noise on parid social and risk-taking behavior.* Behavioural Processes 91: 61-69, 2012.
- [65] McCollin, D., 1998. *Forest edges and habitat selection in birds: a functional approach.* Ecography 21:247-260.
- [66] Salaberria, C., Gil, D., 2010. *Increase in song frequency in response to urban noise in the Great Tit Parus major as show by data from the Madrid (Spain) city noise map.* Ardeola 57:3-11.
- [67] Garniel A, Daunicht WD, Mierwald U, Ojowski U. *Vögel und Verkehrslärm Quantifizierung und Bewältigung entscheidungserheblicher Auswirkungen von Verkehrslärm und die Avifauna. Schlussbericht November 2007/Kurzfassung.-FuE-Vorhaben 02.237/2003/LR des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung. 273 S – Bonn. Kiel, 2007.*

## The influence of traffic noise on birds

Wiącek Jarosław, Polak Marcin, Kucharczyk Marek, Zgorzałek Sylwia

Zakład Ochrony Przyrody, Instytut Biologii i Biochemii Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej  
ul. Akademicka 19, 20-033 Lublin, [wiacek@hektor.umcs.lublin.pl](mailto:wiacek@hektor.umcs.lublin.pl)

**Abstract:** The dynamic development of road infrastructure negatively influences the natural environment and animals using habitats near roads. The main negative effects of this process are primarily: loss and fragmentation of habitats. Another problem is an increase in pollutants and noise intensity in the vicinity of roads. An important problem is negative influence of traffic noise on animals and especially birds. Road noise generate by vehicles disturb vocal communication between birds, mainly in the time of pair formation and early incubation period.

Difficulties in communication evoked by noise seem to be one of the main problems in functioning in noisy surroundings. The main functions of birds' singing are related with territorial defence and mating a partner. Another important effect on birds' functioning near roads results in the masking of important biological signals due to noise. Masking important signals for territorial defence or partner selection can have as a consequence a negative influence on reproductive success. Species of birds which emit low frequency sounds are particularly exposed to this negative impact. As a results of traffic noise the changes in the volume and frequency of emitted sounds during singing are observed. Some authors pay attention to such factors as local climate or habitat and vegetation structure, because they have an important influence on the propagation of traffic noise. Most of the studies carried out previously concerns the breeding season, and only a few works to describe the impact of noise on birds during migration or wintering. The most frequently reported problem for researchers is to assess the densities of breeding birds near the roadside.

The majority of species react with a drop in numbers at roadsides. There are species which are also known to appear with higher density at roadsides. Usually this is related with a richer plant vegetation structure at roadsides and the appearance of the so-called "edge effect". Some results indicate that bird density at forest peripheries can reach values 40% higher than in the deep forest. An explanation of causes for such a state of matters are the higher numbers of invertebrates found at forest edges. The important factor influencing bird populations breeding at roadsides is also nest predation. Noise and visual disturbance can modifying predator pressure near roads.

**Keywords:** road traffic noise, birds, environmental protection.

## Działania prośrodowiskowe podejmowane we Francji na etapie eksploatacji autostrad

Agnieszka Bugajska, Andrzej Kulig

Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, Wydział Inżynierii Środowiska,  
Politechnika Warszawska, e-mail: Agnieszka.Bugajska@is.pw.edu.pl, Andrzej.Kulig@is.pw.edu.pl

**Streszczenie:** Inwestycje drogowe, w tym autostrady i drogi ekspresowe, należą do projektów mogących znacząco oddziaływać na środowisko. Z tego względu konieczna jest właściwa ocena tego oddziaływania i jego efektywne eliminowanie, ograniczenie lub kompensacja. Wpływ przedsięwzięcia na środowisko może być obserwowany już w fazie budowy, a następnie, niekiedy nawet na większą skalę, w fazie eksploatacji infrastruktury drogowej. Dlatego właściwa kontrola *ex-post* rzeczywistych skutków realizacji tych przedsięwzięć jest bardzo ważnym i nieodzownym elementem procesu oceny oddziaływania na środowisko. Na jej podstawie możliwe jest podejmowanie działań naprawczych lub zapewniających skuteczną pracę urzędów ochrony środowiska. Zarządcy dróg mogą też podejmować wiele innych inicjatyw prośrodowiskowych w celu ograniczenia wpływu tych inwestycji na środowisko.

Francja, ze względu na bardzo rozbudowaną sieć drogową oraz istniejące od wielu lat wymagania prawne i oficjalne zalecenia metodyczne, ma spore doświadczenie, tak w realizacji obowiązkowych bilansów środowiskowych *ex-post*, jak i wielu innych projektów służących ochronie środowiska, które nie wynikają z obowiązków prawnych.

W referacie przedstawiono przykłady dobrych praktyk i działań prośrodowiskowych, podejmowanych w fazie eksploatacji niektórych autostrad we Francji. Przyczyniają się one do ich lepszej integracji z otaczającym obszarem i często łączą w sobie aspekty przyrodniczo-społeczno-ekonomiczne, wpisując się tym samym w zasadę zrównoważonego rozwoju.

**Słowa kluczowe:** autostrady, dobre praktyki, działania prośrodowiskowe, etap eksploatacji, kontrole *ex-post*, oddziaływanie na środowisko, zrównoważony rozwój.

### 1. Wprowadzenie

Projekty infrastruktury drogowej (w szczególności te duże, czyli autostrady i drogi ekspresowe) należą do inwestycji mogących znacząco oddziaływać na otoczenie. W związku z tym, niezwykle ważnym zagadnieniem jest ich właściwa integracja z obszarami, które przecinają.

Podstawowym narzędziem proceduralnym, umożliwiającym określenie wpływu planowanej inwestycji na środowisko, jest ocena oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko (OOS), której główne aspekty reguluje w Polsce ustawa z dnia 3 października 2008 r. [1]. Trudno jednak rozpatrywać to oddziaływanie bez równo-



czesnego uwzględnienia wszystkich jego aspektów, które przeplatają się i wzajemnie na siebie wpływają na wielu płaszczyznach. Mowa tu o aspektach środowiskowych, a także społecznych i ekonomicznych, odzwierciedlających 3 podstawowe elementy zrównoważonego rozwoju. W Polsce konieczność takiego podejścia ma m.in. swój wyraz w ustawie z dnia 27 kwietnia 2001 r. *Prawo ochrony środowiska* [2], w której stwierdza się, że ochrona środowiska powinna uwzględniać wymagania zrównoważonego rozwoju, jak i w opracowanej przez Ministerstwo Infrastruktury *Polityce Transportowej Państwa na lata 2006-2025* [3].

Zarządzanie projektem drogowym obowiązkowo obejmuje 3 etapy życia infrastruktury: koncepcyjno-projektowy, budowy i eksploatacji<sup>1</sup>. Na każdym z tych etapów podejmowane są działania mające na celu **właściwą ocenę tego oddziaływania oraz efektywne eliminowanie jego negatywnych skutków**, ich ograniczenie i/lub kompensację. Przy czym niezbędnym elementem takiego zarządzania na każdym z etapów jest **skupianie wokół projektu wielu partnerów** (administracja, samorządy i szeroko pojęte społeczeństwo, przedstawiciele środowisk naukowych i branżowych czy organizacje ekologiczne...), **współpraca z nimi oraz dialog i komunikacja**. Służy to nie tylko tworzeniu lepszych, spełniających wymagania prawne, projektów, ale także zapewnieniu **przejrzystości podejmowanych działań oraz wymianie i waloryzacji doświadczeń i dobrych praktyk**.

W Polsce, w zakresie dużych projektów infrastrukturalnych, w ostatnich latach wiele uwagi poświęca się dwóm pierwszym etapom, w których kluczową rolę odgrywają prognozowanie oddziaływań, projektowanie związanych z nimi adekwatnych rozwiązań i ich realizacja. Należy jednak pamiętać, że to na etapie eksploatacji (i oczywiście częściowo już na etapie budowy) odczuwalne są skutki realizacji przedsięwzięcia i ochrona środowiska nie kończy się wraz z wybudowaniem i oddaniem drogi do użytku. Zarządzający infrastrukturą powinien także wtedy podejmować wiele działań prośrodowiskowych. W dużej mierze mają one na celu wypełnienie prawnych obowiązków związanych np. z wykonywaniem kontroli *ex-post* rzeczywistego oddziaływania (w tym realizacji i skuteczności zaprojektowanych rozwiązań) czy z koniecznym utrzymaniem samej infrastruktury i urządzeń służących ochronie środowiska oraz zapewnieniem ich skuteczności (inspekcje i konserwacja sieci kanalizacyjnej i urządzeń do oczyszczania ścieków, usuwanie osadów, klasyczne utrzymanie pasów zieleni, przejść dla zwierząt, siatek ochronnych, usuwanie odpadów i nieczystości, renowacja nawierzchni, itd.). Mogą to być również działania dobrowolne, m.in. usprawniające pracę ekip w terenie, podnoszące środowiskową efektywność eksploatowanej infrastruktury, ale też przyczyniające się do uwrażliwiania na problemy środowiskowe i wspierające edukację proekologiczną zarówno własnych pracowników, jak i użytkowników dróg czy społeczności lokalnych.

Francja, która ma najdłuższą w Europie, liczącą ponad 1 mln km, sieć drogową (w tym ok. 11 400 km autostrad) [4, 5]<sup>2</sup>, ma bardzo bogate doświadczenia w zakresie projektowania, budowy i eksploatacji dróg z uwzględnieniem ochrony środowiska oraz zrównoważonego rozwoju. Celem niniejszej pracy jest przegląd i przedstawienie wybranych przykładów dobrych praktyk prośrodowiskowych podejmowanych w tym kraju na etapie eksploatacji autostrad.

1. W przypadku projektów drogowych etap rozbiórki jest zjawiskiem niezwykle rzadkim (ze względów formalnych można go rozpatrywać jako przypadek hipotetyczny).

2. Według oficjalnych danych, na koniec 2012 r. francuska sieć drogowa składała się z: 21 249 km dróg krajowych (w tym 8 582 km autostrad płatnych w systemie koncesji i 2 833 km autostrad publicznych), 377 965 km dróg departamentalnych i 666 343 km dróg zarządzanych przez gminy [5].



## 2. Ochrona środowiska na etapie eksploatacji autostrad we Francji

### 2.1 Kontrole środowiskowe *ex-post* autostrad

Jednym z aspektów nieodłącznie związanych z ochroną środowiska na etapie eksploatacji dużych infrastruktur drogowych, który w oczywisty sposób nasuwa się w pierwszej kolejności, jest kwestia weryfikacji wykonania i skuteczności zaprojektowanych urządzeń czy działań ochronnych, a także porównania charakteru i wielkości prognozowanych oraz rzeczywistych oddziaływań. Ma to na celu m.in. właściwą ocenę ich skutków dla otaczającego środowiska i umożliwienie podjęcia ewentualnych działań korygujących. Jest to równocześnie bardzo ważny element procesu oceny oddziaływania na środowisko, bez którego trudno mówić o skuteczności procedury OOS i, bardziej ogólnie, o efektywnym zarządzaniu jego ochroną.

Francja posiada bardzo rozwinięty i działający od ponad 30 lat system obowiązkowych kontroli *ex-post* dla dużych projektów infrastrukturalnych (zdefiniowanych w dekrete nr 84-617 z 17 lipca 1984 r.). Opiera się on zarówno na szczegółowych przepisach prawnych, jak i na oficjalnej, wielokrotnie ulepszanej metodyce, opracowanej przez kompetentne organy administracji drogowej [6]. Składają się na niego, poprzedzone wieloletnimi badaniami i monitoringiem, bilanse *ex-post* dla aspektów społecznych i ekonomicznych oraz, mające być z nimi komplementarne, bilanse *ex-post* dla aspektów środowiskowych (obowiązkowe od 1992 r.).

Takie podejście do oceny efektywności projektu jako całości dobrze odzwierciedla koncepcję zrównoważonego rozwoju, w której wszystkie trzy aspekty są istotne, niemniej negatywne oddziaływanie na jeden aspekt w ostatecznym rozrachunku może być także kompensowane ograniczeniem negatywnego czy wręcz pozytywnym oddziaływaniem na inny jego aspekt (np. poprawa bezpieczeństwa). Połączenie w ocenie końcowej projektu aspektów społeczno-ekonomiczno-środowiskowych z pewnością przyczynia się do tego, aby organ administracji publicznej, który w ramach OOS podejmuje decyzję umożliwiającą realizację inwestycji (a także uczestniczące w podjęciu tej decyzji społeczeństwo), otrzymał popartą faktami informację zwrotną, czy ingerencja inwestycji w środowisko, została właściwie zaplanowana, a w szczególności, czy korzyści wynikające z jej realizacji rekompensują ewentualne straty w środowisku, które były niemożliwe do uniknięcia.

Francuski system kontroli *ex-post* projektów drogowych zawiera jeszcze kilka innych elementów, które zasługują na uwagę. Można wśród nich wymienić m.in. [6, 7]:

- **administracyjny nadzór nad dotrzymywaniem środowiskowych uwarunkowań dla inwestycji**, sprawowany przez specjalnie do tego powołany *Komitet monitorujący*<sup>3</sup> ich realizację (w którego skład wchodzi: przedstawiciele rządu, samorządów lokalnych, środowisk branżowych, naukowych i organizacji ekologicznych) oraz **administracyjne kontrole „w terenie”** na etapie budowy i na początku eksploatacji, niezależne od inwestorskiego nadzoru środowiskowego. Ponadto kilka lat temu wprowadzona została możliwość kontroli *ex-post* i ustanowienia sankcji przez środowiskową policję administracyjną w razie stwierdzenia naruszenia wymagań wynikających z procedury OOS;

3. Comité de Suivi des Engagements de l'Etat.

- wykonanie bilansu środowiskowego *ex-post* musi obowiązkowo obejmować **3 etapy: monitoring** (obejmujący także fazę koncepcyjno-projektową i fazę budowy), **bilans pośredni** w ciągu pierwszego roku od rozpoczęcia eksploatacji i **bilans końcowy** - 3 do 5 lat od oddania drogi do użytku;
- bilanse w formie raportu, podobnie jak raport OOS, robi się **dla całego rozpatrywanego odcinka drogi**, muszą one obejmować **wszystkie aspekty środowiska** uwzględnione w OOS (hałas, jakość powietrza, wody i środowisko wodne, środowisko przyrodnicze w tym fauna i flora, rolnictwo, archeologia, krajobraz, zagospodarowanie przestrzenne). Trzeba też przygotować ich **streszczenie w języku niespecjalistycznym**;
- bilanse, po wcześniejszej analizie i ocenie technicznej przez administrację drogową (której udostępniana jest także cała dokumentacja, która posłużyła do ich opracowania), są **obowiązkowo opiniowane przez niezależny organ administracji** – Generalną Radę ds. Środowiska i Zrównoważonego Rozwoju (CGEDD<sup>4</sup>). W opinii CGEDD zawarte mają być m.in.: ocena zastosowanej metodyki realizacji bilansu oraz efektywności środowiskowej i społeczno-ekonomicznej projektu drogowego, zalecenia dotyczące ewentualnych działań korekcyjnych czy dokładniejszego zbadania niektórych aspektów, podkreślone powinny być szczególne osiągnięcia oraz wnioski, jakie należy wyciągnąć w celu ulepszenia przyszłych bilansów *ex-post*, jak i ocen *ex-ante*;
- zarówno bilans *ex-post*, jak i opinia CGEDD, muszą być **podane do wiadomości publicznej** i udostępnione społeczeństwu.

Wszystkie te aspekty doskonale wpisują się w cele stawiane OOS oraz kontrolom *ex-post*, zdefiniowanym jako monitoring i ewaluację oddziaływań przedsięwzięcia lub planu, które były wcześniej przedmiotem OOS, w celu zarządzania ich środowiskową efektywnością i w celu komunikacji w zakresie tej efektywności [8].

Opisane rozwiązania francuskie różnią się zatem w znacznym stopniu od istniejących aktualnie w Polsce praktyk środowiskowych kontroli *ex-post* dla projektów drogowych, przewidzianych przede wszystkim w ustawie z dnia 3 października 2008 r. [1] i w ustawie z dnia 27 kwietnia 2001 r. *Prawo ochrony środowiska* [2]. Przepisy polskie przewidują trzy, właściwie niezależne, formy kontroli, w tym: możliwość nałożenia obowiązku **monitorowania** oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko (dla oddziaływań długoterminowych), realizacji **analizy porealizacyjnej** (jednorazowo, 1 rok po oddaniu infrastruktury do użytku) oraz, w określonych okolicznościach, możliwość nałożenia obowiązku sporządzenia **przeglądu ekologicznego** w dowolnym momencie eksploatacji infrastruktury. Dostępne są ogólne wytyczne określające m.in. cele i zakres stosowania tych trzech form kontroli, nie ma jednak specyficznej oficjalnej metodyki ich realizacji. Nie stosuje się też całościowego podejścia – nie wszystkie aspekty środowiskowe muszą być w nich uwzględnione i nie ma powiązania z aspektami społeczno-ekonomicznymi. Nie istnieje też prawny obowiązek opiniowania przez administrację raportów dostarczonych w ramach monitoringu, analizy porealizacyjnej czy przeglądu ekologicznego, ani specjalnego komunikowania ich wyników społeczeństwu, które uczestniczyły w procesie wydawania decyzji zezwalającej na realizację inwestycji drogowej.

4. Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable.

## 2.2. Wdrażanie zasad zrównoważonego rozwoju, współpraca i wymiana dobrych praktyk w ramach ASFA

W obliczu rosnącej świadomości środowiskowej we Francji i w Europie, spółki autostradowe, zrzeszone w ASFA<sup>5</sup>, już w 2002 roku postanowiły wspólnie dać oficjalnie wyraz swojego zaangażowania w proces zrównoważonego rozwoju. Na konferencji, na której spotkali się m.in. przedstawiciele administracji środowiskowej i drogowej, środowisk naukowych, organizacji ekologicznych i zarządców dróg, prezes ASFA, w imieniu członków tej organizacji, podpisał i opublikował dokument programowy zawierający **21 zobowiązań sektora płatnych autostrad związanych ze zrównoważonym rozwojem**. Zobowiązania te dotyczą 6 głównych tematów: odpowiedzialnego zarządzania środowiskiem; bezpieczeństwa, komfortu i satysfakcji użytkowników dróg; punktów poboru opłat jako narzędzia zrównoważonego rozwoju; aktywnego uczestnictwa w tworzeniu i realizacji polityki transportowej kraju; rozwijania nowych form partnerskiej współpracy z przedstawicielami różnych środowisk; waloryzacji zasobów ludzkich we własnych spółkach [10,11].

Każda ze spółek podeszła oczywiście indywidualnie do realizacji tych zobowiązań, podejmując różne działania w zgodzie z własnymi priorytetami i polityką przedsiębiorstwa w tej dziedzinie. Niemniej jednak wspólnie zdefiniowano m.in. około **60 wskaźników zrównoważonego rozwoju** (pokrywających wszystkie trzy jego aspekty: środowiskowy, społeczny i ekonomiczny) reprezentatywnych dla działalności spółek autostradowych. Są one regularnie omawiane i porównywane między tymi przedsiębiorstwami, co jest też znakomitą okazją do dyskusji i wymiany dobrych praktyk. Wskaźniki *stricte* środowiskowe dotyczą np. zużycia mediów (wody, energii), materiałów konstrukcyjnych z uwzględnieniem ich odzysku i recyklingu, soli, produktów fitosanitarnych, produkcji energii odnawialnej, emisji CO<sub>2</sub> z ruchu drogowego i z działalności własnej, w ramach gospodarki odpadowej - ilości instalacji do selektywnej zbiórki odpadów w obwodach utrzymania autostrad (OUA) oraz w miejscach obsługi podróżnych (MOP), ilości przejść dla zwierząt, długości siatek zabezpieczających przed wtargnięciem dzikiej zwierzyny na jezdnię, ochrony zasobów wodnych, recyklingu ścieków i wód deszczowych czy walki z uciążliwościami spowodowanymi hałasem komunikacyjnym. Wskaźniki ekonomiczne dotyczą np. nakładów inwestycyjnych na ochronę środowiska czy kosztów eksploatacyjnych z nią związanych, a społeczne np. bezpieczeństwa pracowników i użytkowników drogi. Indywidualnie wskaźniki są również doskonałym narzędziem zarządzania eksploatowanymi infrastrukturami i samymi przedsiębiorstwami. Są one także wykorzystywane do realizacji corocznych raportów dot. społecznej odpowiedzialności przedsiębiorstw, obowiązkowych we Francji dla firm zatrudniających ponad 500 pracowników, o rocznych obrotach ponad 1 mln euro.

ASFA jest także **miejscem dyskusji i wspólnego rozwiązywania problemów**, z jakimi na co dzień spotykają się pracownicy obsługujący autostrady. Na zlecenie tego stowarzyszenia, pod koniec lat 90. ubiegłego wieku, w ramach programu badań i rozwoju dot. ochrony środowiska, prowadzone były prace mające na celu identyfikację, określenie miejsc powstawania i charakterystykę ilościową i jakościową wszystkich rodzajów odpadów powstających w branży autostradowej (z prac budowlanych, z OUA w okresie eksploatacji i budynków administracyjnych oraz generowanych przez użytkowników dróg w MOP). W ich wyniku w marcu 2000 r.

5. Association des Sociétés Françaises d'Autoroutes et d'ouvrages à péage - francuskie branżowe stowarzyszenie zarządców autostrad (skupiające 23 przedsiębiorstwa eksploatujące autostrady i płatne budowle drogowe w systemie koncesji - dane na 31.12.2012 [9]).

opracowany został specjalny przewodnik praktyczny, mający ułatwić zarządzanie gospodarką odpadową w przedsiębiorstwach. Kilka lat później przeprowadzono także badanie dotyczące problemu „dzikich odpadów” na obszarze sieci płatnych autostrad. Do współpracy zaproszono także przedstawicieli Agencji ds. Środowiska i Zarządzania Energetyką (ADEME<sup>6</sup>), zaangażowanej od lat w walkę z odpadami. Inicjatywa ta miała na celu oszacowanie w sposób obiektywny ilości, rodzaju i źródeł (kto i gdzie ?) generowania tych odpadów oraz ich uciążliwości i ryzyka, jakie stwarzają dla użytkowników drogi, pracowników OUA oraz środowiska. Wnioski miały być wykorzystane do podjęcia ewentualnych środków zaradczych (np. do organizacji kampanii edukacyjnych).

ASFA czynnie uczestniczy w ogólnokrajowym **promowaniu dobrych praktyk prośrodowiskowych** spółek autostradowych oraz w **edukowaniu użytkowników dróg** w kwestiach zrównoważonego rozwoju, a w tym także **ochrony środowiska i bezpieczeństwa na drodze**.

### 2.3. „Zielony pakiet autostradowy”

Sieć autostradowa we Francji ma kilkudziesięcioletnią historię. Część z tych infrastruktur została zbudowana przed 1990 rokiem, kiedy wiedza w kwestiach możliwych oddziaływań była dość ograniczona, a przepisy środowiskowe nie były tak rozbudowane jak obecnie. Siłą rzeczy nie odpowiadają one aktualnym normom środowiskowym. Dlatego w 2009 r. 5 spółek autostradowych przygotowało dla rządu propozycje dotyczące wdrożenia programu inwestycyjnego, mającego na celu **zwiększenie efektywności środowiskowej starszych autostrad**, który miał równocześnie wpłynąć na **ożywienie działalności gospodarczej oraz zwiększenie zatrudnienia w sektorze związanym z ochroną środowiska**.

W marcu 2010 r., w zamian za roczne przedłużenie koncesji i, w znacznie mniejszym stopniu, za możliwość zwiększenia opłat, na mocy dekretu zatwierdzonej został tzw. „zielony pakiet autostradowy”, w którym 5 spółek autostradowych: ASF, COFIROUTE, ESCOTA, SANEF i SAPN zobowiązało się do zainwestowania ponad 1 mld euro w latach 2010-2013 na projekty prośrodowiskowe. Ostatecznie w ciągu 3 lat zrealizowano **2025 projektów** za łączną kwotę **1 168 mln euro**, które ogólnie przedstawiono w tabeli 1 [12].

Aktualnie spółki autostradowe przygotowują propozycję nowych inwestycji na kwotę 3,7 mld euro na 8-10 lat, które miałyby być kontynuacją podjętych wcześniej prac.

## 3. Przykłady działań podejmowanych indywidualnie przez spółki autostradowe w oparciu o doświadczenia Grupy SANEF

W tej części pracy przedstawione zostały przykłady konkretnych działań, które podejmowane są na etapie eksploatacji, m.in. w ramach realizacji wspomnianych wyżej 21 zobowiązań dot. zrównoważonego rozwoju czy „zielonego pakietu autostradowego”, w oparciu o doświadczenia Grupy SANEF<sup>7</sup> (obejmującej m.in. dwie spółki autostradowe SANEF i SAPN) [14]. Jest to przegląd różnych możliwości, poczynając od dużych inwestycji, poprzez proste i tanie rozwiązania, aż po drobne

6. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie.

7. W 2012 roku Grupa SANEF eksploatowała 11 autostrad, głównie w pn-wsch. Francji, o łącznej długości 1901 km (+ 280 km w formie udziału) i zatrudniała 3580 pracowników [13].

działania, które w ostatecznym rachunku procentują i przyczyniają się do zwiększenia środowiskowej efektywności zarządzanych infrastruktury i podmiotów odpowiedzialnych za to zarządzanie. Na podkreślenie zasługuje fakt, że przy zlecaniu robót, zakupie usług czy nowych urządzeń i wyposażenia, SANEF preferuje przedsiębiorców i dostawców, którzy w swojej działalności odznaczają się środowiskową świadomością i zaangażowaniem. Wspiera też młode firmy i innowacyjne rozwiązania, tworzone czasem specjalnie na potrzeby dość specyficznej działalności sektora autostradowego. Regularnie uczestniczy też w ogólnokrajowych i europejskich inicjatywach, takich jak np. tydzień zrównoważonego rozwoju czy redukcji odpadów.

Tabela 1. Projekty realizowane w ramach „zielonego pakietu autostradowego” we Francji

Lp.	Tematyka	Projekty
1	Ochrona zasobów wodnych	277 projektów, obejmujących: budowę urządzeń oczyszczających ścieki opadowe z jezdni, poletek osadowych, zachowanie ciągłości cieków i ich bioróżnorodności, zapobieganie ryzyku powodzi
2	Ochrona przed hałasem: likwidacja tzw. „czarnych punktów” narażenia na hałas (dyr. 2002/49/WE z 25.06.2002)	24 km ekranów akustycznych, 880 izolacji akustycznych mieszkań, 271 km cichych nawierzchni drogowych
3	Ochrona bioróżnorodności	5 ekowiaduktów, 20 000 zasadzonych roślin, w tym 10 000 drzew
4	Ekologiczna renowacja MOP	445 odnowionych MOP: np. instalacje do selektywnej zbiórki odpadów, modernizacja instalacji sanitarnych, energooszczędne oświetlenie, ułatwienia dla osób niepełnosprawnych, zastosowanie energii odnawialnych,...
5	Ograniczenie emisji CO <sub>2</sub>	1271 miejsc parkingowych przeznaczonych na carpooling <sup>8</sup> , 387 bramek automatycznego poboru opłat, umożliwiających przejazd bez zatrzymywania się z prędkością 30 km/godz., 704 km wyposażonych w system dynamicznego zarządzania ruchem

### 3.1. Utrzymanie i remonty nawierzchni – poszukiwanie i wdrażanie proekologicznych rozwiązań

Wśród priorytetów Grupy SANEF znajdują się oczywiście: wysoka jakość dróg oraz komfort, a przede wszystkim bezpieczeństwo podróżujących. Od ponad 10 lat SANEF stara się połączyć te priorytety z efektywną ochroną środowiska przez oficjalne wpisanie do swej strategii utrzymania i remontów nawierzchni deklaracji dotyczącej **odzysku destruktu asfaltowego i betonowego**, który postrzegany jest nie jako odpad, ale jako majątek firmy. Wspólnie z przedsiębiorstwami budowlanymi poszukiwane są nowe rozwiązania **optymalne** w zakresie **techniczno-ekonomicznym, bezpieczeństwa i ochrony środowiska**.

Dla przykładu w latach 2005-2007 na 145 km autostrad (10 odc. o dł. od 8 do 32 km), na których wykonywane były remonty nawierzchni, **wykorzystano ok. 107 500 t destruktu asfaltowego**. Materiał ten stosowany był do produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej (MMA) o wysokim module sztywności wykorzystanej tak w warstwie ścieralnej, jak i w górnej warstwie podbudowy. Średni **poziom recyklingu** wynosił 33%, a maksymalny 50% (w górnej warstwie podbudowy na autostradzie A26). Właściwości mechaniczne materiałów wykorzystanych w górnej

8. Carpooling to forma wspólnego podróżowania kilku osób samochodem jednej z nich, pozwalająca na podział kosztów przejazdu, ograniczenie ruchu na drodze i zmniejszenie emisji zanieczyszczeń.



warstwie podbudowy wstępnie są co najmniej identyczne z właściwościami znormalizowanych MMA. Działania te przyczyniły się m.in. do:

- oszczędności zasobów naturalnych i lepszego zagospodarowania odpadów,
- ograniczenia wkładu nowego asfaltu, zużycia paliwa, a co za tym idzie ograniczenia emisji zanieczyszczeń do powietrza, związanych z transportem materiałów (ok. 880 tys. nie przejechanych km), w tym m.in. CO<sub>2</sub> (ponad 650 Mg nie wyemitowanego CO<sub>2</sub>), NO<sub>x</sub> i pośrednio O<sub>3</sub>,
- zmniejszenia ryzyka dla personelu odpowiedzialnego za transport materiałów oraz ograniczenia ruchu ciężarowego na drogach,
- skrócenia czasu prowadzenia robót oraz zwiększenia komfortu i bezpieczeństwa użytkowników dróg,
- oszczędności: koszty remontów były 3-15% mniejsze niż w przypadku remontów bez recyklingu destruktu.

W 2007 r. na autostradzie A4 prowadzone były prace remontowe we współpracy z firmą Trabet, w których do produkcji MMA o wysokim module sztywności (stosowanej do górnej warstwy podbudowy) oraz do betonu asfaltowego do bardzo cienkich warstw - BBTM (zastosowanego do warstwy ścieralnej) wykorzystano destruktu betonowy. W produkcji MMA wykorzystano **22 tys. Mg destruktu betonowego**, co stanowiło aż **58%** jej składu. Dodatkowo przy okazji tych prac remontowych przeprowadzone zostało **badanie środowiskowych korzyści recyklingu destruktu betonowego**, zawierające m.in. **bilans emisji gazów cieplarnianych** (z wykorzystaniem stworzonego przez ADEME programu Le Bilan Carbone®). W badaniu tym określono źródła i wielkości emisji, wykazano korzyści płynące z recyklingu w stosunku do teoretycznego wariantu robót bez recyklingu oraz wskazano możliwości ulepszenia organizacji robót, aby bardziej zminimalizować ich oddziaływanie na środowisko.

Można nadmienić, że średni poziom recyklingu destruktu dla całej sieci autostradowej, zarządzanej przez członków ASFA, w 2012 roku wyniósł 28,6% [9], a w przypadku SANEF stosowanie jego wysokich poziomów stało się normą.

Innym przykładem stosowania innowacyjnych rozwiązań przy remontach nawierzchni może być **wykorzystanie mieszanek mineralno-asfaltowych na „półciepło”**, wytwarzanych w temperaturze poniżej 100°C. Już w 2006 SANEF wraz z przedsiębiorstwem APPIA (dziś część firmy EIFFAGE) prowadził eksperymentalne roboty remontowe na autostradzie A26 (ze względów bezpieczeństwa było to w obrębie MOP), w ramach których testowano **po raz pierwszy** zastosowanie 180 Mg MMA (w warstwie podbudowy na pasie dla pojazdów ciężarowych) oraz 50 Mg BBTM (w warstwie ścieralnej pasa dla pojazdów osobowych), które były **wyprodukowane w temperaturze 98°C**. Oprócz spektakularnego skrócenia czasu robót (30 - 40%), o ponad 40% zmniejszono zużycie energii, a co za tym idzie, emisje CO<sub>2</sub> i, w nieco mniejszym stopniu, SO<sub>2</sub>, LZO, NO<sub>x</sub> i pośrednio O<sub>3</sub>. Dodatkowo ograniczone zostały uciążliwości związane z produkcją (dymy, gazy, pyły,...) i poprawione warunki pracy personelu. Mniejsze były także uciążliwości dla kierowców (odory, gorąco, widoczność i wspomniany czas robót)

SANEF uczestniczy w poszukiwaniu nowych rozwiązań alternatywnych dla tych z wykorzystaniem materiałów na bazie asfaltu. Dlatego na tej samej auto-

stradzie, która w ramach swojego programu renowacji stała się prawdziwym laboratorium doświadczalnym, we wrześniu 2007 r., we **współpracy z Centralnym Laboratorium Mostów i Dróg (LCPC<sup>9</sup>)**, na 300 m trasy A26 testowano układaną w sposób ciągły **nawierzchnię z betonu wysokowartościowego (BWW)**. Wśród zalet testowanego rozwiązania wymienić można:

- ograniczenie emisji zanieczyszczeń do powietrza,
- niski poziom hałasu, porównywalny z drobnymi MMA,
- wysoką odporność na ścieranie – długość życia nawierzchni to ok. 20 lat (2x mniej prac remontowych, które aktualnie prowadzone są co 10 lat),
- oszczędność materiałów nieodnawialnych – szlachetnego kruszywa naturalnego,
- szybka stabilizacja nawierzchni – otwarcie dla ruchu 24 godz. po aplikacji warstwy ścieralnej – co wpływa na krótszy czas prac remontowych i zmniejszenie uciążliwości dla kierowców.

Od 2011 roku SANEF wraz z firmą **EIFFAGE Travaux Publics** uczestniczy w **rządowym programie wsparcia dla innowacji drogowych**, w ramach którego testowane są nowe proekologiczne rozwiązania drogowe. Na 1,6 km odcinku autostrady A13 oraz na części nowo oddanej do użytku A 813, eksploatowanych przez SAPN, prowadzone są badania dotyczące **zastosowania do warstwy podbudowy nowego materiału konstrukcyjnego na bazie betonu – GB5<sup>®</sup>**, opracowanego przez EIFFAGE i mogącego zastąpić klasyczne MMA o wysokim module sztywności. Charakteryzuje się on m.in. wysoką podatnością na kompresję, odpornością na zmęczenie, mniejszym zużyciem asfaltu (o ok. 30%) i w 100% nadaje się do recyklingu. W ciągu 5 lat eksperci administracji drogowej (oraz EIFFAGE i SANEF) będą prowadzić monitoring mający umożliwić ocenę GB5<sup>®</sup> pod względem cech technicznych, trwałości, kosztów wytworzenia i zastosowania, przyjazności dla środowiska oraz oszczędności materiałów.

### 3.2. Racjonalne utrzymanie przydrożnych pasów zieleni

Pasy zieleni na poboczach autostrad tworzą naturalne przejście od infrastruktury drogowej do otaczającego ją krajobrazu. Na 1 km autostrady przypada średnio ok. 4 ha terenów zielonych, co w przypadku sieci SANEF daje ponad 7000 ha zieleni. Jeszcze w latach 80. ubiegłego stulecia tereny te były regularnie koszone i utrzymywane przy użyciu sporych ilości pestycydów.

Z czasem jednak okazało się, że przydrożne pasy zieleni są prawdziwą ostoją dla bioróżnorodności, pełniąc rolę korytarzy ekologicznych. Wzrosła także świadomość zagrożeń, jakie niesie za sobą nadmierne używanie substancji roślino- i owadobójczych. Katalizatorem do podjęcia działań w celu zmiany stosowanych praktyk było odkrycie w departamencie Pas de Calais kuropatwy, która znalazła sobie doskonałe warunki do gniazdowania w pasie zieleni autostrady A16. Od tego czasu w dużym stopniu **zróznicowano metody pracy**. Za wyjątkiem 1,5-2 m pasa zieleni w bezpośrednim sąsiedztwie drogi znacznie **ograniczono praktyki koszenia**, pozwalając roślinności na swobodny rozwój. **Zmniejszono też ilości stosowanych herbicydów** (SANEF: o 60% w latach 2003-2007, tj. z 2,00 do 0,79 kg substancji czynnej/km, a SAPN o 75% w latach 2000-2006, tj. z 3,60 do 0,91 kg substancji czynnej/km). Planuje się używanie środków grzybo-/owadobójczych BIO czy stosowanie nawozów organicznych zamiast nawozów mineralnych. Można



w tym miejscu nadmienić, że we wrześniu 2010 r., ASFA zadeklarowała oficjalne zobowiązanie sektora autostrad płatnych, dotyczące kontynuacji i dalszego rozwijania proekologicznych praktyk utrzymania przydrożnych pasów zieleni. Zostało ono podpisane w ramach krajowego planu Ecophyto 2018, przewidującego zwiększenie bezpieczeństwa stosowania oraz ograniczenie o połowę ilości wykorzystywanych nierolniczo produktów fitosanitarnych do 2018 r.

Pod koniec lat 90. została zdefiniowana strategia SANEF, dotycząca **racjonalnego utrzymania pasów zieleni przydrożnej**, która ma m.in. na celu:

- ochronę zdrowia ludzi i ochronę zasobów wodnych,
- zapewnienie bezpieczeństwa użytkownikom drogi,
- zachowanie/ochronę jakości krajobrazu i środowiska na poboczach oraz poprawę bioróżnorodności w pasach zieleni, w tym: tworzenie schronień i bardziej funkcjonalnych korytarzy ekologicznych dla lokalnej fauny i flory oraz środowiska faworyzującego utrzymanie oraz rozwój gatunków rzadkich czy chronionych.

W ramach jej realizacji, na potrzeby OUA, w 2006 r. SANEF opracowała **własny „Podręcznik techniczny dot. utrzymania przydrożnych pasów zieleni”**, zawierający m.in. 32 karty dobrych praktyk (reprezentujące 9 różnych typów obszarów: pobocza, pasy rozdzielające, przepusty, przejścia dla zwierząt, węzły, ...), które określają cele, metody, efektywność pracy (np. koszenie trawy: 800-1000 m<sup>2</sup>/godz.), częstotliwość oraz terminy, kiedy działania mają być podejmowane. Warto tu dodać, że ekipy OUA SANEF oferują też usługi w zakresie racjonalnego utrzymania pasów zieleni np. samorządom lokalnym **dzieląc się w ten sposób własnymi kompetencjami i upowszechniając wypracowane i sprawdzone praktyki** (także dot. gospodarki odpadowej i zimowego utrzymania dróg).

Niejednokrotnie zdarza się, że w szczególnych przypadkach podejmowana jest **ściśła współpraca z lokalnymi partnerami** zaangażowanymi w ochronę środowiska, jak np. na autostradzie A1 z Regionalnym Parkiem Naturalnym Oise-Pays de France. Jego pracownicy zidentyfikowali w bezpośrednim sąsiedztwie A1 bardzo rzadkie na tym obszarze formacje roślinne oraz chroniony gatunek ważki *Coenagrion mercuriale*. W 2008 r., w ramach tej współpracy, przedstawiciele Parku przeprowadzili szkolenia dla pracowników OUA w Senlis, którzy z kolei zobowiązali się dostosować metody pracy na tych obszarach tak, aby zapewnić ochronę tych specyficznych gatunków fauny i flory.

Ważnym osiągnięciem w zakresie ochrony środowiska był przeprowadzony wzdłuż całej sieci autostrad eksploatowanych przez SANEF **audyt bioróżnorodności**. Zadanie to zostało zrealizowane w ramach „zielonego pakietu autostradowego” w latach 2010-2012 we współpracy z wyspecjalizowanymi biurami konsultingowymi oraz komitetem nadzorującym, w którego skład wchodziłi eksperci administracji drogowej (CETE<sup>9</sup>), Muzeum Historii Naturalnej, Ligi Ochrony Ptaków (LPO<sup>10</sup>) oraz Federacji Regionalnych Parków Narodowych. Przeprowadzono specyficzne badania dotyczące przejścia dla zwierząt w okolicach Saverne (gdzie znajduje się jeden z większych korytarzy ekologicznych regionu, przerwany przez autostradę A4). Były one prowadzone wspólnie z przedstawicielami Krajowego Biura ds. Myślistwa

9. Centre d'Études Techniques de l'Équipement, które jest od 01.01.2014 r. częścią Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA).

10. Ligue pour la Protection des Oiseaux.

i Dzikiej Fauny (ONCFS<sup>11</sup>), Regionalnej Dyrekcji ds. Środowiska, Zagospodarowania Przestrzennego i Mieszkalnictwa (DREAL<sup>12</sup>), Regionu Alzacji, Departamentu Bas-Rhin, Związku Łowiectwa i Regionalnego Parku Naturalnego Północnych Vogezów.

### 3.3. Wyposażenie do zwalczania zanieczyszczeń środowiska w następstwie wypadków

Oddziaływanie projektu drogowego na środowisko związane jest nie tylko z wpływem samej infrastruktury, ale też odbywającego się na niej ruchu drogowego, a co za tym idzie, z ryzykiem wypadków.

W trosce o ograniczenie ryzyka zanieczyszczenia środowiska substancjami niebezpiecznymi, mogącymi wydostawać się z uszkodzonych w wyniku wypadków pojazdów (w szczególności ciężarowych), od 2007 r. spółka SANEF postanowiła wyposażyć swoje ekipy w specjalne **pakiety podstawowego wyposażenia do walki z zanieczyszczeniem** i wyszkolić w zakresie ich bezpiecznego stosowania. Pakiety mają być pomocne w zapobieganiu rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń podczas oczekiwania na interwencję wyspecjalizowanych jednostek straży pożarnej. Przewidziano 2 rodzaje pakietów:

- tzw. **pakiet „szybkiego reagowania”**, w który wyposażone są **samochody patrolujące autostradę**. W jego skład wchodzi m.in. rękawice ochronne, maty sorpcyjne, korki uszczelniające, kliny, masa uszczelniająca, przenośny zbiornik retencyjny, zapora olejowa oraz osłona studzienkowa (koszt pakietu ok. 150 euro),
- tzw. **pakiet „wspomagający”** (znajdujący się w **siedzibach OUA**), który w razie potrzeby można szybko dowieźć na miejsce wypadku. W jego skład wchodzi dodatkowo pompa manualna, beczki 220 l PE-HD, worek typu big bag oraz zwijane schodki SOUPLECHELLE (koszt pakietu ok. 850 euro).

Po użyciu pakietu jego zawartość musi być uzupełniona w ciągu 48 godzin.

### 3.4. Narzędzia ochrony powietrza w punktach poboru opłat

Jedną z uciążliwości środowiskowych, które generuje ruch samochodowy, jest zanieczyszczenie powietrza, w tym emisje gazów cieplarnianych. O ile w skali regionalnej ogólnie sieć autostradowa często przyczynia się do poprawy jakości powietrza przez rozładowanie ruchu na drogach lokalnych, o tyle np. w punktach poboru opłat (PPO) problem ten jest szczególnie odczuwalny (także dla pracowników PPO). Od wielu lat spółka SANEF podejmowała wiele działań umożliwiających **poznanie skali i charakteru oraz ograniczenie tego negatywnego oddziaływania**.

W tym celu nawiązane zostały kontakty z lokalnymi sieciami monitoringu jakości powietrza (np. ATMO Picardie), a w 2004 roku, zainicjowana została współpraca z instytutem badawczym INERIS<sup>13</sup> w celu dokładniejszego **zbadania emisji pyłów w jednym z PPO na autostradzie A1**.

Ponadto SANEF od wielu lat zaangażowana jest w kwestie związane z **rozwojem i optymalizowaniem elektronicznego systemu poboru opłat**. PPO są regularnie wyposażane w automatyczne urządzenia poboru opłat, a w ostatnich 3 latach zainstalowano ponad 80 bramek umożliwiających dokonanie opłaty bez konieczności zatrzymywania się (umożliwiających przejazd z prędkością 30 km/godz.),

11. Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage.

12. Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement.

13. Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques.

co znacznie zmniejsza szkodliwe emisje. Są one przeznaczone tak dla pojazdów osobowych, wyposażonych w urządzenie elektroniczne *liber-t*, jak i dla pojazdów o masie przekraczającej 3,5t, wykorzystujących system *TIS-PL*, proponowany przez należącą do Grupy SANEF firmę EUROTOLL.

Innym sposobem na ograniczanie emisji zanieczyszczeń jest stosowana na autostradach A1 i A14 **modulacja wysokości opłat w zależności od pory dnia**. Wprowadzone zostały tzw. zielone i czerwone stawki opłat, które mają na celu wspieranie **regulacji natężenia ruchu**, które wzrasta w momencie „weekendowych powrotów” w regionie paryskim. Na wybranych wyjazdach z autostrady A1 w kierunku Paryża w niedziele, wolne poniedziałki i niektóre wtorki w godzinach między 14:30 a 16:30 oraz między 20:30 a 23:30, kiedy ruch jest dość płynny, opłata jest automatycznie **redukowana o 25%**. Natomiast zjazd z autostrady w godzinach od 16:30 do 20:30 kosztuje **o 25% drożej** od zwyczajowej stawki. W przypadku A14 (najdroższej francuskiej autostrady w przeliczeniu na przejechany km), pozwalającej na szybki dojazd do Paryża od strony zachodniej, w PPO w Montesson obniżone opłaty stosowane są od poniedziałku do piątku od godziny 10:00 do 16:00 oraz od 21:00 do 06:00 z wyjątkiem dni wolnych od pracy. Ponadto przejazd przez bramki A14 jest **darmowy** od poniedziałku do piątku dla każdego pojazdu osobowego, którego kierowca dysponuje specjalną **kartą carpoolingu**, i w którego samochodzie znajduje się dodatkowo dwóch pasażerów. Można tu przy okazji wspomnieć, że należąca do Grupy SANEF spółka SAPN (eksploatująca A14), w celu rozładowania ruchu na autostradzie A13, oddała do użytku podróżnych specjalną **platformę internetową, umożliwiającą podróżnym zorganizowanie carpoolingu**.

### 3.5. Bilans emisji gazów cieplarnianych

Zgodnie z francuskimi przepisami, przedsiębiorstwa zatrudniające ponad 500 pracowników mają obowiązek wykonać tzw. **bilans emisji gazów cieplarnianych**, zawierający też **propozycje działań mających na celu ich ograniczenie**. W odpowiedzi na ten wymóg w 2011 r. SANEF zrealizowała swój bilans [15]. Oprócz obowiązkowych danych, dotyczących **emisji bezpośrednich i emisji związanych z zakupem energii elektrycznej**, w bilansie tym uwzględnione zostały **emisje związane z materiałami wykorzystywanymi do budowy i remontów eksploatowanych autostrad, wytwarzanymi odpadami oraz ruchem drogowym użytkowników autostrad**.

Jak wynika z przeprowadzonych obliczeń, **działalność Grupy SANEF** (pomiając ruch drogowy) generuje emisję prawie **53 tys. Mg CO<sub>2</sub>e<sup>14</sup>**. Największe emisje dotyczą materiałów budowlanych oraz zużycia paliwa użytkowanej floty pojazdów. **Emisje związane z ruchem drogowym użytkowników autostrad oszacowano na poziomie ponad 4 mln Mg CO<sub>2</sub>e**.

Oprócz wspomnianych w poprzednim punkcie działań, przyczyniających się do zmniejszenia emisji CO<sub>2</sub> z ruchu drogowego, w 2012 r. zostały przeprowadzone **audyty efektywności energetycznej kilku budynków**, co ma pozwolić na podjęcie kroków umożliwiających jej poprawę. W 2013 r. prowadzone były **szkolenia pracowników z ekojazdy**. Podobne szkolenia miały już miejsce w latach 2009-2010. Przeszkolono wtedy 400 pracowników, w wyniku czego zaobserwowano 15% spadek zużycia paliwa.

14. CO<sub>2</sub>e (równoważnik dwutlenku węgla) to taka ilość CO<sub>2</sub>, które skutkowałyby identycznym poziomem wymuszania radiacyjnego jak ilość porównywanego gazu cieplarnianego.

Następny obowiązkowy bilans, który wykaże skuteczność podejmowanych działań, powinien być zrealizowany do 31.12.2015 r.

### 3.6. Eko-koncepcja i ekologiczne miejsca obsługi podróżnych

Jednym z flagowych projektów Grupy SANEF w ramach „zielonego pakietu autostradowego” była budowa nowego budynku administracyjnego „ecopole”, usytuowanego przy zbiegu dwóch autostrad A4 i A26 w okolicach Reims. Był on zaprojektowany i wybudowany zgodnie z **zasadami eko-koncepcji i standardami HQE** (wysokiej jakości w dziedzinie ochrony środowiska w sektorze budownictwa). Jest też jednym z pierwszych budynków we Francji z **dodatnim bilansem energetycznym** (czyli wytwarzającym więcej energii niż jej zużywającym). Posiada zoptymalizowany system **izolacji (podwójna fasada)**, ogrzewany jest za pomocą **geotermii**, na jego dachu zainstalowano **800 m<sup>2</sup> paneli fotowoltaicznych** produkujących 240 tys. kWh/rok. W jego sąsiedztwie znajduje się zbiornik na wodę deszczową i lagunowy system oczyszczania ścieków.

Ekologiczne rozwiązania zastosowane są także w wielu **miejscach obsługi podróżnych (MOP)**. Już kilka lat temu kilka z nich otrzymało **certyfikat ISO 14001**. Często wyposażone są w innowacyjne rozwiązania oczyszczania ścieków. Na niektórych prowadzi się też **recykling wód opadowych i ścieków oczyszczonych**. W latach 2003-2009 wybudowano 23 **oczyszczalnie trzcinowe**, w 2006 r. prowadzony w trzech MOP recykling wód deszczowych i oczyszczonych ścieków pozwolił w każdym z nich zaoszczędzić ok. 300 m<sup>3</sup> wody pitnej używanej w toaletach, a w wyniku recyklingu wód deszczowych na potrzeby produkcji solanki w jednym z OUA zaoszczędzono 690 m<sup>3</sup> wody. Rozwiązania te będą stopniowo wprowadzane w innych MOP. Na lata 2011-2014 zaplanowany został **program ekologicznej renowacji 43 z 72 MOP** w sieci SANEF. W jego ramach przewidziano też **wykorzystanie materiałów nadających się do recyklingu, ograniczenie zużycia energii** przez stosowanie energooszczędnego oświetlenia i urządzeń oraz instalację paneli słonecznych, **ograniczenie zużycia wody** w instalacja sanitarnych. Na wszystkich MOP prowadzi się **selektywną zbiórkę odpadów**. Wykorzystuje się do tego kontenery, częściowo umieszczone pod ziemią, o pojemności od 3 do 5 m<sup>3</sup>, co pozwala na rzadsze ich opróżnianie. Ponadto w najbliższym czasie przewiduje się zainstalowanie specjalnie zaprojektowanych kontenerów dla kierowców ciężarówek, którzy będą mogli pozbywać się swoich odpadów, wyrzucając je przez okno bez potrzeby zatrzymywania się i wysiadania z kabiny (jest to jedno z działań w ramach walki z „dzikimi odpadami”).

Oprócz tego kilka MOP zostało zaprojektowanych z myślą o **waloryzacji dziedzictwa kulturowego i przyrodniczego regionu** np. w MOP La Baie de Somme na autostradzie A16 wybudowane zostało obserwatorium ptaków, a w MOP Chevières na A1 przygotowana została specjalna ścieżka edukacyjna, pozwalająca zapoznać się z bogactwami bioróżnorodności doliny rzeki Oise.

Regularnie w wybranych MOP prowadzone są **akcje edukacji ekologicznej** podróżnych. Do tego celu wykorzystywane jest też **radio SANEF 107.7 FM** oraz **strona internetowa [www.sanef.fr](http://www.sanef.fr)**.

### 3.7. Akcja „zielone biuro”

Z eksploatacją autostrady związane jest także funkcjonowanie struktur administracyjnych operatora. SANEF zatrudnia ponad 3500 pracowników i posiada kil-

kadziesiąt budynków administracyjnych (siedziba główna, 3 siedziby regionalne, 28 OUA,...). Ta **działalność biurowa** także powoduje oddziaływanie na środowisko. Dlatego w 2008 zainicjowana została akcja „zielone biuro”.

W celu zwiększania świadomości ekologicznej pracowników opracowano **kartę 10 prostych codziennych eko-gestów** oraz **zielone vademecum**, w którym bardziej szczegółowo opisano w jaki sposób pracownicy mogą uczestniczyć w ochronie środowiska w pracy i w domu. Interaktywna wersja tego vademecum została umieszczona na specjalnie **dedykowanej stronie wewnętrznej sieci internetowej**. Organizowane są też dla nich **wystawy** o tematyce związanej np. ze zrównoważonym rozwojem.

Równocześnie podjęto **konkretne działania** zmierzające do **ograniczenia wpływu działalności biurowej na środowisko** i do bardziej **racjonalnej gospodarki** flotą pojazdów, surowcami, energią, wodą i odpadami. Zorganizowany został np. system selektywnej zbiórki odpadów (papier, plastik, metal, baterie, tonery...). Zaplanowano stopniową wymianę oświetlenia na energooszczędne. W niektórych sanitariatach zainstalowane zostały fotokomórki, oszczędne spłuczki czy perkolatory. Zmieniony został papier firmowy na papier o mniejszej gramaturze i z certyfikatem FSC. Do codziennego użytku kupiony został papier 100% z recyklingu. Zrezygnowano z drukowania biuletynu informacyjnego dla pracowników, zastępując go wersją elektroniczną. Pracownicy zachęceni są do korzystania z systemu wideokonferencji, jeśli osobiste spotkanie nie jest konieczne...

Inicjatywa ta oprócz korzyści ochrony środowiska i **obniżenia kosztów działalności** wpływa także na **poprawianie wizerunku firmy** w oczach pracowników, użytkowników autostrad i administracji.

#### 4. Podsumowanie

Przytoczone wyżej przykłady pokazują wielką różnorodność działań, które muszą lub mogą być podejmowane na etapie eksploatacji dużych projektów infrastrukturalnych, aby zagwarantować ich efektywną integrację środowiskową, bezpieczeństwo i ogólną akceptację społeczną. Podejmowanie oficjalnych zobowiązań i publiczne rozliczanie się z nich z pewnością pozytywnie się do tego przyczynia.

Na podstawie tych przykładów można powiedzieć, że ochrona środowiska w przypadku takich projektów właściwie nigdy się nie kończy. Wciąż pojawiają się nowe wyzwania, zmieniają się przepisy, rośnie wiedza dotycząca oddziaływań. Część działań motywowana jest prawnym obowiązkiem, jednak wiele z nich jest wynikiem dobrej woli ich zarządców. Niektóre wymagają dużych nakładów inwestycyjnych, do innych wystarczy odrobina chęci w celu usprawnienia funkcjonowania przedsiębiorstwa. Dlatego w dużej mierze od zarządzającego infrastrukturą i jego ekip zależy, czy będzie on aktywnym uczestnikiem procesu zrównoważonego rozwoju w skali lokalnej lub krajowej (a czasem międzynarodowej).

Niektóre z opisanych wyżej działań są już znane w Polsce, inne są specyficzne dla Francji, jednak wydaje się, że sporo z nich może być źródłem inspiracji i przykładem dobrych praktyk, które można wdrażać także w warunkach polskich.



## Literatura

- [1] Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz.U. 2008 nr 199, poz. 1227, t.j. Dz.U. 2013 nr 0 poz. 1235).
- [2] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. *Prawo ochrony środowiska* (Dz.U. 2001 nr 62 poz. 627, t.j. Dz.U. 2013 nr 0 poz. 1232).
- [3] Ministerstwo Infrastruktury, Polityka Transportowa Państwa na lata 2006 – 2025, Warszawa, 27 czerwca 2005, <http://www.transport.gov.pl/2-482be1a920074-1795243.htm> [dostęp: 22.01.2014].
- [4] EU transport in figures statistical pocketbook 2012, Luksemburg Publications Office of the European Union, 2013.
- [5] Ministère de l'Écologie du Développement Durable et de l'Énergie - Commissariat général au Développement durable - Service de l'observation et des statistiques, Repères. Chiffres clés du transport. Édition 2014, Février 2014 <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr> [dostęp: 11.03.2014].
- [6] Bugajska A., Kulig A. *Analiza i określenie możliwych kierunków zmian w zakresie kontroli ex-post oddziaływania na środowisko autostrad i dróg ekspresowych w Polsce*. Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury - Journal of Civil Engineering, Environment and Architecture, JCEEA, t. XXX, z. 60 (3/13), lipiec-wrzesień 2013, s. 173-192.
- [7] Elaboration des bilans ex-post pour les projets routiers Recommandations pour la mise en œuvre de l'article 14 de la LOTI. Guide méthodologique, SETRA, Référence: 1131, Décembre 2011.
- [8] Morrison-Saunders A., Marshall R., *Arts J. EIA Follow-Up International Best Practice Principles*. Special Publication Series No. 6. Fargo, USA: International Association for Impact Assessment, July 2007.
- [9] Key figures. Chiffres clés 2013. ASFA, mai 2013.
- [10] Orientations du secteur autoroutier concédé en France pour un développement durable. Document fondateur. ASFA, Novembre 2002.
- [11] Développement Durable: respecter le présent, préparer l'avenir. ASFA, Janvier 2005.
- [12] Les programmes verts des sociétés de l'autoroute 2010/2013. De l'engagement à la réalisation. ASFA, Février 2014.
- [13] Sanef groupe Rapport annuel 2012. En route vers la mobilité intelligente.
- [14] Materiały i dane niepublikowane, udostępnione przez SANEF, dotyczące jej praktyk prośrodowiskowych wpisujących się w zasadę zrównoważonego rozwoju i działań podejmowanych w ramach „zielonego pakietu autostradowego”.
- [15] Groupe Greenflex. Bilan des émissions des Gaz à Effet de Serre. Conformément à L'article 75 de la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (ENE). Sanef groupe. 20/12/2012.

**Podziękowania:** autorzy referatu wyrażają podziękowanie p. Guillaume MARECHAL, kierownikowi departamentu ds. zrównoważonego rozwoju i środowiska w Grupie SANEF, za udostępnienie danych, dotyczących praktyk prośrodowiskowych w spółkach SANEF i SAPN.



## **Pro-environmental actions undertaken in France during operation of motorways**

**Agnieszka Bugajska, Andrzej Kulig**

*Chair of Environment Protection and Management, Faculty of Environmental Engineering,  
Warsaw University of Technology, e-mail: Agnieszka.Bugajska@is.pw.edu.pl,  
Andrzej.Kulig@is.pw.edu.pl*

**Abstract:** Road investments, including motorways and expressways, are among the projects which can have a significant impact on the environment. For this reason the proper evaluation of this impact is required, as well as its effective elimination, mitigation or compensation. The impact of the project on the environment can be observed already during the construction stage, and then sometimes on an even larger scale during the operation stage of the road infrastructure. Therefore, a proper ex-post evaluation of the real impact of such projects is a very important and indispensable part of the process of environmental impact assessment (EIA). It enables taking corrective actions or ensuring effective operation of environmental protection equipment. Road operators can also take many other pro-environmental actions to reduce the impact of these investments on the environment.

Thanks to its extensive road network and long-established legal requirements and official methodical guidance, France has an important experience in the field of realization of mandatory environmental ex-post evaluation reports, as well as in implementing multiple other projects regarding the protection of the environment that do not arise from legal obligations.

The paper presents examples of good practices and pro-environmental actions undertaken during the operation stage of certain motorways in France. These actions contribute to better integration of the motorways with the surrounding area and often combine environmental and socio-economic aspects supporting the principle of sustainable development.

**Keywords:** motorways, good practices, pro-environmental actions, operation stage, EIA follow-up, environmental impact, sustainable development.

# **Wpływ zagospodarowania terenu na rozkład poziomu hałasu drogowego na powierzchni górnych przejść habitatowych**

**Alicja Sołowczuk**

*Katedra Dróg, Mostów i Materiałów Budowlanych, Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, e-mail: Alicja.Solowczuk@zut.edu.pl*

**Streszczenie:** Ochrona środowiska dotyczy w głównej mierze fauny, gdyż rozwój komunikacji i budowa nowych ciągów komunikacyjnych fragmentuje coraz bardziej naturalne środowisko. Chcąc naprawić błędy fragmentacji naturalnego środowiska buduje się dolne i górne przejścia habitatowe dla zwierząt. Górne przejścia są bardzo kosztowne z racji swoich gabarytów. Ponadto budowa górnych przejść nie zawsze okazuje się funkcjonalna, gdyż źle zagospodarowane powierzchnie przejścia nie są dla zwierząt atrakcyjne i zwierzęta z nich nie korzystają. Zagospodarowanie terenu górnego przejścia jest ciągle zagadnieniem bardzo trudnym i nadal eksperymentalnym. W fachowej literaturze odczuwa się brak funkcjonalnych rozwiązań w tym względzie. Jedynymi wskazówkami dla projektantów mogą być przykłady zagospodarowania powierzchni istniejących przejść, na których uzyskano potwierdzenie ich funkcjonalności danymi z monitoringu.

Jednak nie zawsze gotowe rozwiązania z innych dróg i warunków naturalnych mogą okazać się przydatne, gdyż w większości przypadków zagospodarowanie powierzchni przejścia powinno być dostosowane do zwierzyny z niej korzystającej.

W referacie przedstawiono różne elementy zagospodarowania wraz z wynikami przeprowadzonych analiz poziomu hałasu, potwierdzającymi wpływ rodzaju elementu zagospodarowania na „uzyskany stan wyciszenia” na dojściu do przejścia i jego powierzchni.

**Słowa kluczowe:** górne przejścia, wały ziemne, elementy zagospodarowania, poziom hałasu.

## **1. Wprowadzenie**

W odniesieniu do środowiska zwierzęcego nie ma określonych żadnych norm dopuszczalnego poziomu hałasu na stosowanych przejściach habitatowych. Rozporządzenie [1], wprowadza pojęcie „środowisko” i definiuje je, jako obszar, w którym przebywają lub zamieszkują ludzie. Niestety w w/w Rozporządzeniu nie wspomina się o dopuszczalnych poziomach hałasu na obiektach habitatowych i innych miejscach, gdzie bytują zwierzęta. A wrażliwość ucha ludzkiego w porównaniu do zakresu słyszalności zwierząt jest inna. W wielu przypadkach wysokie dźwięki słyszalne przez zwierzęta są dla ucha ludzkiego poza zasięgiem słyszalności. Szerszym pasm słyszalności przez zwierzęta nie uwzględnia się w procesie projektowania i użytkowania obiektów habitatowych. Nieznajomość pasm słyszalności zwierząt może spowodować sytuację, że dźwięk niesłyszalny dla człowieka, może wywierać silne niekorzystne oddziaływanie na zwierzęta.

Warto w tym miejscu podkreślić, że brakuje w literaturze potwierdzonych wyników badań wpływu hałasu na różne gatunki zwierząt, żyjących w danym środowisku. Stosowanie w stosunku do przejść habitatowych wytycznych sformułowanych w odniesieniu do miejsc zamieszkałych przez ludzi może budzić szereg wątpliwości. Dodatkowe wątpliwości może także stwarzać sama definicja hałasu skorelowana ze skorygowaną krzywą korekcyjną „A”, gdyż progi oraz pasma słyszalności ludzi i zwierząt różnią się od siebie i to znacznie. Na razie jednak przy dopuszczeniu braku odpowiednich wytycznych w badaniach stosuje się krzywą korekcyjną „A”.

## 2. Założenia badawcze odnośnie badań poziomów hałasu

W przytoczonych badaniach wykorzystano miernik poziomu dźwięku klasy 1 SVAN 945A firmy SVANTEK, zakupiony ze środków uzyskanych w ramach grantu promotorskiego Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Przyrząd ten spełnia wymagania norm krajowych i międzynarodowych (PN-79/T-06460, IEC651, IEC 804, IEC 61672-1) w odniesieniu do mierników poziomu dźwięku klasy 1 [1]. Miernik jest przeznaczony do pomiarów akustycznych w pomieszczeniach oraz na zewnątrz, dzięki małym rozmiarom jest bardzo poręczny i łatwy w użyciu. Zastosowano w nim cyfrowy procesor sygnałowy, który umożliwia wykonanie pomiarów w pasmach oktawowych i tercjowych wraz z analizą statystyczną [2].

W skład zestawu pomiarowego wchodzi przedwzmacniacz mikrofonowy SVANTEK SV11 oraz mikrofon G.R.A.S. 40 AN, który podczas pomiarów wykonywanych na zewnątrz okrywa się osłoną przeciwwietrzną SVANTEK SA 22. Zgodnie z instrukcją obsługi miernik przed każdym pomiarem należy kalibrować za pomocą kalibratora Sonopan KA – 50. W mierniku zakres pomiaru wynosi 22 dB(A) RMS ÷ 140 dB(A) Peak. W czasie pomiaru jest możliwość niezależnego ustawienia trzech profili, które mierzą poziom dźwięku z innymi filtrami i różną stałą czasową zdefiniowaną przez użytkownika. [3] W każdym profilu istnieje możliwość pomiaru z innym filtrem korekcyjnym. Wszystkie wyniki pomiarów zostały odczytane przy pomocy programu SvanPC ++ w wersji 1.1.8, udostępnionej przez producenta miernika na jego stronie internetowej [4]. Miernik dźwięku umożliwia także określenie wartości poziomów statystycznych wykonywanych pomiarów [1].

Podstawowe parametry SVAN 945A [1]:

- zakres częstotliwości mierzonego ciśnienia akustycznego: 1 Hz – 20000 Hz,
- zakres pomiarowy: 24 dB – 139 dB,
- błąd podstawowy pomiaru poziomu ciśnienia akustycznego: < 0,7 dB,
- wielkości mierzone: *LEQ*, *LMAX*, *LMIN*, *PEAK*, *SPL*, *SEL*, *L*.

Hałas generowany przez ruch drogowy jest hałasem zmiennym w czasie. W przybliżeniu można stwierdzić, że jest to średnia wartość poziomu dźwięku mierzonego w czasie trwania danego pomiaru. W celu odzwierciedlenia charakterystyki, którą posiada ludzkie ucho, podczas pomiarów z reguły wykorzystuje się krzywą korekcyjną A. Parametrem, który dobrze charakteryzuje odbiór fali dźwiękowej przez ludzkie ucho jest równoważny (ekwiwalentny) poziom dźwięku –  $LEQ_{(A)}$  [5]. Jest to pojedyncza wartość stałego poziomu dźwięku, podczas oddziaływania w takim samym czasie, jak badany miernikiem poziom hałasu, generowany przez ruch drogowy o zmiennym poziomie. Równoważny poziom dźwięku ma taką samą energię i takie samo potencjalne ryzyko uszkodzenia słuchu [1, 2].

W badaniach wykonanych na górnych przejściach habitatowych wykonano po kilkadziesiąt pomiarów poziomu hałasu na każdym obiekcie. Każdy pomiar poziomu dźwięku trwał 2 minuty, dając w sumie 4800 cząstkowych pomiarów poziomu dźwięku. Równoległe z badaniami poziomu hałasu były wykonywane pomiary natężenia ruchu wraz ze strukturą rodzajową i kierunkową oraz pomiarami prędkości na jezdni autostrady.

W badaniach założono, że będą analizowane dwa główne parametry poziomu hałasu, w mianowicie  $LEQ$  oraz  $LMAX$ . Pierwszy z nich  $LEQ$  (Level EQuivalent) jest wartością uśrednioną z całego dwuminutowego pomiaru. Drugi analizowany parametr  $LMAX$  odpowiada największej wartości zanotowanej podczas dwuminutowego pomiaru.

Przy badaniach porównawczych poziomu hałasu wszystkie dwuminutowe pomiary powinno się wykonywać przy tym samym natężeniu ruchu w celu wiarygodnego ich oszacowania. Uwzględniając powyższe pomiary poziomu hałasu na górnych przejściach habitatowych skorelowano równocześnie z pomiarami natężenia, zakładając z góry eliminację wyników pomiarów poziomu hałasu podczas przejazdu tylko samochodów osobowych. W czasie pomiaru równoczesną komunikację między obserwatorami zapewniono wykorzystując krótkofalówki. Wykonanie badań poziomu dźwięku na każdym z obiektów trwało ok. dwóch godzin, w czasie których prowadzono równoległe pomiary natężenia ruchu, rejestrując dodatkowo ruch na autostradzie na kamerze video.

Wszystkie wyniki pomiarów poziomu hałasu analizowane w niniejszym referacie były wykonane podczas przejazdu przynajmniej jednego pojazdu ciężkiego. W/w założenia badawcze gwarantowały, że w czasie przejazdu pojazdu ciężkiego zostanie odnotowana chwilowa wartość poziomu głośności, który odpowiadałby wartości  $LMAX$ .

Poziom równoważny  $LEQ$  podaje skuteczną wartość ciśnienia akustycznego w określonym czasie. Urządzenie SVAN 945a oblicza wartość  $LEQ$  wg wzoru (1) [1]:

$$LEQ = 20 \log \left( \frac{1}{T_C} \int_0^{T_C} (p_W(t)/p_0)^2 dt \right)^{1/2} \quad (1)$$

gdzie:  $T_C$  – bieżący czas pomiaru,

$p_W$  – bieżącą wartość szczytową dźwięku z filtrem korekcyjnym oblicza się z wzoru (2):

$$p_W(t) = \left( \frac{1}{\tau} \int_{-\infty}^t a_W^2(t_x) \exp\left(\frac{t_x - t}{\tau}\right) dt_x \right)^{1/2} \quad (2)$$

gdzie:  $t_x$  – czas (zmienna całkowania),

$p_0$  – wartość odniesienia, równa 20 mPa.

Drugi natomiast parametr  $LMAX$  stanowi maksymalny wynik na wyjściu detektora, który został zdefiniowany zgodnie normą ISO 2632 – 1 jako [1]:

$$LMAX = 20 \log \left( \max_{T_C} \left( p_W(t) / p_0 \right) \right) \quad (3)$$

gdzie:  $T_C$  – bieżący czas pomiaru,

$p_W$  – bieżąca wartość szczytowa dźwięku z filtrem korekcyjnym w obliczana ze wzoru (2).

Uwzględniając wspomniane wcześniej różne pasma oraz zakresy słyszalności u ludzi i zwierząt w analizach przytoczonych w niniejszym referacie uwzględniano w głównej mierze dystrybuanty poziomu hałasu, odzwierciedlające znacznie wiarygodniej rzeczywiste warunki głośności w miejscach bytowania zwierząt. Analizy dystrybuant umożliwiły, bowiem ocenę chwilowej głośności, mogącej mieć znaczący wpływ na płoszenie zwierząt znajdujących się w pobliżu obiektu lub na jego powierzchni.

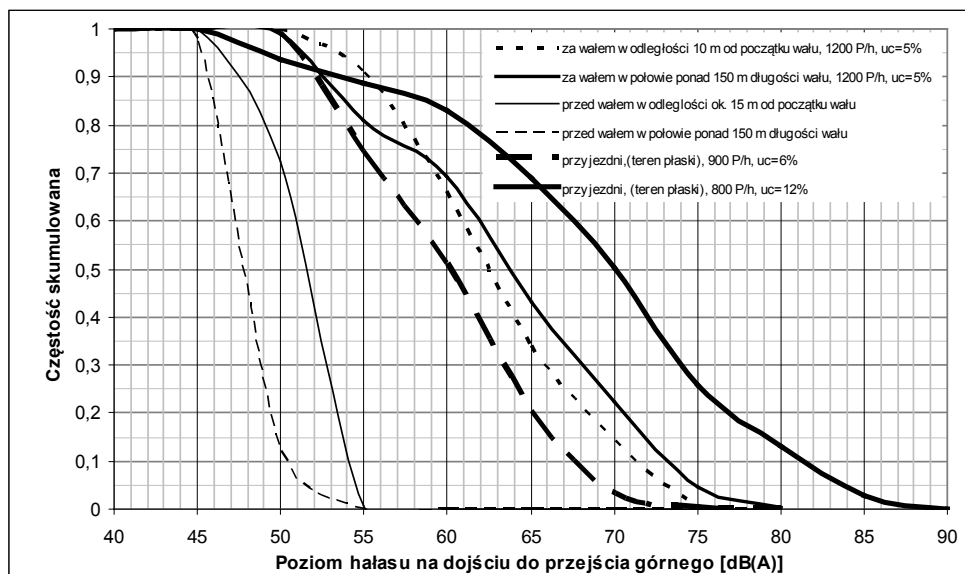
Z obiektów habitatowych do analiz oceniających wpływ zastosowanych elementów zagospodarowania na poziom hałasu wybrano istniejące obiekty wybudowane kilkanaście lat temu nad autostradą A20 w Niemczech. Na wybranych do badań obiektach w czasie corocznych wizyt terenowych naocznie potwierdzano ich dobrą funkcjonalność, gdyż wielokrotnie spotykano na nich sarny, daniela, zające i jeże, a także znajdowano tropy i ślady innych zwierząt.

### 3. Wpływ wałów ziemnych na poziom hałasu na dojściu do przejścia habitatowego

Jedną z najtańszych i naturalnych osłon przed hałasem drogowym są wały ziemne. W większości górnych przejść habitatowych wybudowanych nad autostradą A20 w Niemczech na dojściach do obiektu są usypane wały ziemne z gruntu wydobytego z wykopu. Prawie we wszystkich przypadkach autostradę w okolicy przejścia habitatowego zlokalizowano w wykopie. Na dojściu do obiektu na długości ok. 200 m w kilku przypadkach wybudowany jest wał ziemny wysokości ok. 3-4 m. Od strony jezdni autostrady na skarpach wału ziemnego posadzonych jest wiele krzewów liściastych o rozłożystych kształtach. Największe zagęszczenie krzewów zaobserwowano w bezpośredniej bliskości do obiektu, tj. na skarpach przyczółków.

Analiza przebiegu dystrybuant poziomu hałasu (rys. 1) wykazała, że duże wały ziemne wybudowane pomiędzy autostradą i pobliskim lasem mogą zmniejszyć poziom hałasu średnio o kilkanaście dB(A), a w niektórych zakresach i więcej.

W sumie na rys. 1. przedstawiono cztery dystrybuanty poziomu hałasu będące rezultatem pomiaru przy jezdni. W jednym przypadku w czasie pomiaru przejechał tylko jeden pojazd ciężarowy, a w innym przypadku kilkanaście. Mimo znacznej różnicy poziomów hałasu, uzyskanych w punktach pomiarowych zlokalizowanych przy jezdni, potwierdzono znaczną efektywność jego redukcji, dzięki wybudowanym wałom ziemnym i nasadzeniom rozłożystych krzewów liściastych na ich skarpach.



Rys. 1. Dystrybuanty poziomu hałasu na dojeździe do przejścia habitatowego

Skuteczność budowy wałów ziemnych na warunki środowiskowe w terenach płaskich i falistych przy przejściach habitatowych potwierdza nie tylko w/w przytoczony wykres dystrybuant. Podczas prowadzenia badań stwierdzono także znacznie mniejszy poziom stężenia spalin przed wałami ziemnymi na dojeździe do obiektów, co dało się odczuć fizycznie w trakcie długotrwałych kilkugodzinnych pomiarów, nawet bez dodatkowych pomiarów. Podczas wizyt terenowych i kilkugodzinnych badań spotykano również po kilkanaście osobników różnorodnych zwierząt, co także może być potwierdzeniem efektywności danego przejścia, budowy wałów ziemnych i uzyskania dobrego mikroklimatu na terenie przeznaczonym na dojeździe zwierząt do obiektu.

Na wałach ziemnych w większości przypadków rosną krzewy liściaste, odgradzające dojeździe zwierząt do obiektu od powietrza wokół autostrady przesyconego pyłem, kurzem i spalinami. Drzewa i krzewy pokryte gładkimi liśćmi pochłaniają ok. 85% osiadających na nich drobin kurzu i spalin, a w stanie bezlistnym do 60%. Szkodliwe substancje nie zalegają na gładkich liściach i nie wnikają w głąb roślin, lecz są łatwo spłukiwane w czasie deszczu. Z kilkunastoletnich krzewów posadzonych na skarpie wału ziemnego od strony jezdni autostrady najbardziej odporne na spaliny, zanieczyszczenia i kurz okazały się krzewy bzu czarnego (*Sambucus nigra*), leszczyny (*Corylus avellana*) i trzmieliny pospolitej (*Euonymus*).

#### 4. Wpływ rodzaju ekranów na poziom hałasu na powierzchni przejścia habitatowego

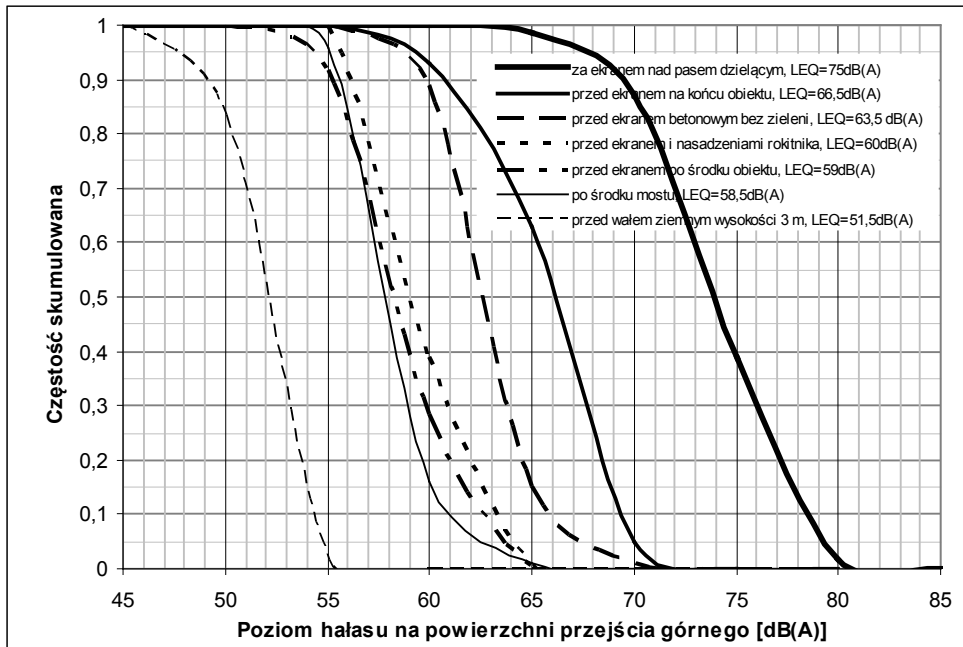
Na przejściach górnych jednym z najważniejszych elementów obiektu jest ekran. Ważna jest jego konstrukcja, rodzaj zastosowanego materiału i przede wszystkim jego wysokość. W tym względzie wytyczne projektowania zagraniczne i krajowe jedynie określają, że ekran powinien spełniać dwie zasadnicze funkcje



przeciwdźwiękową i przeciwośnieniową. W początkowym okresie budowy górnych przejść dla zwierząt budowano z reguły ekrany betonowe z płyt betonowych, później zaczęto budować ekrany drewniane, gdyż były one bardziej naturalne.

Typowy ekran zastosowany na górnym przejściu dla zwierząt powinien mieć ok. 3 m wysokości. Uwzględniając rozkład fali dźwiękowej wokół autostrady, największe wartości poziomu hałasu będą odnotowane bezpośrednio nad obiema jezdniami z kulminacją szczytową fali dźwiękowej zlokalizowaną nad pasem dzielącym. Dbając o jak najlepsze uzyskanie warunków naturalnych na powierzchni przejścia górnego stosuje się wspomagająco wzdłuż ekranów od strony przejścia nieregularne wały ziemne i nasadzenia różnorodnych krzewów bardziej lub mniej skupione. Przy ekranach betonowych dodatkową rolę zarówno wałów, jak i krzewów jest zasłonięcie widoku betonowego ekranu od wewnętrznej strony przejścia.

Rozkład poziomy hałasu na powierzchni obiektu jest bardzo zróżnicowany (rys. 2). Za ekranem betonowym (tj. od strony autostrady) nad pasem dzielącym odnotowano największe wartości poziomu hałasu (64-81 dB(A),  $LEQ=75$  dB(A)), przy natężeniu ruchu na autostradzie A-20 ponad 2500 P/h i 7% udziale pojazdów ciężkich.



Rys. 2. Dystrybuanty poziomu hałasu na górnym przejściu (ekrany betonowe)

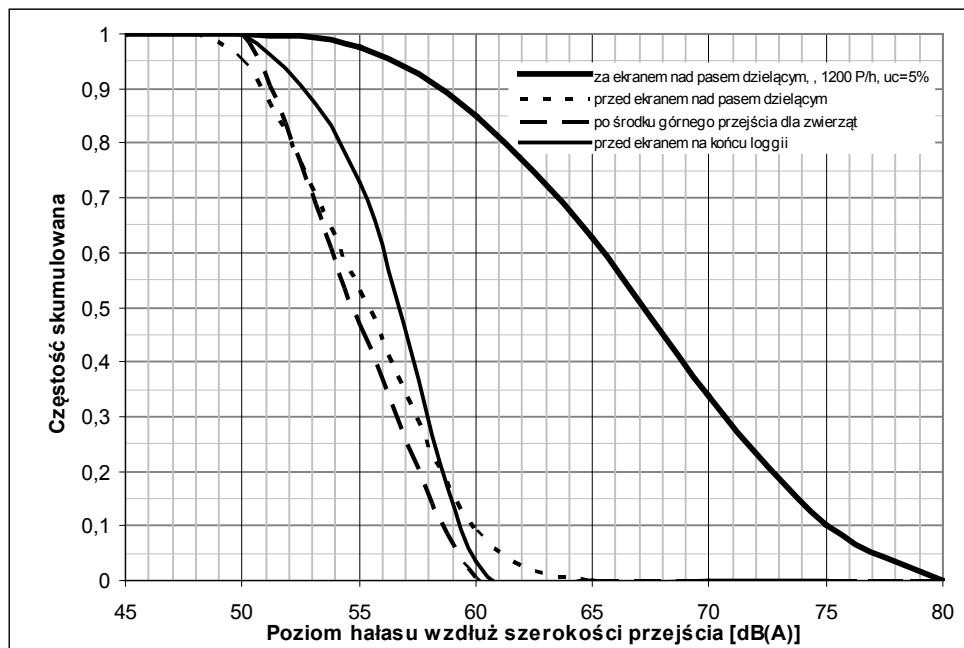
Najgłośniejszymi miejscami na powierzchni przejścia habitatowego okazały się lokalne miejsca pozbawione zieleni i przy odsłoniętym ekranie betonowym. Duże „wyciszenie” (poziom hałasu wahał się pomiędzy 51-65 dB(A),  $LEQ=57,5-58,5$  dB(A)) odnotowano w miejscach, w których przyjęły się krzewy rokitnika pospolitego (*Hippophaë rhamnoides*) i cały zagajnik był dość szeroki oraz lokalnie, gdy całą powierzchnię ekranu zasłaniały rozrośnięte (wysokości ponad 3 m) krzewy

śliwy tarniny (*Prunus spinosa*), głogu dwuszyjnkowego (*Crataegus laevigata*), kaliny koralowej (*Viburnum opulus*) i leszczyny (*Corylus avellana*), dodatkowo uzupełnione jeszcze małymi krzewami porzeczki alpejskiej (*Ribes alpinum*) i głogu jednoszyjkowego (*Crataegus monogyna*).

Jednak najcichszym miejscem okazało się miejscowe niewielkie obniżenie terenu głębokości ok. 0,3-0,5 m na powierzchni przejścia tuż przed wałem ziemnym wysokości ponad 3 m obrośniętym tylko trawą, tj. w miejscu połączenia wału ziemnego z ekranem betonowym (poziom hałasu wahał się pomiędzy 47-55 dB(A), LEQ=51,5 dB(A)).

W przypadku ekranów drewnianych także stosuje się wały ziemne i nasadzenia, ale nie muszą one już pełnić roli zasłaniającej ekran. Wały ziemne i zagajniki z krzewami mają kształty nieregularne i są „rozproszone” przy brzegach obiektu wzdłuż ekranu. W ekranach drewnianych stosuje się dodatkowo loggie, zlokalizowane pośrodku przejścia od strony autostrady bezpośrednio nad pasem dzielącym, długości do 10 m. Wewnątrz loggii także buduje się wały ziemne wysokości 0,3-0,6 m i sadi się krzewy odpowiedniego gatunku z szeroko rozłożystymi gałęziami. Krzewy posadzone w loggii są dobierane specjalnie, gdyż muszą to być krzewy o niedużych wymaganiach glebowych i powinny się one charakteryzować płytkim ukorzeniem.

Rozkład poziomu hałasu na powierzchni obiektu z ekranami drewnianymi z loggią jest mniej zróżnicowany niż przy ekranie betonowym (rys. 3).

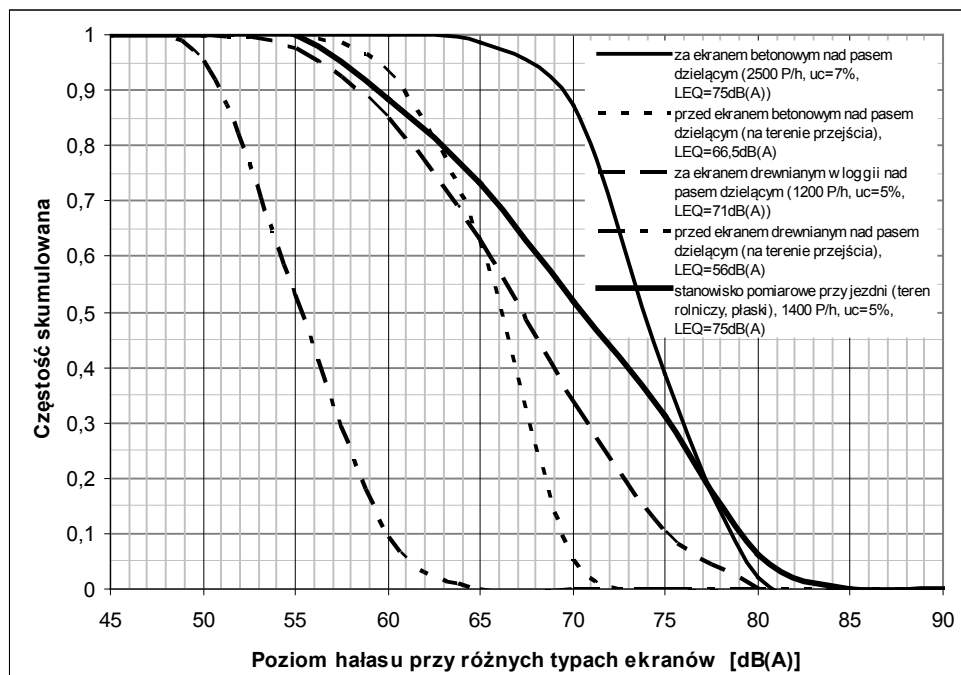


Rys. 3. Dystrybuanty poziomu hałasu na górnym przejściu (ekrany drewniane)

Za ekranem drewnianym nad pasem dzielącym odnotowano największe wartości poziomu hałasu (50-80 dB(A), LEQ= 70,3 dB(A)), przy natężeniu ruchu na autostradzie A-20 ponad 1200 P/h i 5% udziale pojazdów ciężkich.

W miejscach rozproszonych na powierzchni obiektu pomiędzy zagajnikami i wałami ziemnymi odnotowano poziomy hałas w granicach 48-60 dB(A), przy małych wahaniami  $LEQ \approx 56$  dB(A). Tylko pośrodku obiektu tuż przed ekranem od strony powierzchni przejścia odnotowano niewielki procent poziomego hałasu w granicach 60-65 dB(A). Jednak najcichszym miejscem była środkowa część przejścia górnego pomiędzy nieregularnymi wałami ziemnymi wysokości ok. 1 m (poziomy hałas wahał się pomiędzy 50-60 dB(A),  $LEQ = 55,6$  dB(A)). Wały ziemne były poprzedzielane dodatkowo nieregularnymi zagajnikami, zawsze z centralnie posadzonym żarnowcem miotlastym (*Cytisus scoparius*). Po kilkunastoletniej eksploatacji przejścia zauważalne było usychanie posadzonych krzewów, bardzo mocno obiedzone gałęzie wszelkich nasadzeń do wysokości ok. 0,7 m. Zagajniki na terenie przejścia były ogrodzone przez początkowe osiem lat eksploatacji obiektu, po tym okresie ogrodzenia zagajników rozebrano i zwierzęta mogły do woli żywić się liśćmi i owocami różnorodnych krzewów posadzonych w zagajnikach.

Najbardziej poszkodowany w tym względzie okazał się żarnowiec miotlasty, który był z jednej strony bardzo narażony na spaliny, a z drugiej stanowił dobry pokarm dla zwierząt. Ponadto w stosunku do niego nie wykonano żadnych zabiegów pielęgnacyjnych wysuszonej gleby i po kilku latach bardzo niekorzystnych warunków krzew zaczął obumierać.



Rys. 4. Dystrybuanty poziomu hałasu na górnych przejściach (ekran betonowy i drewniany z loggią) oraz dodana w celach porównawczych dystrybuanta poziomu hałasu zmierzonego przy jezdni autostrady w terenie otwartym (płaskim, rolniczym)

W celach porównawczych na rys. 4 przedstawiono dystrybuanty poziomu hałasu zmierzonego przed i za ekranem betonowym oraz drewnianym pośród-

ku obiektu nad pasem dzielącym. Stanowiska pomiarowe były zlokalizowane w miejscach największej kulminacji hałasu drogowego wokół autostrady. W celach porównawczych przedstawiono także dystrybuantę poziomu hałasu drogowego zmierzonego przy jezdni autostrady (w odległości 3 m od krawędzi jezdni) w terenie otwartym, w miejscu lokalizacji autostrady na poziomie okolicznego terenu rolniczego.

Na podstawie analizy rozkładu dystrybuant poziomu hałasu wykazano większą efektywność w redukcji poziomu hałasu ekranu drewnianego z loggią niż ekranu betonowego, bez względu na natężenie ruchu.

## 5. Wnioski końcowe

W odniesieniu do przejść górnych habitatowych bardzo ważnym czynnikiem jest ich lokalizacja i zapewnienie korzystnych warunków naturalnych dla zwierząt. Według wytycznych zagranicznych i krajowych przy lokalizacji górnych przejść powinno się uwzględniać naturalne szlaki migracyjne, rzeźbę terenu, struktury biotyczne i abiotyczne, a także krajobraz hydrograficzny. Spełnienie wszystkich warunków projektowych zawartych w wytycznych daje szansę na uzyskanie dobrej funkcjonalności danego przejścia, tzn. korzystania z niego przez okoliczną zwierzynę.

Jednak spełnienie powyższych wymagań może być zniweczone dzięki nieumiejętnemu dobraniu poszczególnych elementów, np. źle dobranemu rodzajowi ekranu, nie zastosowaniu wałów ziemnych, niezastosowaniu odpowiednich nasadzeń lub ich złym doborze.

W niniejszym artykule wykazano istotność wagi w stosowaniu wałów ziemnych wzdłuż autostrady na dojazdach do przejścia górnego. Projektując niweletę autostrady w niewielkim wykopie i stosując obustronne wały ziemne z nasadzeniami odpowiednio dobranych krzewów można osiągnąć redukcję poziomu hałasu na terenie dojazdu nawet o kilkanaście decybeli. Uwzględniając pasma słyszalności różnych gatunków zwierząt znacznie różniące się od pasm słyszalności ucha ludzkiego, można na terenie dojazdu do obiektu osiągnąć bardzo dobre naturalne warunki mikroklimatu (tj. m.in. redukcję hałasu drogowego, zmniejszenie stężenia spalin, odpowiednią wilgotność, naturalne otoczenie zieleni itd.), przez co zapewni się dobrą funkcjonalność danego przejścia habitatowego. Rezultaty przeprowadzonych badań poziomu hałasu przed wałem ziemnym na terenie dojazdu do obiektu potwierdzają istotę i konieczność budowy wałów.

Drugi nie mniej ważny czynnik zagospodarowania terenu to stosowanie wałów ziemnych i zagajników na terenie samego przejścia górnego. Dobór materiału, z którego jest wykonany ekran jest w danym przypadku także istotny. Stosowanie ekranu drewnianego z loggią pośrodku nad pasem dzielącym jest o wiele bardziej efektywne niż ekranu betonowego.

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że bardzo skuteczne jest w celu stworzenia odpowiedniego dla zwierząt mikroklimatu budowanie niewielkich nieregularnych wałów ziemnych i małych zagajników z nasadzeniami różnorodnych gatunkowo krzewów.

## Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 10 listopada 2010 r. "w sprawie sposobu ustalenia wartości wskaźnika hałasu LDWN", Dziennik Ustaw nr 215 poz. 1414, Warszawa 2010.
- [2] Instrukcja obsługi miernika/analizatora dźwięku SVAN 945A, SVANTEK Sp. z o. o., W-wa 2002.
- [3] Program komputerowy SvanPC ++ ver. 1.1.8 udostępniony na stronie internetowej producenta miernika SVAN 945a: [www.svantek.com.pl](http://www.svantek.com.pl).
- [4] [http://www.svantek.pl/svantek/produkty/945/SVAN945A\\_pl.pdf](http://www.svantek.pl/svantek/produkty/945/SVAN945A_pl.pdf)
- [5] PN-ISO 1996-1:2006. Akustyka - Opis, pomiary i ocena hałasu środowiskowego. Część 1; Wielkości podstawowe i procedury oceny.

## The impact of land development on the distribution of road noise level on the surface of the upper wildlife crossings

Alicja Sołowczuk

*The Chair of Roads, Bridges and Building Materials of the West Pomeranian University of Technology in Szczecin, e-mail: Alicja.Solowczuk@zut.edu.pl*

**Abstract:** The Environmental Protection concerns mainly the fauna, because the development of communication and the construction of new transport routes has been increasingly fragmenting the natural environment. To fix the errors, arising from the fragmentation of the natural environment, upper or lower crossings are built for animals. The upper crossings are very expensive because of their dimensions. The construction of the upper crossings does not always turn out to be functional, as badly developed surfaces are not attractive to animals, which do not use them. The proper management of the upper crossings area is a very difficult issue, still quite experimental. In the literature, no functional solutions can be found in this regard. The only guidelines for designers may be the examples of the area development of the existing crossings, whose functionality was confirmed by the data from monitoring.

However, ready solutions from other roads and natural conditions are not always useful, because in most cases the crossings should be tailored to the wildlife which use them.

The paper presents various development elements, together with the results of noise analyzes, confirming the impact of the development, depending on its type, on the "achieved status of soundproofness" on the access to the crossings and their surface.

**Keywords:** upper crossings, embankments, development elements, noise level.

## **Pierwszy most inż. M. Lutosławskiego w Lublinie**

**Sławomir Karaś<sup>1</sup>, Olga Skoczylas<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Katedra Dróg i Mostów, Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Lubelska,  
e-mail: s.karas@pollub.pl*

<sup>2</sup>*Samodzielna Pracownia Architektoniczna, Wydział Budownictwa i Architektury,  
Politechnika Lubelska, e-mail: o.skoczylas@pollub.pl*

**Streszczenie:** Problematyka zrównoważonego rozwoju, w tym budownictwa, obejmuje konieczny aspekt postępowania bez kompromisu dla rozwoju przyszłych pokoleń. Dotychczas zakłada się, że postęp jest nazbyt agresywny w stosunku do środowiska. Tak rzeczywiście jest w wielu przypadkach, które zostały dobrze udokumentowane, co nie znaczy, że nie podlegają krytyce. W niniejszym artykule podnosi się jeszcze inny problem – jest to mianowicie efekt zaniechania działań wyrównujących różnice cywilizacyjne. Występowanie dużych różnic w sensie infrastruktury komunikacyjnej pomiędzy różnymi regionami lub dużych różnic mentalnych, szczególnie związanych z niedostatecznym dostępem do edukacji, powoduje napięcia społeczne, wymuszony przepływ ludzi, co innymi słowy potęguje niestabilność i jest anty-zrównoważonym rozwojem. Zaniechania mogą dotyczyć elementarnych działań w zakresie budownictwa. W artykule został podjęty problem technicznego dziedzictwa kulturowego. Rzecz dotyczy tzw. 1. mostu M. Lutosławskiego w Lublinie. Wieloletnie zaniedbania spowodowane niedostatkami wiedzy o wartości mostu, jego unikalności sprawiły, że konstrukcja jest bliska stanowi granicznemu w sensie norm technicznych. To nie znaczy, że lada moment ulegnie katastrofie, ale każdy następny rok jej trwania to dalszy rozwój korozji i podrażanie kosztów przyszłego remontu. W sensie zrównoważonego rozwoju – należy czynić starania by nie zubożyć przyszłych pokoleń o materialny unikalny zabytek.

**Słowa kluczowe:** mosty, zrównoważone budownictwo, Hennebique, M. Lutosławski.

### **1. Wprowadzenie**



Rys. 1. Widok na most na Kalinowszczyźnie od napływu, stan z 2013 r.



Zrównoważone budownictwo to termin zrodzony podczas dyskusji o granice i kierunki rozwoju cywilizacyjnego powstały w zespole ONZ (WCED) kierowanym przez G. H. Brundtland, który zakończył swe prace w 1987 r. Obejmuje szerokie spektrum ludzkiej aktywności od ekonomii, zagadnień socjalnych, edukacji, dostępu do dóbr kultury, produkcji żywności i jej rozdziału, rozwoju przemysłu i jego wpływu na środowisko. Ten ostatni element jest dziś najbardziej nośny, ze względu na mocno uzasadniane podejrzenie wpływu na zmiany klimatyczne na Ziemi. Ten ważny aspekt nie zmniejsza znaczenia innych elementów zrównoważonego rozwoju, jakim jest dziedzictwo kulturowe we wszystkich jego wymiarach. Poniżej rozpatrzone znaczenie techniczne i historyczne jednego z *nieodkrytych* zabytków ludzkiego postępu cywilizacyjnego tj. unikalnego mostu z ery początków żelbetu – pierwszego mostu zbudowanego przez M. Lutosławskiego w Lublinie przez rzekę Bystrycę na Kalinowszczyźnie, która w 1908 r. była poza granicami miasta, Rys. 1. Konieczne jest *odkrycie* tego obiektu. Trudność polega na tym, że most nie jest zakryty, skryty lub schowany, most jest w sensie fizycznym dobrze widoczny, jednak mentalnie, w świadomości mieszkańców Lublina, a nawet inżynierów mostowych w Polsce i Lublinie nie jest odnotowany. Dodatkowo most żelbetowy nie może być *trwałą ruiną*<sup>1</sup>.

Technologiczne żelbet oznacza wytwarzanie kompozytowego elementu nośnego z wyraźnym przypisaniem pracy na ściskanie betonowi, podczas gdy rozciąganie to zakres pracy stali zbrojeniowej. Koniecznym stanem jest minimalizowanie procesów korozyjnych w betonie a następnie w stali. Przekroczenie stanu granicznego, jakim jest współdziałanie składowych elementów wspomnianego kompozytu, to koniec konstrukcji żelbetowej. Most na Kalinowszczyźnie jest w fazie zaawansowanego rozwoju korozji i niezbędny jest remont konstrukcji.

Rok później tj. w 1909 r. M. Lutosławski wybudował w Lublinie jeszcze jeden most w ciągu ul. Zamojskiej. Ten obiekt z racji swego położenia w mieście i dodatkowej bogatej architektonicznie balustrady miał ciekawsze położenie i wyraźniejszy wizerunek. Most na ulicy Zamojskiej został wyremontowany w 2011 r. a w roku 2013 nadano mu imię budowniczego. Odtąd most nazywa się *Mostem Mariana Lutosławskiego*.

## 2. Przykłady rewitalizacji obiektów przemysłowych

W kraju i za granicą jest wiele rewitalizacji obiektów, które można uznać za działania zrównoważone. Przykładem mogą być rewitalizacje obiektów poprzemysłowych w Niemczech, w Zagłębiu Ruhry. Kopalnia węgla kamiennego Zollverein w Essen powstała w 1847 roku, a już w 1900 wydobywała ponad 12 tys. ton węgla na dobę. Funkcjonowała do czasu kryzysu węglowego w 1986, w tym samym roku land Północnej Nadrenii-Westfalii odkupił obiekt od spółki węglowej i objął go ochroną konserwatorską.

Wszystkie budynki kompleksu zostały odrestaurowane, nadano im nowe funkcje – od muzealnych, przez centrum wzornictwa przemysłowego do kasyna, restauracji i basenu. Dzięki udanej, zrównoważonej rewitalizacji szanującej poprzednią funkcję terenu kompleks został wpisany 14 grudnia 2001 roku na listę światowego dziedzictwa kulturowego UNESCO pod nazwą „Przemysłowy Pejzaż Kulturowy Zollverein”.<sup>2</sup>

1. Określenie stanu zabytków, patrz np. Trwała ruina II, Problemy Utrzymania i adaptacji, pod redakcją Bogusława Szmygina, Lublin-Warszawa, 2010.

2. Źródło: <http://www.gliwiczanie.pl/Ee/Zollverein/zollverein.htm>; data dostępu: 2.01.2014 r.

Rys. 2. Kompleks Zollverein po rewitalizacji<sup>3</sup>.Rys. 3. Szyb Maciej - widok z platformy widokowej<sup>4</sup>.

W Polsce mogą to być obiekty pokopalniane na Śląsku. W Zabrze zrewitalizowano Szyb Maciej. Jest to zespół obiektów i urządzeń z początku XIX wieku. Szyb góruje nad zachodnią częścią Zabrze. Gdy wyczerpały się złoża węgla, kompleks stał się własnością Przedsiębiorstwa Górniczego Demex. Nowi właściciele zlikwidowali podziemną część, a szyb przekształcili w podziemne ujęcie wody. Dzięki rewitalizacji i konserwacji Szyb Maciej wygląda tak, jak w czasach największej świetności, Rys. 3. Obecnie zespół jest dostosowany do ruchu turystycznego, na górze szybu platforma widokowa. Obszar kompleksu jest wykorzystywany na imprezy masowe, np. Industriadę (ponad 3000 osób), podczas której odbywają się liczne koncerty i występy. Szyb częściowo zasilany jest energią z paneli fotowoltaicznych. Na Śląsku powstał Szlak Zabytków Techniki, w skład którego wchodzi 36 obiektów, m.in. Szyb Maciej, Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrze, Muzeum Drukarstwa w Cieszynie, Galeria Sztuki Współczesnej Elektrownia w Czeladzi, Zabytkowa Stacja Wodociągowa „Zawada” czy Huta Szkła „Zawiercie”<sup>5</sup>.

Rys. 4. Manufaktura w Łodzi - połączenie zabytku i nowoczesności<sup>6</sup>.

Rewitalizacja Manufaktury w Łodzi również jest dobrym przykładem zrównoważonego budownictwa, Rys. 4. W kompleksie połączono historię z nowoczesnością – obok ceglanych elewacji zaprojektowano przeszkloną fasadę centrum handlowego. Dzięki zastosowaniu współczesnych rozwiązań technologicznych kompleks jest bardziej przyjazny środowisku i posiada nowoczesny wygląd, jednocześnie zachowując dawny klimat przez ceglane fasady i historyczny

3. Źródło: <http://www.toptext.info/zeche-zollverein-essen-kl.jpg>, fot.: Bernhard Ludwig

4. Źródło: <http://www.szybmaciej.pl/images/stories/photo/atrakcje03.jpg>- za zgodą administratora strony

5. Źródło: <http://www.szybmaciej.pl/>; data dostępu: 2.01.2014 r.

6. Źródło: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1b/Manufaktura\\_panorama\\_%C5%81%C3%B3d%C5%BA.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1b/Manufaktura_panorama_%C5%81%C3%B3d%C5%BA.jpg)

układ urbanistyczny założenia. W ten sposób z fabryki tkanin stworzono galerię handlową.

W przypadku mostów należy przywołać program rewitalizacji o skrótowej nazwie Ironbridge Gorge w Wielkiej Brytanii. Most żeliwny Ironbridge powstał w 1779 roku, a w 1986 roku został zaliczony do zabytków Światowego Dziedzictwa UNESCO. Stworzono wiele muzeów, miejsc przyjaznych turystom oraz mieszkańcom. Dobre przykłady wykorzystywane są powszechnie, a turystyka może rekompensować poniesione na restaurację nakłady. Na poniższym zdjęciu, Rys. 5., utrwalono stan odnawiania i rekonstrukcji mostu Malabadi wybudowanego w 1147 r. Z mostem antycznym sąsiaduje współczesny most łukowy żelbetowy i tama na rzece Batman. W trakcie renowacji mostu w bezpośrednim sąsiedztwie wybudowano parking na ~50 samochodów. Most jest bliźniaczą konstrukcją do mostu w Mostarze, przyciągającego w sezonie wakacyjnym setki turystów dziennie. W Mostarze przygotowano 3 duże parkingi w odległości ~100 m od mostu.



Rys. 5. Malabadi przez rzekę Batman, południowo-wschodnia Anatolia, stan 2013 r.

W powyższych przykładach rewitalizacji można zauważyć kilka podobieństw. Pokazują one historię obiektów, służą społeczności lokalnej, zmieniają dawną funkcję obiektu, jednocześnie zachowując pamięć o pierwotnej. Ale przede wszystkim są to rewitalizacje o dużej skali, o dużym rozmachu i dotyczą całych kompleksów obiektów. Można pokusić się nawet o stwierdzenie, że łatwiej jest skutecznie zrewitalizować duże obiekty lub wręcz całe kompleksy obiektów niż pojedynczy mały obiekt, jakim jest most. Dlatego udana odnowa dwóch mostów Lutosławskiego będzie wydarzeniem bezprecedensowym.

### 3. Technologia żelbetu F. Hennebique'a

Pierwszą mostową konstrukcją betonową jest wybudowany mały mosteczek w ogrodzie botanicznym w Grenoble zaprojektowany i wykonany przez Louisa-Josepha Vicata i jego syna w 1855 r. Pierwszym mostem żelbetowym jest także most ogrodowy w miejscowości Chazelet wybudowany przez Joseph Moniera w 1875 r. Monier jest uznawany za wynalazcę żelbetu, przy czym należy tu nadmienić, że w roku 1848 Joseph Louis Lambot wykonał łódkę z żelbetu i tym sposobem jest także traktowany jako *ojciec* tej technologii. Dalej historia żelbetu w dużym skrócie to efekty działalności François Hennebique'a i Gustawa Weissa, którzy zakupili patenty Moniera podczas wystawy światowej w Paryżu w 1876 r. Szerzej o rozwoju tej

technologię można przeczytać w wielu pracach, jednak przy całej subiektywności niniejszego wskazania, poleca się znakomity artykuł prof. M. Rybaka [1] pt.: *Zanim minął wiek XIX – były już mosty z betonu zbrojonego*. W kontekście mostów lubelskich M. Lutosławskiego istotna jest ścieżka rozwoju żelbetu którą szedł F. Hennebique. Oba mosty wzniesione przez M. Lutosławskiego wykonano wg patentów Hennebique'a, przy czym dwa najważniejsze spośród wielu zgłoszonych patentów w różnych krajach to patenty na pale żelbetowe wbijane oraz na żelbetową płytę ortotropową stosowaną w budownictwie ogólnym i mostowym. Oba rozwiązania znalazły zastosowanie w mostach lubelskich. Należy w tym miejscu nadmienić, że F. Hennebique stworzył, dziś już w znacznym stopniu zapomniane, potężne międzynarodowe konsorcjum *Le Béton Armé Hennebique* obejmujące swym zasięgiem Europę, obie Ameryki, Rosję, Japonię i Australię. Najpotężniejszym narzędziem w rozprzestrzenianiu rozwiązań F. Hennebique'a było czasopismo, miesięcznik *Le Béton Armé*. Miarą potencjału *Le Système Hennebique*<sup>7</sup> jest odnotowana liczba realizacji obiektów żelbetowych, która w roku 1913, po dwudziestu latach działalności, firmowanych przez Hennebique'a budowli wynosiła 30 tysięcy. Firma została zamknięta w 1967 r. W artykule *Ścieżki rozwoju technologii Hennebique'a* [2] można znaleźć rozdział poświęcony fascynującej postaci F. Hennebique'a i jego osiągnięciom wraz z kilkoma adresami do polskiego mostownictwa. F. Hennebique stworzył system przedstawicieli technicznych w różnych krajach. Dobierał najlepszych ludzi. W Galicji była to firma *J. Sosnowski & A. Zacharewicz* a w zaborze rosyjskim M. Lutosławski z jego *Biurem Technicznym*.

M. Lutosławski, pomimo młodego wieku, był znanym inżynierem. Brał udział w pracach projektowo-koncepcyjnych mostu *Poniatowskiego* w Warszawie. Był pionierem żelbetu w Polsce. Rozpowszechniał technologię pali *Compressol* przywiezioną z misji technicznej do Paryża przy okazji projektowania mostu *Poniatowskiego*.

Technologię żelbetu stosował także w budownictwie sakralnym. Wraz z architektem Antonim Wiwulskim projektowali Kościół Najświętszego Serca Pana Jezusa w Wilnie. Znane są fotografie z budowy tej świątyni, na których uwidoczniono ściany żelbetowe i szalunki. Kościoła z różnych przyczyn nie ukończono, a w roku 1964 mury rozebrano.

Co jest zawsze ważne – dużo publikował, brał udział w edukacji prowadzonej przez szkołę mechaniczno-techniczną Rotwanda i Wawelberga. Był patriotą, pracował dla polskich organizacji społecznych, te działania sprawiły, że wraz z bratem Józefem został aresztowany w ogarniętej rewolucją Moskwie i obaj zostali rozstrzelani bez sądu w 1918 r. O życiorysie M. Lutosławskiego można znaleźć na stronie rodziny Lutosławskich<sup>8</sup>, a o jego aktywności inżynierskiej w artykule *Inżynier Marian Lutosławski i jego mosty w Lublinie* [3].

#### 4. Most na Kalinowszczyźnie z 1908r.

O tym moście wiadomo bardzo mało. W Archiwum Państwowym Lublina jest jeden rysunek, jest to tzw. *Rysunek* ogólny, który służy jako odniesienie do rezultatów inwentaryzacji zamieszczonej w niniejszym artykule. Z racji usytuowania mostu poza miastem, na peryferiach, nie ma też artykułów czy choćby wzmianek w lokalnej prasie. Stąd wiadomo na pewno, że firma M. Lutosławskiego została

7. *Le Système Hennebique* – inna, również stosowana nazwa firmy Hennebique'a.

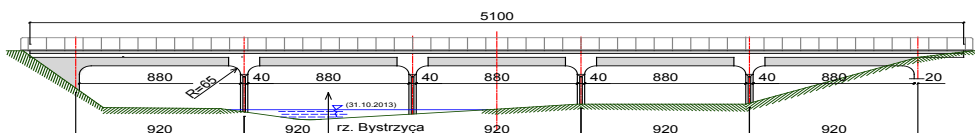
8. [www.drozdowo.pl](http://www.drozdowo.pl)



wybrana na wykonawcę w drodze przetargu i ukończyła most po sześciu miesiącach budowy, w terminie.



Rys. 6. Widok mostu na Kalinowszczyźnie od napływu; stan - 2013 r.



Rys. 7. Widok z boku z wprowadzonym pilastrowaniem, wymiary mostu.

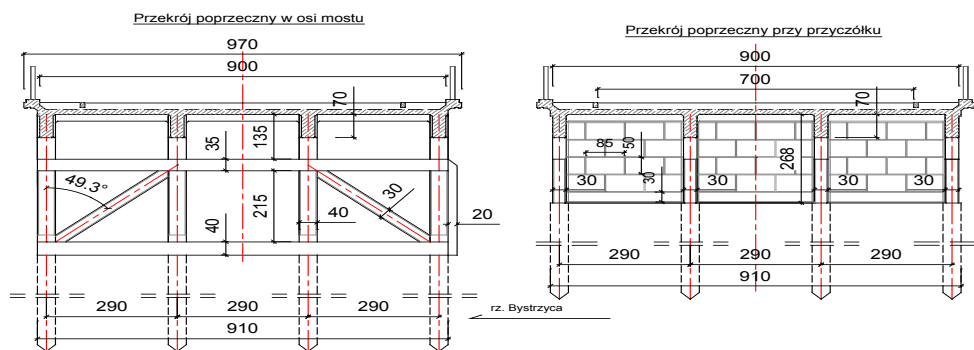
W porównaniu do późniejszego o rok mostu na ul. Zamojskiej obraz mostu jest o wiele skromniejszy, Rys. 6, choćby z tej racji, że nie ma bogatej neogotyckiej balustrady. Tym niemniej most nie jest pozbawiony elementów zdobniczych. Na powierzchniach bocznych wykształtowano pilastry widoczne przy oświetleniu słonecznym i zwykłym. Potencjalnie istnieje też możliwość by ich efekt wizualny wzmacniać lub osłabiać przez nałożenie barwnych powłok, Rys. 7. Linia górnego gzymsu (kapinosa) jest łamaną, uniesioną ku górze na 15 cm, co jest typowym zabiegiem znanym od czasów antycznych zwiększającym *lekkość* konstrukcji.

Powyższe analizy są ważne w perspektywie przyszłego remontu mostu, po to by w sposób nie ingerujący w jego konstrukcję podnieść atrakcyjność wizualną [4-5].



Rys. 8-9. Pomiary inwentaryzacyjne.

Przeprowadzono inwentaryzację wymiarów mostu, Rys. 8-9, wymiary uwidoczniło na Rys. 10-11.



Rys. 10-11. Przekroje poprzeczne mostu.

Na zamieszczonych powyżej rysunkach pominięto istniejące czynne bądź nieczynne rury instalacji prowadzących media. W przekroju poprzecznym most ma 4 rzędy słupów o przekroju kwadratowym o boku 40 cm z fazowanymi narożami na głębokość 2,5 cm. Jak się okazuje przeprowadzona inwentaryzacja jest zgodna z dokumentacją pierwotną, Rys. 12.



Rys. 12. Fragment oryginału Rysunku ogólnego.

Przyjęty schemat statyczny mostu jest trudny w sensie optymalizacji wartości momentów przęsłowych. W przypadku ramy o wielu nawach o równych rozpiętościach zawsze przeciążone są przęsła skrajne i słupy skrajne, Rys. 12. W latach projektowania mostu znane już były metody graficzne wyznaczania sił w konstrukcjach, np. graficzna metoda Ch. O. Mohra. Dziś trudno przesądzać o sposobie analizy tego mostu i mostu na ul. Zamojskiej, przy czym równie ważne mogły być kryteria estetyczne.





Rys. 13. Filary mostu na Kalinowszczyźnie.

W kontekście współczesnego projektowania można też mówić o innym trudnym statycznie problemie tj. o posadowieniu przyczółków na pojedynczym rzędzie pali, które są podatne na obroty o wektorach prostopadłych do podłużnej osi mostu.

Zwraca również uwagę przyjęty wysoki poziom wody wysokiej spiętrzonyj sięgający góry prostoliniowych fragmentów filarów, Rys. 12., 14. Przyjęty poziom jest bezpieczny, co potwierdzają osady wód wysokich przedstawione na innych tu zamieszczonych zdjęciach. Dla porządku przypomina się, że obecnie kryteria prześwietu pomiędzy lustrem wody miarodajnej a spodem ustroju nośnego są ostrzejsze.

Słupy są stężone poprzecznymi kratownicami z zastrzałami w skrajnych polach, Rys. 13. Przekrój poprzeczny zastrzałów to kwadrat o boku 30 cm z fazowaniem na krawędziach o głębokości 2,5 cm. Rygiel dolny o przekroju kwadratu o boku 40 cm jest jednocześnie ocepem pali. Rygiel górny ma przekrój prostokątny 35x40 cm. Kratownico-rama jest 65 cm poniżej (miara w świetle elementów) spódów dźwigarów. Na rysunku wrysowano pale, które nie zostały rozpoznane podczas inwentaryzacji ze względu na poziom wody w rzece.



Rys. 14-15. Widoki na spód mostu.

Ustrój nośny jest także tylko częściowo rozpoznany. Z obmiaru prowadzonego od spodu ustalono widoczne części dźwigarów i belek poprzecznych. Nie jest znana grubość płyty pomostu, tym bardziej, że mogła być zmieniana podczas remontów. Od strony napływu wykształtowano izbice betonowe, przy czym ostrze izbicy jest wykonane z kątownika stalowego L100x100 i wysokości 270 cm.

Obraz mostu widziany od spodu przypomina kadr z filmu *Ucieczka z Nowego Jorku*<sup>9</sup>. Powierzchnie elementów konstrukcyjnych są zanieczyszczone, potęgowane przez porzewiałe rury mediów miejskich, Rys. 14. Pomimo to dostrzec można estetykę wynikającą z kształtowania elementów. Płaskość powierzchni, równe fazowania krawędzi, piony i poziomy ładnie zbiegające się w perspektywie powodują odczucie harmonii, a nawet relaksu.

Przy przyczółkach niezbędne jest kolejne odniesienie do mostu na ul. Zamojskiej. Tam czołowa ściana przyczółka jest skromniejsza, jest to po prostu ściana. Tymczasem w moście na Kalinowszczyźnie ściana czołowa (268 cm) jest znacznie niższa w zestawieniu z filarem (425 cm). Zamiast płaskiej powierzchni zastosowano boniowanie o podstawowym module 85x50 cm, Rys. 14. Ślady stanów wysokich wód na przyczółku wskazują, że maksymalny spływ miał poziom lustra wody o 50 cm niższy niż spody dźwigarów.

## 5. Korozja

Nawierzchnia na moście została wykonana z asfaltu lanego, który jest w znacznym stopniu szczelny. Tym niemniej korozja betonu, może nieco wolniej, postępuje systematycznie. Widoczne są odsłonięcia zbrojenia głównego na belkach skrajnych z obu stron mostu. Jesienią roku 2013 r., zaobserwowano jej znaczne postępy. Jak zwykle w przypadku mostów betonowych największe zniszczenia powstają w obszarze belek skrajnych spowodowane przeciążeniem tych belek w porównaniu z belkami wewnętrznymi oraz ich dużą ekspozycją na oddziaływania środowiskowe. Na gruncie pod mostem można znaleźć mniejsze i większe fragmenty otuliny. Najdłuższy miał długość ~1 m. W tych miejscach postępuje korozja zbrojenia głównego i strzemion z płaskowników, Rys. 16. Pojawiły się także odspojenia powierzchniowe betonu, Rys. 17.



Rys. 16-17. Korozja żelbetu belek i płyty pomostu.

Rys. 18. Pozostałości żeliwnych słupków.

W obszarach odsłoneń pomierzono średnie prętów zbrojenia, które wynoszą 28 mm. W konstrukcjach Hannebique'a jako strzemiona stosowano blachę bednarnekę o przekroju poprzecznym 30x3 mm.

## 6. Balustrada

Z zapisów w materiałach znajdujących się w Archiwum Państwowego Lublina wynika, że na moście była zainstalowana balustrada ze stali kutej. Zakładając, że

9. *Escape From New York* – film w reżyserii Johna Carpentera, z roku 1981.

balustradę wykonano zgodnie z Rys. 12. należy uznać, że była skromna. Podczas zamierzonego remontu mostu trzeba dopuścić zmiany w porównaniu do oryginału z podstawowej przyczyny tj. bezpieczeństwa użytkowników. Odległości pomiędzy przyciągami dziś byłyby za duże.

Na Rys. 12. są też widoczne kolumny oświetleniowe. Dziś nie ma świadectwa, że kolumny wybudowano. W APL odnaleziono pismo M. Lutosławskiego do magistratu będące w swej formie łagodnym ponaganiem do podjęcia decyzji o ich wykonaniu. Nic poza tym.

Z oryginalnej balustrady do dziś pozostały dwa słupki o pełnej wysokości i kilka dolnych połówek słupków. Wszystkie montowano w kapinosie w sposób pokazany na Rys. 18.

## 7. Drugi most M. Lutosławskiego w Lublinie – na ul. Zamojskiej



Rys. 19. Widok drugiego mostu M. Lutosławskiego, stan z 2006 r.



Rys. 20. Most w ciągu ulicy Zamojskiej – stan obecny.

17.VII.1909 r. ukończono budowę mostu w ciągu ul. Zamojskiej, po czym most oddano do użytkowania. Most jest zabytkiem wpisanym na listę zabytków pod oznaczeniem A/956 z datą 31.XII.1987 r, Rys. 20. Oba mosty M. Lutosławskiego są zabytkami w sensie ich historycznej wartości, tym niemniej formalne przypisanie mostu z ul. Zamojskiej uchroniło go przed rozbiórką w końcu lat 80-tych. Historia tego mostu jest lepiej udokumentowana w porównaniu do mostu z 1908 r. co było treścią artykułu [6].

Po 10 latach starań doprowadzono do renowacji obiektu do formy bardzo zbliżonej do początkowej, tej z 1909 r., Rys. 20.



W roku 2010 ówczesny Prezydent miasta Lublina, dr inż. A. Wasilewski, zdecydował o przygotowaniu dokumentacji remontu mostu, a w roku 2011 przeprowadzono prace budowlane. Ponowne otwarcie mostu po renowacji nastąpiło w lipcu 2013 r.

## 8. Sukces odbudowy v. błędy projektowe i nadzoru

Przeprowadzona odbudowa jest sukcesem, którego wymiar dotyczy dziedzin urbanistyki, kultury także lepszego poznania konstrukcji Hennebique'a [7]. Usunięto tymczasowe uzupełnienia z czerwonej cegły, nieczynne rury po niegdysiejszych mediach, skorodowane elementy. Most przeszedł transformację od obrazu upadku do elementu zdołającego.

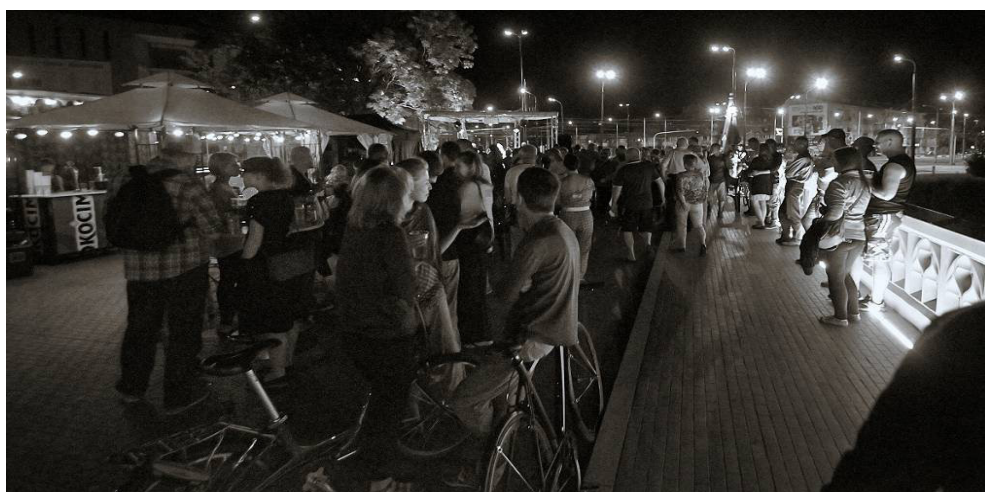
Mając na uwadze konieczność przeprowadzenia remontu także pierwszego mostu M. Lutosławskiego przeanalizowano niedostatki przeprowadzonego procesu budowlanego, po to by podobnych błędów uniknąć przy kolejnej renowacji [8].

W trakcie projektowania zastosowano bezkrytycznie typowe współczesne procedury wymiarowania betonu. W rezultacie uznano, że nie ma dostatecznej sztywności belek na ścinanie, przy tym nie uwzględniono racjonalnych argumentów o braku w istniejącej konstrukcji charakterystycznych ukośnych rys od ścinania. Podczas remontu wprowadzono dodatkowe strzemiona zmieniając tym samym oryginalną konstrukcję.

Utracono oryginalne powierzchnie elementów żelbetowych, wykonane z charakterystycznym dla M. Lutosławskiego pietyzmem.

Utrwalono natomiast efekty doraźnych napraw w postaci pofałdowań powierzchni elementów kapinosa.

Pomimo wnioskowania przez KDiM PL o stosowanie się do koncepcji W. Koziejowskiego i wykonanie nawierzchni jezdni z kostki klinkierowej lub drewnianej wykonano nawierzchnię z płytek, która z perspektywy dnia dzisiejszego jest jednak obca i kompromis w tym względzie należy uznać za błąd.



Rys. 21. Uspołecznienie mostu<sup>10</sup>.

10. Autor zdjęcia: Piotr Jaruga, zamieszczono za zgodą autora

Przyczyny wymienionych powyżej niedociągnięć – poza projektem – to:

- traktowanie mostu zabytkowego jak zwykłego mostu,
- nadzór konserwatorski był sprawowany w sposób co najwyżej zwykły,
- nadzór budowlany przepuścił kilka niedoróbek, generalnie nie stosował zwyczajowej nadgorliwości,
- zabrakło nadzoru architektonicznego,
- w owym czasie dopiero powstawało Forum Kultury Przestrzeni (FKP) – grono intelektualistów dyskutujące mailowo problemy miasta Lublina, następnie finalizujące wymianę poglądów w formie wniosków do władz miasta – brak takiego forum dyskusyjnego wcześniej sprawił, że nie było dostatecznej społecznej kontroli szczególnie przy ustalaniu założeń i celu remontu.

Niebagatelną sprawą jest *uspołecznienie* mostu [9]. Most w nowej formie został zaakceptowany przez mieszkańców i środowiska kulturotwórcze miasta, Rys. 21. Jest miejscem spotkań i wystaw. Tak więc inwestowanie w dziedzictwo kulturowe – tu techniczne – stało się pierwszym ogniwem dalszych inspiracji. Spełnione zostały kryteria *sustain development* w wąskim i szerokim spektrum pojęcia przyjaznego rozwoju.

## Literatura

- [1] Rybak M., *Zanim minął wiek XIX – były już mosty z betonu zbrojonego*, Drogownictwo, nr 7-8, 2002.
- [2] Karaś S., *Ścieżki powstawania technologii F. Hennebique’a*, Drogownictwo, LXVIII, 5, 2013.
- [3] Karaś S., Gazda L., *Inżynier Marian Lutosławski i jego mosty w Lublinie*, Drogownictwo, 2, 159-164, 2004.
- [4] Śledziwski K., *Zasady estetycznego kształtowania konstrukcji mostowych*, Drogownictwo, nr 3, 2011.
- [5] Kowal M., *Droga ekspresowa S17 odcinek Kurów-Bogucin*, Drogownictwo, nr 9, 2013.
- [6] Karaś S., *Unique Hennebique bridges in Lublin, Poland*, American Journal of Civil Engineering and Architecture, 2013 1 (2), pp 47-51.
- [7] Nosaliuk N., Karaś S., *The bridges fate*, 624.04.(075,8) 69, 425-434.
- [8] Gieroba J., Karaś S., Przesmycka E., *Po remoncie zabytkowego mostu w Lublinie*, Lubelski Inżynier Budownictwa, Nr 23, 14-16, 2012.
- [9] Karaś S., Kossowski G., *Nasunięcie przęsła Vierendeel’a w Lublinie*, Przegląd Komunikacyjny, 4, 16-24, 2013R.

---

## Sustain development – the first bridge of M. Lutoslawski in Lublin

Sławomir Karaś<sup>1</sup>, Olga Skoczylas<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Road and Bridge Chair, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Lublin University  
of Technology, e-mail: s.karas@pollub.pl*

*<sup>2</sup>Independent Laboratory of Architecture, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Lublin  
University of Technology, e-mail: o.skoczylas@pollub.pl*

**Abstract:** The article was taken a technical problem of human-technical heritage. The thing applies to the 1st M. Lutoslawski's bridge in Lublin. Years of neglect caused by a deficiency of knowledge about the bridge worth, its uniqueness meant that the structure is close to the limit condition in the sense of technical standards. This does not mean that at any moment the bridge will collapse, but each subsequent year of its duration is a further development of corrosion and cost increases of future repair. In terms of sustainable development - should endeavor not to impoverish future generations of unique monument.

**Keywords:** Bridges, Sustain development, Hennebique, M. Lutoslawski.





# **Proces oceny oddziaływania na środowisko w państwach Grupy Wyszehradzkiej w zakresie drogownictwa**

**Slávka Gałaś, Andrzej Gałaś**

*Katedra Analiz Środowiskowych, Kartografii i Geologii Gospodarczej, Wydział Geologii,  
Geofizyki i Ochrony Środowiska, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie,  
e-mail: sgalas@geol.agh.edu.pl, pollux@geol.agh.edu.pl*

**Streszczenie:** Celem artykułu jest omówienie procesu oceny oddziaływania na środowisko (OOŚ) w państwach Grupy Wyszehradzkiej (V4) w zakresie drogownictwa. W pierwszej części pracy analizie poddany został rozwój sieci drogowej w państwach V4 a następnie oceniono kryteria etapu screeningu procedury OOŚ wynikające z podziału przedsięwzięć ze względu na wielkość oddziaływania na środowisko. W drugiej części pracy ocenie poddano wyniki ankiety przeprowadzonej w państwach V4 wśród wykonawców OOŚ. W niniejszej pracy analizowano i oceniono odpowiedzi respondentów, którzy deklarowali swój udział w zakresie związanym z transportem. Ukazano różnice w procedurze OOŚ inwestycji drogowych w poszczególnych krajach V4.

**Słowa kluczowe:** ocena oddziaływania na środowisko, inwestycje drogowe, kryteria screeningu, grupa wyszehradzka.

## **1. Wprowadzenie**

Ocena oddziaływania na środowisko (OOŚ) jest jednym z podstawowych narzędzi zarządzania ochroną środowiska w procesach rozwoju, wpisującym się w zasadę zrównoważonego rozwoju. Jako narzędzie prawne stosowane jest wg zapisów: Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2011/92/UE z dnia 13 grudnia 2011r. w sprawie oceny skutków wywieranych przez niektóre przedsięwzięcia publiczne i prywatne na środowisko (Dyrektywa OOŚ) [1], Dyrektywy 2001/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 czerwca 2001 r. w sprawie oceny wpływu niektórych planów i programów na środowisko, oraz Dyrektywy Rady 92/43/EWG z dnia 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory w części dotyczącej ocen oddziaływania na środowisko.

Dyrektywa OOŚ, jako akt prawa pochodnego Unii Europejskiej (UE), stworzyła ramy odniesienia do implementacji procedur oceny oddziaływania na środowisko do systemów prawnych poszczególnych państw członkowskich UE, w tym i dla państw należących do Grupy Wyszehradzkiej (V4).

Po okresie zmian ustrojowych wszystkie państwa Grupy Wyszehradzkiej znalazły się w trudnej sytuacji ekonomicznej. Jednocześnie nawiązanie partnerskich stosunków z krajami Unii Europejskiej wymagało szybkich zmian gospodarczych w tym dostosowanie do odpowiednich standardów infrastruktury komunikacyjnej. Kluczową dla narastającego międzynarodowego ruchu samochodowego była sieć

autostrad i dróg ekspresowych. Na tle pozostałych państw V4 szczególnie opóźniona pod tym względem była i jest Polska. W 1991 roku istniało w naszym kraju 257 km autostrad i 370 km dróg ekspresowych. Przyjęty w 1994 roku plan budowy autostrad przewidywał budowę 2600 km, w tym najbardziej potrzebnych połączeń A1, A2 i A4. Dziś do użytku w Polsce jest prawie 2789 km autostrad i dróg ekspresowych (stan na koniec 2013 wg GDDKiA). Trwają prace nad ukończeniem ostatniego odcinka autostrady A4, która łączy nasz kraj z Niemcami i Ukrainą. Ta autostrada, o długości całkowitej 672 km, otwarta zostanie po około 40 latach od rozpoczęcia budowy (wyłączając fragment budowany jeszcze przed II wojną światową przez Niemców).

Program budowy autostrad na lata 2011-2015 zakłada oddanie wszystkich kluczowych odcinków autostrad [2]. Jest to ciekawa deklaracja ponieważ w dokumencie opisano poszczególne autostrady jako główne lub podstawowe nie podając, które to są kluczowe.

W artykule skupiono się na analizie wyników badania ankietowego związaneego z procesem OOS w państwach V4 w zakresie odpowiedzi, które udzielili respondenci, deklarujący swoje doświadczenie w przygotowaniu raportów o oddziaływaniu na środowisko w zakresie transportu.

## 2. Sytuacja w państwach V4 w zakresie infrastruktury drogowej

Obszarem badań są państwa należące do Grupy Wyszehradzkiej: Polska (PL), Słowacja (SVK), Czechy (CZ) i Węgry (HU). Na te wymienionych państw pod względem wielkości powierzchni oraz liczby mieszkańców wyróżnia się Polska, ale jeśli brać pod uwagę gęstość zaludnienia oraz indeks PKB (EU28 = 100) pierwsze miejsce zajmują Czechy (Tabela 1).

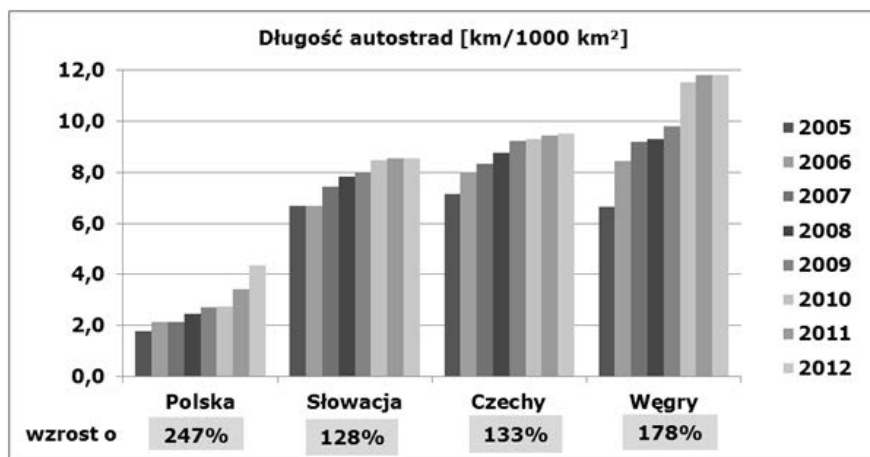
Tabela 1. Podstawowe dane za r. 2011 (dane wg. statystyk krajowych oraz Eurostatu) [3,4,5,6,7]

	Polska	Słowacja	Czechy	Węgry
powierzchnia (km <sup>2</sup> )	312 679	49 036	78 866	93 024
ludność (os.)	38 538 447	5 404 322	10 505 445	9 931 925
gęstość zaludnienia (os./km <sup>2</sup> )	123	110	133	107
PKB indeks (EU28 = 100)	65	75	81	67

Istotnym wskaźnikiem, który pozwala określić stopień rozwoju infrastruktury transportowej danego obszaru jest gęstość dróg. Gęstość dróg w państwach V4 otrzymano po przeliczeniu długości autostrad oraz dróg ekspresowych w stosunku do 1000 km<sup>2</sup> powierzchni kraju. Wyniki wyliczono na podstawie danych z lat 2005-2012 co pozwoliło określić dynamikę wzrostu w przedziale 7 lat (Rys.1, 2).

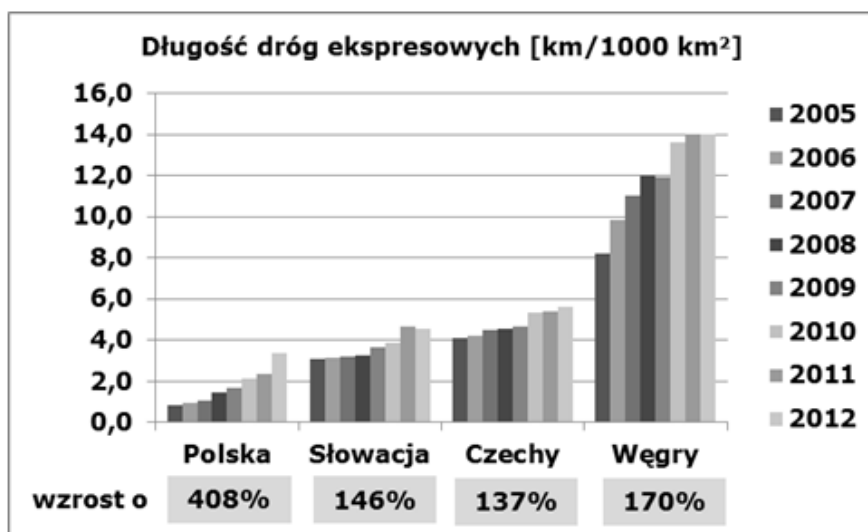
Pod względem długości autostrad, pozycja Polski jest wyraźnie najgorsza na tle pozostałych państw V4 (Rys.1). Wartość tego wskaźnika dla Polski - 1,76 km (2005r.) - jest 4 razy mniejsza niż w Czechach, które w tym samym czasie posiadały 7,15 km autostrad na 1000 km<sup>2</sup> powierzchni. Od r. 2007 pierwszeństwo w tym zakresie między badanymi krajami zajmują Węgry, które ten stan utrzymały aż do

2012r. i posiadają najgęstszą sieć autostrad. W przedziale badanych 7 lat największą dynamikę wzrostu posiadanych autostrad obserwuje się w Polsce, gdzie długość wzrosła o 247%.



Rys. 1. Długość autostrad na 1000 km<sup>2</sup> w państwach V4 w latach 2005-2012 [na podstawie 3,4,5,6,7]

Podobnie sytuacja kształtuje się w przypadku dróg ekspresowych (Rys. 2). Największy wzrost sieci dróg ekspresowych odnotowano w Polsce, gdzie w stosunku do 2005 r. w 2012 r. przybyło 408%, jednak i tak Polska nie osiągnęła wskaźnika dróg ekspresowych w pozostałych państwach V4.



Rys. 2. Długość dróg ekspresowych na 1000 km<sup>2</sup> w państwach V4 w latach 2005-2012 [na podstawie 3,4,5,6,7]

### 3. Porównanie klasyfikacji przedsięwzięć w procedurze OOŚ w państwach V4

Kwalifikacja przedsięwzięcia do procedury OOŚ w krajach V4 odbywa się na podobnych zasadach, wynikających z Dyrektywy OOŚ. Przedsięwzięcia są według odpowiednich wytycznych (załączniki do krajowych ustaw OOŚ lub rozporządzenia) dzielone na dwie grupy: 1) przedsięwzięcia, dla których obligatoryjne jest przeprowadzenie oceny oddziaływania na środowisko (załącznik I dyrektywy OOŚ) oraz 2) przedsięwzięcia, dla których obowiązek przeprowadzenia oceny oddziaływania na środowisko jest fakultatywny (załącznik II dyrektywy OOŚ).

Analiza zapisów regulacji prawnych OOŚ w krajach V4 dotyczących progów oraz kryteriów selekcji dla przedsięwzięć związanych z transportem drogowym wykazała znaczące różnice [8,9,10,11,12]. Dotyczą one wartości progowych stosowanych dla klasyfikacji przedsięwzięć w zależności od znaczenia ich wpływu na środowisko (Tabela 2).

W zakresie przedsięwzięć, dla których jest obligatoryjne przeprowadzenie procedury OOŚ nie ma różnic pomiędzy państwami V4. Dotyczy to inwestycji należących do autostrad, dróg ekspresowych oraz innych dróg o nie mniej niż czterech pasach ruchu i długości nie mniejszej niż 10 km w jednym odcinku, w tym także rozbudowa drogi do w/w parametrów.

Budowa dróg, nie wymienionych w załączniku I dyrektywy OOŚ, zawarta jest w załączniku II dyrektywy OOŚ, gdzie takie przedsięwzięcia mają podlegać etapowi screeningu. Zapis ten został przez państwa V4 w odmienny sposób transponowany do krajowych przepisów. W poszczególnych państwach progi screeningu wskazujące, które przedsięwzięcie powinno przejść etap selekcji mają odmiennie parametry (Tabela 2). W Polsce są to drogi o nawierzchni twardej, których całkowita długość przekracza 1 km, na Słowacji kryterium to obowiązuje dopiero od długości 5 km do 10 km a wiąże się tylko z drogami I i II klasy dróg (odpowiednio w Polsce drogi krajowe oraz wojewódzkie) (Tabela 3). W Czechach nie określono dla tego przypadku przedsięwzięć konkretnej długości, ale wskazano, których dróg dotyczy procedura screeningu: dróg wszystkich klas, oraz dróg lokalnych klasy I i II. Ze względu na brak szczegółowych danych dotyczących Węgier (w języku innym niż węgierski) nie uwzględniono Węgier w porównaniu. Różne wartości progowe w poszczególnych krajach powodują, że inwestycje, które w jednym kraju będą przedmiotem całej procedury OOŚ w innym przejdą tylko etap screeningu. Z tego też powodu liczba wszczętych postępowań nie będzie odpowiadała pełnemu obrazowi rozwoju infrastruktury drogowej w ostatnich latach.

Tabela 2. Kryteria selekcji dla przedsięwzięć związanych z transportem drogowym w państwach V4 [8,9,10,11,12].

UE	PL	SVK	CZ	HU
Budowa dróg (przedsięwzięcia niewymienione w załączniku I dyrektywy OOS);	Drogi o nawierzchni twardej o całkowitej długości przedsięwzięcia powyżej 1 km, inne niż wymienione w § 2 ust. 1 pkt 31 i 32, oraz obiekty mostowe w ciągu drogi o nawierzchni twardej, z wyłączeniem przebudowy dróg oraz obiektów mostowych, służących do obsługi stacji elektroenergetycznych i zlokalizowanych poza obszarami objętymi formami ochrony przyrody, o których mowa w art. 6 ust. 1 pkt 1-5, 8 i 9 ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody;	Drogi I i II klasy oraz przebudowa lub rozbudowa istniejącej drogi I i II klasy związane ze zmianą kategorii od 5 km do 10 km długości	Nowa budowa, rozbudowa i przeniesienie dróg wszystkich klas i dróg lokalnych I i II klasy (przedsięwzięcia niewymienione w kategorii I odpowiedniej ustawy).	Ruch drogowy i publiczny (jeśli nie jest ujęty w załączniku 1 odpowiedniej ustawy): a) Budowa drogi krajowej (o ile nie jest ujęta w załączniku 1) b) Rozbudowa dróg krajowych o długości 1 km c) Jeżeli nie są wliczone w poprzednich punktach, dotyczą dróg krajowych, lokalnych, komunikacji publicznej, znajdujące się na terenach obszarów chronionych, obszarów Natura 2000, bez limitu wielkości

Tabela 3. Kategorie dróg wynikające z funkcji drogi w sieci drogowej w państwach V4, pogrubioną zaznaczone te, dla których obowiązuje etap screeningu, uproszczone [13, 14, 15]

PL	SVK	CZ
<ul style="list-style-type: none"> <li>- drogi krajowe, w tym i autostrady oraz drogi ekspresowe</li> <li>- drogi wojewódzkie</li> <li>- drogi powiatowe</li> <li>- drogi gminne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- autostrady</li> <li>- drogi I klasy, w tym i drogi ekspresowe</li> <li>- drogi II klasy</li> <li>- drogi III klasy</li> <li>- lokalne drogi</li> <li>- drogi dojazdowe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- autostrady</li> <li>- drogi I klasy, w tym i drogi ekspresowe</li> <li>- drogi II klasy</li> <li>- drogi III klasy</li> <li>- lokalne drogi I, II klasy</li> <li>- lokalne drogi III, IV klasy</li> <li>- drogi dojazdowe</li> </ul>

#### 4. Wyniki badania ankietowego w zakresie transportu

W miesiącach styczeń – luty 2013r. wykonano badanie ankietowe w ramach realizacji projektu międzynarodowego “Assessment of the quality of the environment in the V4 Countries (AQE V4)”, współfinansowanego przez Międzynarodowy Fundusz Wyszehradzki równolegle w państwach V4: Polska, Słowacja, Czechy oraz Węgry. Obiektem badań był proces oceny oddziaływania na środowisko, jako instrument zarządzania środowiskiem w tych państwach. W badaniu brali udział zaproszeni eksperci wykonujący raporty o oddziaływaniu na środowisko (raport) w całkowitej liczbie 200 osób. W niniejszym artykule uwagę skupiono na wynikach badania, które są związane z transportem (więcej informacji na [www.envirom.agh.edu.pl](http://www.envirom.agh.edu.pl)).

Analizą objęto odpowiedzi, które wskazały osoby, deklarujące w ankiecie, że zajmują się dziedziną gospodarki – transport i telekomunikacja. Wzajemne relacje pomiędzy udzielonymi odpowiedziami oceniono na podstawie analizy porównawczej. Celem było uzyskanie odpowiedzi na pytania m. in. jaką te osoby wykorzystują metodykę do ocen oddziaływania i jakich przewodników używają oraz czy mają w tym procesie do dyspozycji wystarczającą ilość danych. Do analiz wykorzystano pakiet statystyczny IBM SPSS Statistics 20.0.



Dziedzina Transport i telekomunikacja znalazła się wśród najczęściej wybieranych przez respondentów dziedzin gospodarki, w których respondenci deklarowali swoje doświadczenie w procesie OOŚ. Na doświadczenia w tym zakresie najczęściej wskazywali ankietrzy z Czech, następnie z Polski i Słowacji. W tych państwach dziedzina Transport i telekomunikacja mieściła się pomiędzy 3 a 5 miejscem pod względem ilości udzielonych odpowiedzi. Natomiast na Węgrzech dziedzina ta na 17 wszystkich pozycji zajęła odległe 14 miejsce (Tabela 4).

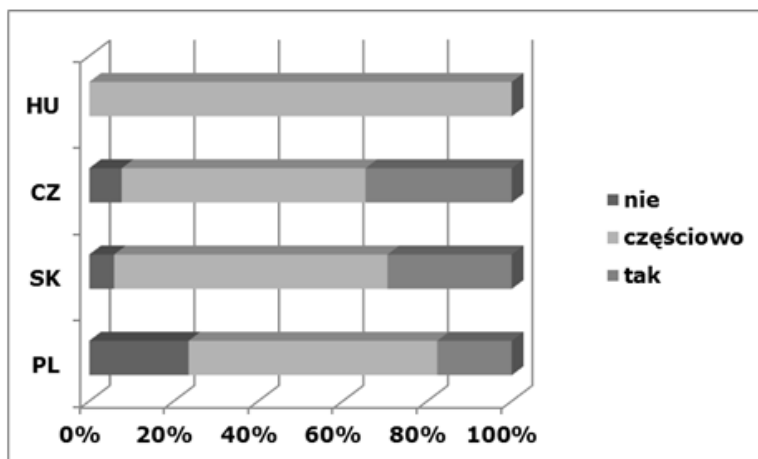
Tabela 4. Odpowiedzi respondentów na pytanie ankietowe: W której dziedzinie gospodarki ma Pani/Pan doświadczenie w przygotowaniu raportu OOŚ?

	PL	SVK	CZ	HU
1.	Przemysł energetyczny	Infrastruktura	Infrastruktura	Produkcja rolna i leśna
2.	Infrastruktura	Przemysł energetyczny	Obiekty dla sportu, rekreacji i turystyki	Gospodarka wodna
3.	Gospodarka wodna	Obiekty dla sportu, rekreacji i turystyki	<b>Transport i telekomunikacja</b>	Infrastruktura
4.	<b>Transport i telekomunikacja</b>	Gospodarka wodna	Górnictwo	Obiekty dla sportu, rekreacji i turystyki
5.	Dokumenty strategiczne	<b>Transport i telekomunikacja</b>	Dokumentacje planistyczne	Górnictwo
6.	Dokumentacje planistyczne	Dokumentacje planistyczne	Mechanika i elektrotechnika	Przemysł materiałów budowlanych
7.	Inne branże przemysłu	Mechanika i elektrotechnika	Inne branże przemysłu	Przemysł energetyczny
8.	Przemysł spożywczy	Produkcja rolna i leśna	Produkcja rolna i leśna	Dokumenty strategiczne
9.	Górnictwo	Przemysł chemiczny, farmaceutyczny i petrochemiczny	Przemysł chemiczny, farmaceutyczny i petrochemiczny	Dokumentacje planistyczne
10.	Przemysł drzewny, papierniczy	Inne branże przemysłu	Przemysł energetyczny	Przemysł chemiczny, farmaceutyczny i petrochemiczny
11.	Przemysł materiałów budowlanych	Górnictwo	Gospodarka wodna	Przemysł drzewny, papierniczy
12.	Przemysł chemiczny, farmaceutyczny i petrochemiczny	Dokumenty strategiczne	Dokumenty strategiczne	Inne branże przemysłu
13.	Produkcja rolna i leśna	Przemysł materiałów budowlanych	Przemysł materiałów budowlanych	Przemysł spożywczy
14.	Przemysł metalurgiczny	Przemysł drzewny, papierniczy	Przemysł spożywczy	<b>Transport i telekomunikacja</b>
15.	Mechanika i elektrotechnika	Przemysł metalurgiczny	Przemysł drzewny, papierniczy	Przemysł metalurgiczny
16.	Obiekty dla sportu, rekreacji i turystyki	Przemysł spożywczy	Przemysł metalurgiczny	Mechanika i elektrotechnika
17.	Budownictwo wojskowe	Budownictwo wojskowe	Budownictwo wojskowe	Budownictwo wojskowe

Relacje pomiędzy wybranymi dziedzinami gospodarki, w których respondenci deklarowali swoje doświadczenie w przygotowaniu Raportów OOŚ a częstotliwością wybieranych przewodników metodologicznych w procesie OOŚ przedstawiono dla analizowanej dziedziny – transport tylko dla Polski. W Polsce ankietowani najczęściej wybierali następujące przewodniki metodologiczne: „Postępowania administracyjne w sprawach określonych ustawą z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko”, „Podręcznik dobrych praktyk wykonywania opracowań środowiskowych dla dróg krajowych, red. J. Bohatkiewicz, GDDKiA/EKKOM Sp. z o.o., Kraków 2007” oraz Instrukcję ITB Nr 338/2003: „Metoda określania emisji i imisji hałasu przemysłowego w środowisku – ITB Warszawa 2003r.

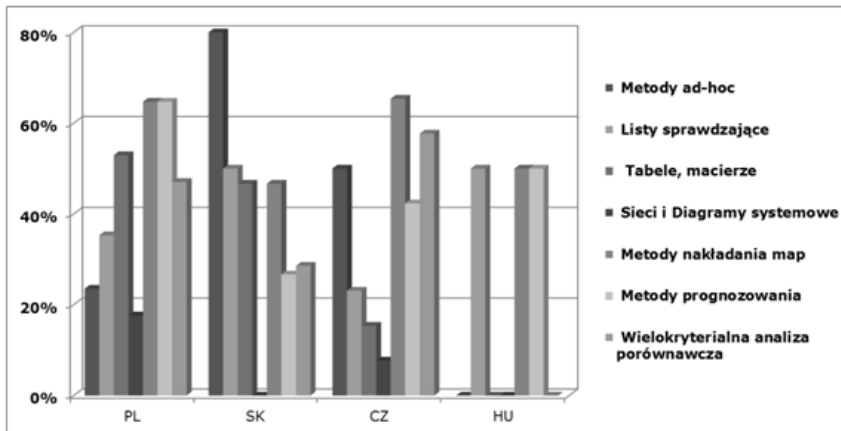
W stosunku do wydanych metodologicznych przewodników dla procesu OOŚ jednak większa część (52,9%) wszystkich badanych z doświadczeniem w dziedzinie Transport i telekomunikacja w Polsce uznała, że są one tylko częściowo wystarczające dla procesu OOŚ a aż 35,3% wskazała, że są niewystarczające.

Odnosnie określenia dyspozycyjności danych (w wymaganej jakości, aktualności) potrzebnych dla sporządzenia dokumentacji OOŚ, respondenci z wyłączeniem Węgrzech, zdecydowanie określili ilość i jakość danych, jako częściowo wystarczającą (Rys.3). Jak ilustruje rysunek pojawiły się odpowiedzi wskazujące i na niewystarczającą ilość danych (7-15%). Na Węgrzech wszyscy respondenci z dziedziny Transport i telekomunikacja ocenili dane za częściowo wystarczające.



Rys. 3. Odpowiedzi respondentów na pytanie: Czy ma Pani/Pan przy sporządzaniu dokumentacji OOŚ do dyspozycji wystarczającą ilość danych (w wymaganej jakości, aktualne, itd.)?

Spośród wykorzystywanych procedur i metod do identyfikacji oraz oceny oddziaływania w Polsce jako najczęściej wybierane zostały metody nakładania map oraz metody prognozowania (Rys.4). Na Słowacji dominującą okazała się metoda ad hoc oraz list kontrolnych. W Czechach respondenci najczęściej wskazali metodę nakładania map oraz wielokryterialną analizę porównawczą a na Węgrzech trzy metody otrzymały tę samą liczbę odpowiedzi: metody nakładania map, metody prognozowania oraz list kontrolnych. Za najrzadziej wykorzystywaną metodę respondenci we wszystkich państwach zgodnie uznali metodę sieciową. We wszystkich państwach oprócz Słowacji wśród najczęściej stosowanych pojawia się metoda nakładania map pomocna zwłaszcza do wyboru lokalizacji i do wizualizacji wyników wykonanych analiz.



Rys. 4. Odpowiedzi respondentów na pytanie: Jakie procedury i metody wykorzystuje Pani/Pan do identyfikacji oraz oceny oddziaływania?

## 5. Wnioski i podsumowanie

Bez wątplenia rozwój sieci drogowej w każdym z państw Grupy Wyszehradzkiej ma znaczenie dla rozwoju tych państw. Działania w obrębie tej grupy zmierzają do wzajemnej współpracy dla rozwoju gospodarczego. Rozwinięta sieć połączeń drogowych pomiędzy państwami V4 powinna być traktowana jako priorytet w tej współpracy. Dobra komunikacja spowoduje zmniejszenie znaczenia odległości, zwłaszcza w odniesieniu do połączenia wszystkich czterech stolic: Warszawy, Pragi, Bratysławy i Budapesztu. Drugim nie mniej ważnym etapem rozwoju będzie włączenie się w sieć drogową pozostałych krajów unijnych. Autostrada A4 będzie pierwszą tego typu drogą łączącą zachodnią i wschodnią Europę. Monitorowanie oddziaływania tej drogi pozwoli prognozować oddziaływanie kolejnych oddawanych dróg a zwłaszcza szlaku północ-południe.

W tym świetle niniejsza publikacja zarysowuje różnice oraz problemy wykonywania ocen oddziaływania dla dróg w w/w zakresie państw V4. Zauważalne różnice występują w stosunku do wyznaczonych limitów dla etapu screeningu procesu OOŚ, dotyczą już określonych wartości długości planowanych przedsięwzięć oraz kategorii dróg. W wyniku analizy odpowiedzi respondentów z doświadczeniem sporządzania raportów w dziedzinie Transport i telekomunikacja, można wskazać na pewne niedoskonałości w dostępnej literaturze metodycznej przedmiotu oraz w wystarczalności jakości i ilości danych. W aspekcie międzynarodowym jest to tym bardziej widoczne. Stosowane metody oceny są za wyjątkiem Słowacji w miarę podobne co umożliwi łatwą korelację analiz wykonywanych dla międzynarodowych połączeń drogowych.

Doświadczenia systemowe procesu OOŚ w poszczególnych krajach, można uznać za dobre praktyki i starać się zaadoptować je w pozostałych państwach, co pozwoli na skuteczniejsze przestrzeganie norm i standardów w ochronie i zarządzaniu środowiskiem [16].

Praca została sfinansowana w ramach badań statutowych AGH nr 11.11.140.175

## Literatura

- [1] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2011/92/UE z dnia 13 grudnia 2011 r. w sprawie oceny skutków wywieranych przez niektóre przedsięwzięcia publiczne i prywatne na środowisko (Dyrektywa OOS)
- [2] Ministerstwo Infrastruktury. Program budowy dróg krajowych na lata 2011-2015. (2011).
- [3] [www.stat.gov.pl](http://www.stat.gov.pl), dostęp 9-10.01.2014
- [4] <http://portal.statistics.sk>, dostęp 9-10.01.2014
- [5] <http://vdb.czso.cz>, dostęp 9-10.01.2014
- [6] [www.ksh.hu/transportt](http://www.ksh.hu/transportt), dostęp 9-10.01.2014
- [7] <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>
- [8] Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko.
- [9] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko.
- [10] Ustawa nr 24/2006 o ocenie wpływu na środowisko z późniejszymi zmianami.
- [11] Ustawa nr 100/2001 o ocenie wpływu na środowisko z późniejszymi zmianami.
- [12] Dekret Rządu nr 314/2005 (XII 25) o ocenie oddziaływania na środowisko i zintegrowanych pozwoleniach z późniejszymi zmianami
- [13] Ustawa z dnia 21 marca 1985 roku o drogach publicznych
- [14] STN 73 6101:2008-07 Projektowanie ciest a diaľnic
- [15] Zákon č. 13/1997 Sb.o pozemních komunikacích
- [16] Gałaś S. (red.), 2014: *Assessment of the quality of the environment in the V4 Countries*, Wydawnictwa AGH, Kraków

## The process of Environmental Impact Assessment in the V4 countries in the field of road construction

Slávka Gałaś, Andrzej Gałaś

*Department of Environmental Analysis, Mapping and Economic Geology, Faculty of Geology, Geophysics and Environmental Protection, AGH University of Science and Technology in Kraków, e-mail: sgalas@geol.agh.edu.pl, pollux@geol.agh.edu.pl*

**Abstract:** The goal of the paper is to discuss the process of the Environmental Impact Assessment (EIA) in the Visegrad Group (V4) member countries in the field of road construction. Development of the road system in V4 countries was analysed in the first part of the paper and then criteria of the screening stage of the EIA resulting from the division of projects due to their environmental impact were estimated. The second part presents results of the survey carried out in V4 countries among people involved in EIA. Responses given by people who declared their activity in the field of transport were used in the paper. Differences in EIA procedures in road investments in particular V4 countries have been pointed out.

**Keywords:** Environmental Impact Assessment, road construction, criteria of the screening, the Visegrad Group.



## **Hałas od ruchu samochodowego w otoczeniu skrzyżowań**

**Marek Motylewicz, Władysław Gardziejczyk**

*Zakład Inżynierii Drogowej, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska,  
Politechnika Białostocka, e-mail: m.motylewicz@pb.edu.pl, w.gardziejczyk@pb.edu.pl*

**Streszczenie:** W ostatnich latach coraz większą uwagę zwraca się na ochronę obszarów zabudowanych przed nadmiernym hałasem komunikacyjnym. Istotnym problemem związanym z kształtowaniem klimatu akustycznego w miastach jest ocena i prognozowanie poziomu hałasu w otoczeniu skrzyżowań. Badania w tym zakresie są prowadzone w wielu krajowych i zagranicznych ośrodkach badawczych. Opracowane modele prognozowania hałasu, w zależności od liczby i rodzaju uwzględnianych czynników, z różną dokładnością opisują jego poziom w otoczeniu skrzyżowań. W artykule przedstawiono wyniki badań równoważnego poziomu dźwięku w otoczeniu różnych typów skrzyżowań. Pokazano wpływ organizacji ruchu, natężenia, struktury kierunkowej i rodzajowej oraz geometrii i odległości od skrzyżowania na poziom hałasu. Stwierdzono, że poza podstawowymi parametrami ruchu drogowego (natężenie i struktura rodzajowa) i charakterystyką wlotów, w sposób bardziej szczegółowy powinna być uwzględniana geometria skrzyżowania, organizacja i sposób sterowania ruchem oraz warunki ruchu występujące na skrzyżowaniu.

**Słowa kluczowe:** równoważny poziom dźwięku, natężenie ruchu, struktura kierunkowa i rodzajowa ruchu, skrzyżowania.

### **1. Wprowadzenie**

Skrzyżowania są istotnym i nieodłącznym elementem sieci drogowo-ulicznej. Szczególnej wagi nabierają w układzie komunikacyjnym miasta, którego sprawne funkcjonowanie w dużej mierze zależy od ich przepustowości oraz warunków ruchu. W ostatnich latach obserwuje się dynamiczny wzrost ruchu samochodowego na drogach w Polsce, który powoduje pogorszenie klimatu akustycznego w ich otoczeniu.

Dotychczasowy stan wiedzy, pozwala na stosunkowo poprawną ocenę i prognozowanie hałasu na drogach zamiejskich oraz na odcinkach przejazdów przez miejscowości gdzie ruch pojazdów odbywa się dość płynnie, bez większych zakłóceń i zmian prędkości. Poziom hałasu w takich przypadkach zależy głównie od natężenia ruchu, prędkości chwilowej pojazdów, udziału w ruchu pojazdów ciężarowych, pochyleń podłużnego drogi oraz charakterystyki nawierzchni drogowej. Problemem jest natomiast prognozowanie hałasu wokół skrzyżowań. Różnorodne rozwiązania geometryczne, wielkości i dysproporcje pomiędzy poszczególnymi relacjami na skrzyżowaniu, udział w ruchu pojazdów ciężarowych, komunikacji zbiorowej



i pieszych, organizacja i sposób sterowania ruchem oraz styl jazdy i ruch o charakterze przerywanym są dodatkowymi czynnikami stwarzającymi problemy przy ocenie i prognozowaniu hałasu w otoczeniu skrzyżowań. Zastosowanie uproszczonych modeli do prognozowania hałasu w sąsiedztwie skrzyżowania może prowadzić do znacznych błędów, głównie niedoszacowania faktycznego poziomu hałasu, co występuje zwłaszcza przy wyższych stopniach obciążenia skrzyżowania. Ma to istotne znaczenie w planowaniu oraz projektowaniu sposobów i środków ochrony przed hałasem.

Celem artykułu jest przedstawienie problemu kształtowania klimatu akustycznego w otoczeniu skrzyżowań w oparciu o wyniki badań własnych równoważnego poziomu dźwięku w punktach położonych w pobliżu przykładowych skrzyżowań.

## 2. Skrzyżowania drogowe – ogólna charakterystyka

Zgodnie z definicją, skrzyżowanie jest przecięciem lub połączeniem dróg na jednym poziomie, zapewniającym pełną lub częściową możliwość wyboru kierunku jazdy. Obszar skrzyżowania, oprócz wspólnych części dróg, obejmuje również odcinki poszerzeń jezdni spowodowane dodatkowymi pasami ruchu i wyspami kanalizującymi. Pod względem rozwiązania geometrii można wyróżnić skrzyżowania zwykłe lub skanalizowane, trzy-, cztero- lub wielowlotowe. Pod względem organizacji ruchu wyróżnia się skrzyżowania bez sygnalizacji świetlnej, w tym skrzyżowania równorzędne, z pierwszeństwem przejazdu dla jednego z kierunków oraz z ruchem okrężnym i podporządkowaniem wlotów, a także skrzyżowania na których sterowanie ruchem odbywa się za pomocą sygnalizacji świetlnej. Z uwagi na geometrię można wyróżnić takie skrzyżowania, jak [1]:

- zwykłe bez poszerzeń i o poszerzonych wlotach;
- skanalizowane z dodatkowymi pasami ruchu na wlotach drogi głównej i/lub drogi podporządkowanej różniące się zakresem skanalizowania;
- skanalizowane o przesuniętych wlotach drogi podporządkowanej;
- mini, małe, średnie i duże ronda;
- ronda turbinowe;
- z wyspą centralną;
- skanalizowane z szerokim pasem dzielącym lub z rozsuniętymi jezdniami;
- typu „cygaro”.

Czynnikiem decydującym o sprawnym funkcjonowaniu skrzyżowania jest jego przepustowość, która dla zachowania sprawności ruchu powinna być większa od miarodajnego natężenia ruchu. W tablicy 1 przedstawiono przykładowe wartości przepustowości wybranych typów skrzyżowań [2].

Tablica 1. Przepustowość wybranych typów skrzyżowań.

Typ skrzyżowania	Przepustowość [P/h]	
	praktyczna	teoretyczna
Rondo jednopasowe	2000	2700
Rondo dwupasowe z jednopasowymi wlotami i wylotami	2200	3600
Rondo dwupasowe z dwupasowymi wlotami i wylotami	3500	4000

Skrzyżowanie z wyspą centralną (rozdzielone 3 pasowe wloty i wyloty)	8500	11000
Skrzyżowanie z pierwszeństwem przejazdu i wydzielonymi pasami do skrętu w lewo na drodze głównej	1500	1800
Skrzyżowanie z sygnalizacją świetlną (2-pasowe wloty i 1-pasowe wyloty)	3500	4000
Skrzyżowanie 4 wlotowe z sygnalizacją świetlną (3-pasowe wloty i wyloty rozdzielone pasem dzielącym)	7500	8000

Niezależnie od zapewnienia wystarczającej przepustowości, wymagane jest również zapewnienie odpowiednich warunków ruchu wynikających ze znaczenia skrzyżowania w układzie drogowym obszaru. Miernikami oceny warunków ruchu na skrzyżowaniach są średnie straty czasu ponoszone przez pojazd przy przejeździe przez skrzyżowanie a także długości kolejek i liczba zatrzymań. Wartości tych miar służą głównie ocenie poprawności przyjętego lub istniejącego rozwiązania geometrii i organizacji ruchu skrzyżowania i powinny być wykorzystywane przy ocenie oddziaływania skrzyżowania na otoczenie. W wielu pracach badawczych wykazano, że na poziom hałasu w otoczeniu skrzyżowań, poza podstawowymi parametrami ruchu drogowego (natężenie ruchu, struktura rodzajowa i kierunkowa, prędkość pojazdów), znaczący wpływ mają warunki ruchu [3, 4, 5, 6, 7]. Złe warunki ruchu (duże straty czasu i długie kolejki pojazdów) powodują pogorszenie odczuć kierowców co często prowadzi do bardziej agresywnego i dynamicznego stylu jazdy. Dobre warunki ruchu, przy których wzrasta płynność ruchu powodują, że ujemne oddziaływanie skrzyżowania na środowisko jest mniejsze.

Oprócz warunków ruchu wynikających z geometrii, organizacji ruchu i przepustowości, każdy typ skrzyżowania charakteryzuje się dodatkowymi czynnikami mogącymi wpływać na klimat akustyczny w ich otoczeniu. W przypadku skrzyżowań skanalizowanych oraz zwykłych o poszerzonych wlotach, zastosowanie dodatkowych pasów ruchu na wlotach powoduje, oprócz poprawy warunków ruchu, rozproszenie źródeł hałasu (przybliżenie lub ich oddalenie względem odbiorcy). Poziom hałas w otoczeniu skrzyżowania skanalizowanego zależy także od udziału w ruchu i przebiegu poszczególnych relacji na wlocie z kilkoma pasami ruchu. Programy sygnalizacji świetlnej mają również wpływ na klimat akustyczny, a wprowadzenie ich koordynacji może przyczynić się do obniżenia poziomu hałasu w otoczeniu skrzyżowań o 2 do 4 dB. Jednak tzw. „zielona fala”, poprawiając płynność ruchu, prowadzi do zwiększenia prędkości pojazdów i podwyższenia poziomu hałasu o 3 dB na odcinkach międzywęzłowych [8, 9, 10, 11]. Na hałas w otoczeniu skrzyżowań skanalizowanych ma wpływ szerokość wyspy i pasa dzielącego, a w przypadku skrzyżowań z wyspą centralną – wymiary wyspy.

W przypadku rond, które przy niższych stopniach obciążenia charakteryzują się płynnym ruchem pojazdów oraz niższymi prędkościami przejazdu, ujemne oddziaływanie hałasu na otoczenie jest zwykle mniejsze. Wpływ na klimat akustyczny w pobliżu ronda ma również wyniesiona ponad jezdnię wyspa środkowa, która poprzez przysłanianie pewnych części jezdni i wlotów pełni rolę pewnego rodzaju „ekranu akustycznego”. Wymienione czynniki powodują, że w otoczeniu rond poziomy hałas są zwykle o 2 do 4 dB niższe niż w otoczeniu skrzyżowań skanalizowanych bez sygnalizacji świetlnej [12].

Wpływ na klimat akustyczny w pobliżu skrzyżowań mogą dodatkowo mieć przejścia dla pieszych, przystanki autobusowe oraz torowiska tramwajowe. Powyższe uwagi pokazują, że poznanie problemu hałasu w otoczeniu skrzyżowań drogowych jest zagadnieniem stosunkowo trudnym i złożonym.

### 3. Hałas w otoczeniu skrzyżowań – program badań

W celu określenia poziomów hałasu w otoczeniu skrzyżowań wykonano pomiary równoważnego poziomu dźwięku  $L_{Aeq}$  oraz parametrów ruchu drogowego na wybranych skrzyżowaniach w Białymstoku, Zambrowie i Augustowie. Pomiary prowadzono w otoczeniu następujących typów skrzyżowań:

skrzyżowania skanalizowane 4-włotowe z sygnalizacją świetlną w Białymstoku:

- SZS-1: położone na przebiegu DK 19 na przecięciu ulic: Piastowska – Mieszka I – Sybiraków o przekrojach 2/2 i 1/2 z 1 lub 2 dodatkowymi pasami ruchu na wlotach;
- SZS-2: położone na przecięciu ulic: Prezydenta R. Kaczorowskiego – J. Waszyngtona – St. Wyszyńskiego o przekrojach 2/2 i 2/3 z 1 lub 2 dodatkowymi pasami ruchu na wlotach; na ulicy 2/3 skrajne pasy ruchu tworzą bus-pasy o obciążeniu 30-40 P/h/pas);
- SZS-3: położone na przecięciu ulic: 1000-lecia P.P. – I Armii Krajowej – Radzywińska o przekrojach 1/2 z 1 dodatkowym pasem ruchu na wlotach; skanalizowane tylko wloty podporządkowane.

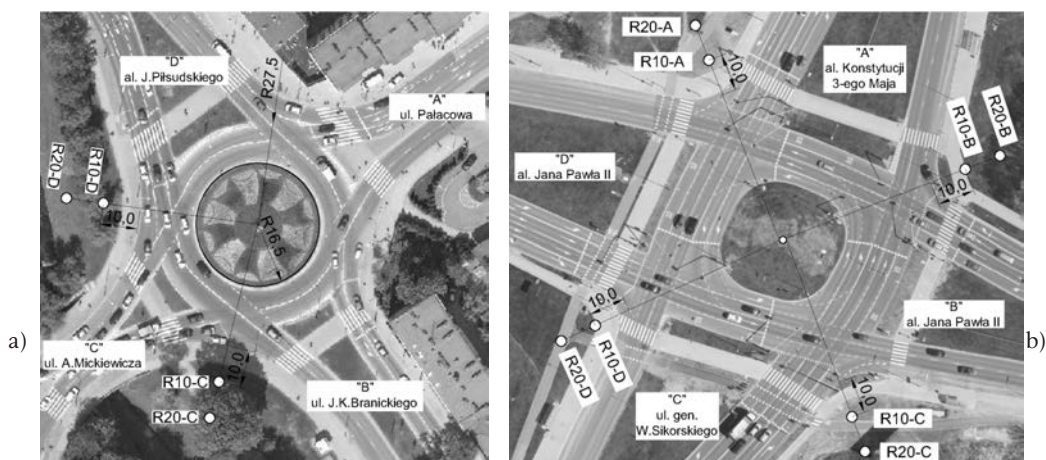
ronda:

- R-1: 3-włotowe, położone w Augustowie na połączeniu DK 8 i 61, Dz = 48,4 m, jednopasowa jezdnia z przejezdnym pierścieniem, wloty i wyloty jednopasowe;
- R-2: 4-włotowe, położone w Zambrowie na przebiegu DK 8 (do 2012r.), Dz = 31,0 m, jednopasowa jezdnia z przejezdnym pierścieniem, wloty i wyloty jednopasowe;
- R-3: 4-włotowe, położone w Białymstoku, Dz = 55,0 m, dwupasowa jezdnia, wloty 2- lub 3-pasowe, wyloty 2-pasowe (geometria wg rys. 1a).

skrzyżowania z wyspą centralną (skanalizowane z sygnalizacją świetlną) w Białymstoku:

- WC-1: położone na przecięciu ulic: Antoniukowska – Wierzbowa – Świętokrzyska o przekrojach 2/2 i 1/2 z 1 dodatkowym pasem ruchu na wlotach; wyloty 2-pasowe; trzy pasy ruchu dookoła wyspy centralnej o średnicy 32,4 m;
- WC-2: położone na przebiegu DK 19 (z załamaniem kierunku ruchu) na przecięciu ulic: J. K. Branickiego – Piastowska – Cz. Miłosza o przekrojach 2/2 z 1 dodatkowym pasem ruchu na wlotach; wyloty 2- lub 3-pasowe; 3 pasy ruchu dookoła wyspy centralnej o średnicy 49,5 m;
- WC-3: położone na przecięciu ulic: Jana Pawła II – gen. W. Sikorskiego – Konstytucji 3-ego Maja o przekrojach 2/2 z 2 lub 3 dodatkowymi pasami ruchu na wlotach; wyloty 2- lub 3-pasowe; 4 bądź 5 pasów ruchu (w tym jeden buspas) dookoła wyspy centralnej o średnicy 31,3 m (geometria wg rys. 1b).

Równoważny poziom dźwięku  $L_{Aeq}$  mierzono za pomocą cyfrowych analizatorów dźwięku DSA-50 kl. 1 na wysokości 1,20 m nad powierzchnią jezdni. Punkty pomiaru hałasu zlokalizowano promieniście do skrzyżowania (pomiędzy wlotem a wylotem) w odległości 10 lub 20 m od krawędzi jezdni. Na rysunku 1 przedstawiono przykładową lokalizację punktów pomiarowych w otoczeniu ronda (rys. 1a) i skrzyżowania z wyspą centralną (rys. 1b). Równoległe z pomiarem hałasu, na każdym wlocie skrzyżowania prowadzono pomiary natężenia, struktury kierunkowej i rodzajowej ruchu.



Rys. 1. Lokalizacja punktów pomiaru równoważnego poziomu dźwięku  $L_{Aeq}$  w otoczeniu skrzyżowań położonych w Białymstoku: a) rondo im. dr A. Lussy; b) skrzyżowanie z wyspą centralną ulic: Jana Pawła II, gen. W. Sikorskiego i Konstytucji 3-ego Maja

Przyjęty program badań  $L_{Aeq}$  miał na celu porównanie poziomów hałasu w otoczeniu różnych skrzyżowań. Zróżnicowanie geometrii skrzyżowań oraz różnorodność zagospodarowania ich otoczenia uniemożliwiły wykonanie pomiarów dokładnie w takich samych odległościach od wlotów/wyłotów skrzyżowania. W dotychczasowych badaniach nie porównywano wyników badań terenowych z wynikami obliczonymi w oparciu o modele propagacji dźwięku przy wykorzystaniu programów komputerowych. Takie analizy wraz ze szczegółowym badaniem wpływu poszczególnych elementów geometrii skrzyżowania oraz warunków ruchu na wlotach skrzyżowania na klimat akustyczny w ich otoczeniu będą przedmiotem dalszych prac. Określenie tego wpływu wraz ze wskazaniem metodyki prowadzenia pomiarów hałasu w otoczeniu skrzyżowań będzie miało istotne znaczenie z punktu widzenia sporządzanych raportów o oddziaływaniu inwestycji na środowisko.

#### 4. Wyniki pomiarów

W tabelicy 2 przedstawiono wyniki pomiarów  $L_{Aeq}$  przeprowadzonych w otoczeniu skrzyżowań skanalizowanych z sygnalizacją świetlną SZS-1, SZS-2 i SZS-3 dla wybranych zakresów godzinowego natężenia ruchu pojazdów ogółem (Q) i tzw. pojazdów hałaśliwych (autobusy, pojazdy ciężarowe bez przyczep i z przyczepami

oraz motocykle ( $Q_{PH}$ ). Dla skrzyżowań SZS-1 i SZS-2, z uwagi na dwujezdniowe przekroje ulic oraz rozsuniecie wlotów i wylotów szerokim pasem dzielącym, podano wartości natężenia ruchu pojazdów ogółem ( $Q_1$ ) i pojazdów hałaśliwych ( $Q_{PH}$ ) na jezdniach najbliższych punktowi pomiaru.

Tabela 2. Wybrane wyniki pomiarów  $L_{Aeq}$  w otoczeniu skrzyżowań z sygnalizacją świetlną.

Skrzyżowanie	Na skrzyżowaniu		Na jezdniach najbliższych danemu punktowi pomiaru		Zakresy $L_{Aeq}$ [dB] w odległości od krawędzi jezdni	
	Q [P/h]	$Q_{PH}$ [P/h]	$Q_1$ [P/h]	$Q_{PH}$ [P/h]	10 m	20 m
SZS-1	A: 3000-3400	160-200	1750-1900	100-150	67,1 – 67,4	63,9 – 64,0
			1400-1800	30-70	66,4 – 66,9	63,1 – 63,3
SZS-2	A: 3000-3400	50-80	1250-1550	20-30	-	64,1 – 64,8
			1900-2400	25-50	-	65,3 – 66,5
			1250-1550	35-40	-	62,0 – 62,4
SZS-3	B: 2000-2100	90-120	-	-	65,1 – 65,9	60,1 – 60,9

W tablicy 3 przedstawiono wyniki pomiarów  $L_{Aeq}$  przeprowadzonych w otoczeniu rond R-1, R-2, R-3 oraz skrzyżowań z wyspą centralną WC-1, WC-2, WC-3 dla wybranych zakresów godzinowego natężenia ruchu pojazdów ogółem (Q) i pojazdów hałaśliwych ( $Q_{PH}$ ).

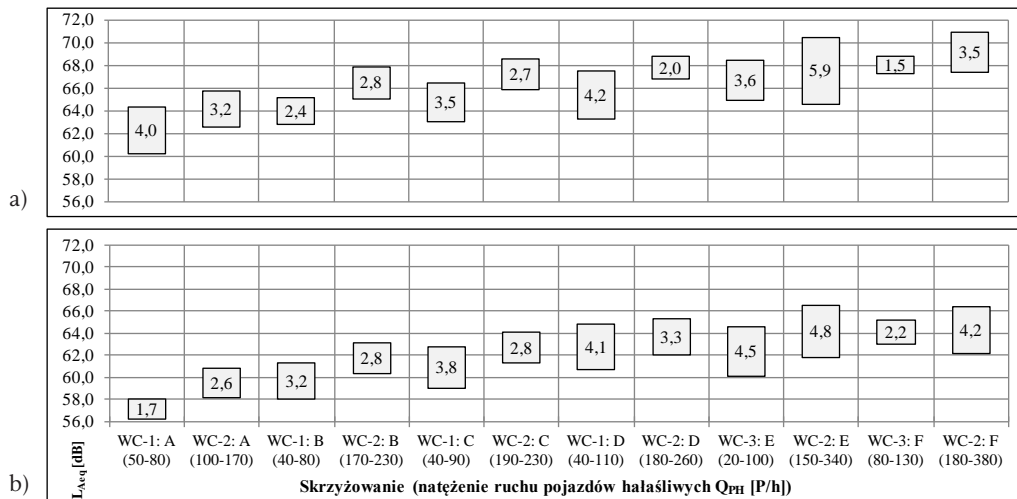
Tabela 3. Wybrane wyniki pomiarów  $L_{Aeq}$  w otoczeniu rond i skrzyżowań z wyspą centralną.

Skrzyżowanie	Q [P/h] na skrzyżowaniu		$Q_{PH}$ [P/h] na skrzyżowaniu	Zakresy $L_{Aeq}$ [dB]	
				10 m	20 m
Ronda					
R-1	A:	500-1000	100-370	61,8 – 67,3	59,3 – 64,7
R-2	A:	500-1000	20-100	59,7 – 65,3	56,9 – 62,2
	B:	1000-1500	160-370	65,3 – 68,6	62,2 – 65,2
R-3	A:	500-1000	40-70	59,4 – 61,2	56,6 – 57,3
	C:	3500-3800	100-160	64,3 – 65,9	60,0 – 62,4
Skrzyżowania z wyspą centralną					
WC-1	A:	500-1000	50-80	60,3 – 64,3	56,3 – 58,0
	B:	1000-1500	40-80	62,8 – 65,2	58,1 – 61,3
	C:	1500-2000	40-90	63,0 – 66,5	59,0 – 62,8
	D:	2000-3000	40-110	63,3 – 67,5	60,7 – 64,8
WC-2	A:	500-1000	100-170	62,6 – 65,8	58,2 – 60,8
	B:	1000-1500	170-230	65,1 – 67,9	60,4 – 63,2
	C:	1500-2000	190-230	65,9 – 68,6	61,3 – 64,1
	D:	2000-3000	180-260	66,8 – 68,8	62,0 – 65,3
	E:	3000-4000	150-340	64,6 – 70,5	61,8 – 66,6
WC-3	F:	4000-5000	180-380	67,4 – 70,9	62,2 – 66,4
	E:	3000-4000	20-100	64,9 – 68,5	60,1 – 64,6
	F:	4000-5000	80-130	67,3 – 68,8	63,0 – 65,2

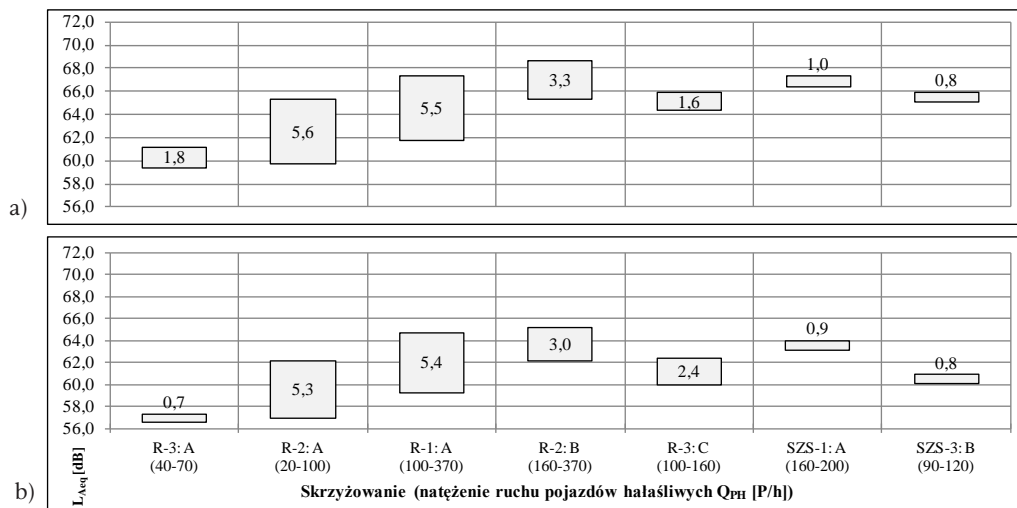
## 5. Analiza wyników pomiarów

Wartości równoważnego poziomu dźwięku w otoczeniu badanych skrzyżowań, podane w tabelach 2 i 3, stanowiły podstawę obliczenia różnic pomiędzy wartościami  $L_{Aeq}$  w zależności od natężenia ruchu i liczby pojazdów hałaśliwych (rys. 2 i rys. 3).

Ustalono, że wartości tych różnic wynoszą od 0,8 do 5,9 dB w odległości 10 m od krawędzi jezdni (rys. 2a i 3a) oraz od 0,7 do 5,4 dB w odległości 20 m (rys. 2b i 3b). Głównymi przyczynami tak dużego zróżnicowania w poziomach hałasu w obrębie pojedynczego skrzyżowania są: ukształtowanie oraz geometria poszczególnych wlotów a także różnice w natężeniach ruchu, strukturze kierunkowej oraz udziale pojazdów hałaśliwych na poszczególnych wlotach.



Rys. 2. Wartości max i min  $L_{Aeq}$  ustalone w otoczeniu skrzyżowań z wyspą centralną przy zbliżonych natężeniu ruchu  $Q$  [P/h] i różnych  $Q_{PH}$  [P/h] w odległości: a) 10 m; b) 20 m od krawędzi jezdni.



Rys. 3. Wartości max i min  $L_{Aeq}$  ustalone w otoczeniu skrzyżowań skanalizowanych i rond przy zbliżonych natężeniu ruchu  $Q$  [P/h] i różnych  $Q_{PH}$  [P/h] w odległości: a) 10 m; b) 20 m od krawędzi jezdni.

Wzrost liczby pojazdów hałaśliwych na skrzyżowaniu wpływa zarówno na zwiększenie hałasu jak i większe zróżnicowania pomiędzy jego poziomami w otoczeniu wlotów. Istotną przyczyną występujących różnic są nierównomierne obciążenia wlotów skrzyżowania. Stwierdzono przy tym, że w otoczeniu skrzyżo-



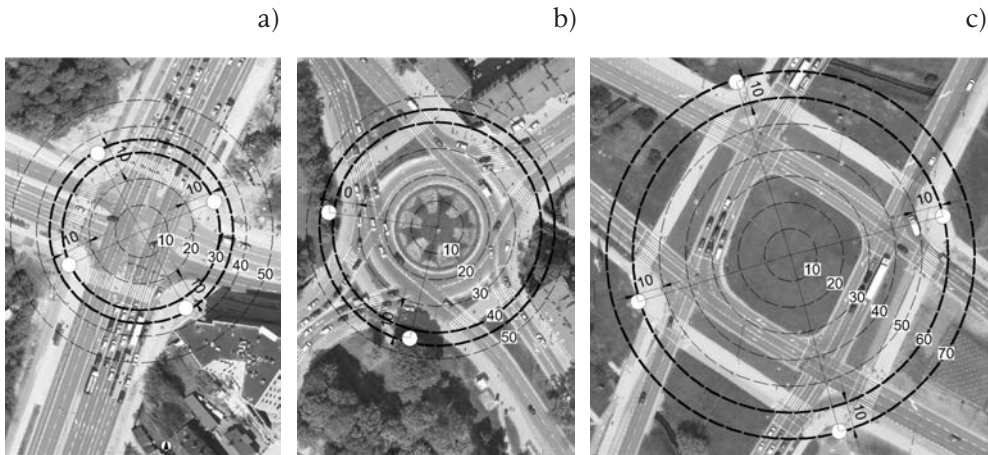
wań obciążonych ruchem zbliżonym do przepustowości, klimat akustyczny w otoczeniu poszczególnych wlotów nie różnił się w znaczący sposób. Niewielkie różnicowania poziomów  $L_{Aeq}$  w otoczeniu wlotów występowały również przy niskich obciążeniach ruchem skrzyżowania.

Badając wpływ odległości od skrzyżowania na poziom hałasu ustalono, że w otoczeniu skrzyżowań z wyspą centralną i skrzyżowań skanalizowanych z sygnalizacją świetlną poziomy hałasu w odległości 10 m były wyższe od 3,0 do 5,0 dB niż w odległości 20 m. W przypadku analizowanych rond różnice były nieco mniejsze i wynosiły od 2,5 do 3,5 dB.

Należy także zauważyć jak istotny wpływ na klimat akustyczny na obszarach zabudowy ma zajętość terenu przez skrzyżowanie. Punkty pomiarowe położone w odległości 10 m od krawędzi jezdni, w zależności od typu skrzyżowania oraz ukształtowania jego geometrii, znajdują się w różnych odległościach od środka skrzyżowania (rys. 4):

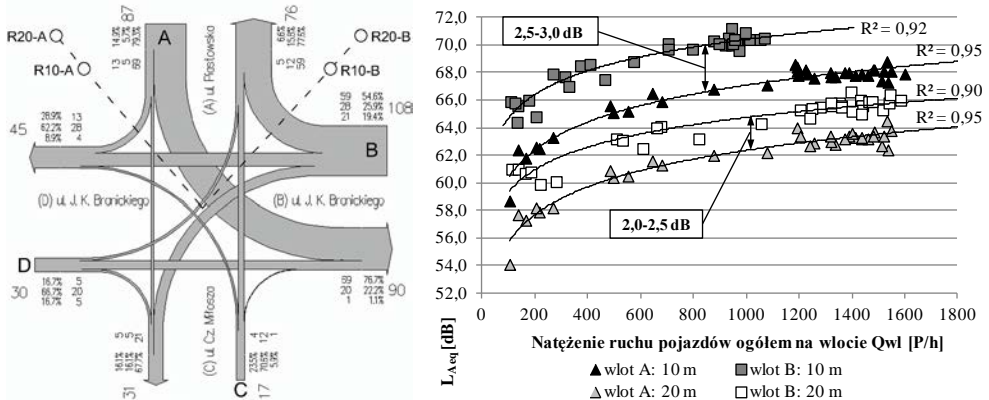
- od 25 do 35 m – dla skrzyżowań skanalizowanych,
- od 25 do 45 m – dla rond,
- od 45 do 70 m – dla skrzyżowań z wyspą centralną.

Ma to duże znaczenie z uwagi na zasięg oddziaływania hałasu od ruchu samochodowego na obszarach zabudowy (przybliżenie lub oddalenie źródeł hałasu od linii zabudowy).



Rys. 4. Położenie punktów pomiarowych (zlokalizowanych 10 m od krawędzi jezdni) względem środka: a) skrzyżowania SZS-2; b) ronda R-3; c) skrzyżowania z wyspą centralną WC-2.

Na przykładzie skrzyżowania z wyspą centralną WC-2 (rys. 5) pokazano wpływ struktury kierunkowej pojazdów hałaśliwych na poziom hałasu w otoczeniu przykładowych wlotów. Różnice w poziomach  $L_{Aeq}$  przy wlotach A i B wynosiły od około 2,5 do 3,0 dB w odległości 10 m od krawędzi jezdni oraz od około 2,0 do 2,5 dB w odległości 20 m.



Rys. 5. Skrzyżowanie z wyspą centralną WC-2: a) różnice pomiędzy poziomami  $L_{Aeq}$  ustalonymi w odległościach 10 m i 20 m od krawędzi jezdni dla wlotów A i B; b) wykres typowego rozkładu natężeń ruchu pojazdów hałaśliwych QPH [P/h] na skrzyżowaniu dla wybranego pomiaru ruchu.

## 6. Podsumowanie

W wytycznych dotyczących prognozowania hałasu drogowego brak jest szczegółowych zapisów na temat kształtowania klimatu akustycznego w otoczeniu skrzyżowań. Uwzględnienie jedynie podstawowych informacji na temat typu skrzyżowania i ruchu samochodowego może prowadzić do dużych błędów. W ramach prowadzonych badań równoważnego poziomu dźwięku w otoczeniu różnych typów skrzyżowań wykazano złożoność tego problemu. Ustalono, że w obrębie tego samego skrzyżowania przy zmiennym obciążeniu wlotów, zróżnicowanej strukturze kierunkowej i zróżnicowanym udziale pojazdów hałaśliwych, różnice w poziomach hałasu przy poszczególnych wlotach mogą osiągać wartość do około 6,0 dB. Stwierdzono przy tym, że w otoczeniu poszczególnych wlotów skrzyżowania klimat akustyczny jest mniej zróżnicowany w przypadku małego obciążenia ruchem oraz przy natężeniu ruchu zbliżonym do przepustowości skrzyżowania. Geometria skrzyżowania, ukształtowanie wlotów i ilość pasów ruchu mogą powodować istotne różnice w poziomach hałasu pomiędzy skrzyżowaniami tego samego typu, wynoszące do 4,0 dB.

Na podstawie wyników badań ustalono, że poziomy hałasu w odległości 10 i 20 m od krawędzi jezdni różniły się pomiędzy sobą od około 3,0 do 5,0 dB dla skrzyżowań skanalizowanych z sygnalizacją świetlną oraz skrzyżowań z wyspą centralną, a w przypadku rond – od około 2,5 do 3,5 dB. Stwierdzono również, że bardzo duży wpływ na zasięg oddziaływania hałasu od ruchu samochodowego ma zajętość terenu przez skrzyżowanie oraz odległość pomiędzy poszczególnymi wlotami. Czynniki te powodują, że zbliżone wartości poziomu hałasu mogą występować w różnych odległościach od środka skrzyżowania (przykładowo w odległości 25 m – w przypadku skrzyżowania skanalizowanego i 70 m – w przypadku skrzyżowania z wyspą centralną). Ma to szczególne znaczenie z punktu widzenia planowania ochrony przeciwhałasowej w obszarze zabudowy mieszkaniowej.

Analiza wyników badań wykazała, że potrzebne są dalsze, bardziej szczegółowe rozważania na temat wpływu geometrii skrzyżowania i geometrii poszczególnych wlotów, wpływu zróżnicowania struktury kierunkowej i rodzajowej oraz warunków ruchu na poziom hałasu w otoczeniu skrzyżowań drogowych. Określenie wpływu tych czynników wraz ze wskazaniem metodyki prowadzenia pomiarów hałasu w otoczeniu skrzyżowań będzie miało istotne znaczenie przy sporządzaniu raportów OOŚ oraz na etapie eksploatacji – przy monitorowaniu wielkości hałasu i podejmowaniu decyzji o ochronie przeciwhałasowej.

## Literatura

- [1] Tracz M., Chodur J., Gaca S. *Wytyczne Projektowania Skrzyżowań Drogowych. Część I i II*. Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych, Warszawa 2001.
- [2] Motylewicz M., Gardziejczyk W. *Badanie i ocena warunków ruchu na skrzyżowaniach z wyspą centralną na przykładzie Białegostoku*. Transport Miejski i Regionalny, 10 (2012) 8-15.
- [3] Bohatkiewicz J. *Badania czynników powodujących zwiększenie poziomu hałasu w otoczeniu skrzyżowań drogowych, w: Ochrona środowiska i estetyka w drogownictwie*. Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP, Lublin 2000, s. 199-210.
- [4] Tracz M. Bohatkiewicz J. *Effects of traffic conditions on traffic noise at signalized intersection. 2nd European Conference on Noise Control – Euro-Noise'95*, Vol. 1. Lyon, 1995.
- [5] Jahandar N., Hosseinpour A., Sahraei M.A. *Traffic noise under stop and go conditions in intersections*. World Academy of Science, Engineering and Technology 62 (2012), 465-468.
- [6] Agarwal S., Swami B.L., Gupta A.B.: *Development of a noise prediction model under interrupted traffic flow conditions – a case study for Jaipur city*. *Noise & Health* 11:45 (2009), 189-193.
- [7] Rajakumara H.N., Mahalinge Gowda R.M. *Road traffic noise prediction model under interrupted traffic flow condition*. *Environmental Modelling & Assessment* 14 (2009), 251-257.
- [8] De Coensel B. et al. *Effects of traffic signal coordination on noise and air pollutant emissions*. *Environmental Modelling & Software* 35 (2012), 74-83.
- [9] Berengier M.C., Picaut J. *Methods for Noise Control by Traffic Management: Impact of speed reducing equipments. Deliverable H.R2. SILENCE Project*. Sixth Framework Programme. European Commission, Bruxelles, 2008.
- [10] Coelho M.C. et al. *Impact of speed control traffic signals on pollutant emissions*. *Transportation Research Part D*, 10 (2005a), 323-340.
- [11] Stoilova K., Stoilov T. *Traffic noise and traffic light control*. *Transportation Research Part D*, Vol. 3, 6 (1998), 399-417.
- [12] Biernacki S. *Badania poziomu hałasu na wybranych rondach w Krakowie i Rybniku*. Praca magisterska. Kraków 2001.

---

## Road traffic noise in areas surrounding intersections

Marek Motylewicz, Władysław Gardziejczyk

*Division of Road Engineering, Faculty of Civil and Environmental Engineering,  
Białystok University of Technology, e-mail: m.motylewicz@pb.edu.pl, w.gardziejczyk@pb.edu.pl*

**Abstract:** Over the period of the last few years special attention has been paid to the issue of protecting built-up areas against excessive traffic noise. Prediction and assessment of the level of noise in areas surrounding intersections was of primary interest to the researchers. Studies in this field have been carried out in numerous research centers in Poland and around the world. Existing noise prediction models describe the noise level in areas close to intersections with different degree of accuracy, depending on the number and type of factors included in the model. The paper presents the results of studies on the equivalent noise level in the surroundings of various types of intersections. It shows the impact of the following factors on traffic noise: geometry, traffic organization, traffic composition and distribution as well as the distance from the intersection. It was stated that apart from the basic traffic parameters (intensity and composition) and the characteristics of entries, some factors, including intersection geometry, organization and management of traffic and the traffic conditions should be analysed in greater detail.

**Keywords:** equivalent noise level, traffic volume, traffic distribution and composition, intersections.



# **Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania przejsć dla zwierząt - dokument ujednoczający problematykę**

**Adam Wysokowski**

*Zakład Dróg i Mostów, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Uniwersytet Zielonogórski  
e-mail: awysokowski@infra-kom.eu*

**Streszczenie:** Przy zrównoważonym rozwoju infrastruktury komunikacyjnej, jak ogólnie wiadomo, nie da się pominąć zagadnień ekologicznych. Dotyczy to zarówno budowy nowych tak potrzebnych dróg kołowych i linii kolejowych, jak też i ich modernizacji. W tym celu nieodzowna staje się budowa przejść dla zwierząt i przepustów o funkcji zespolonej. Autor referatu porusza konieczność opracowania ujednoczonych Zaleceń Projektowania, Budowy i Utrzymania Przejść dla Zwierząt, które w sposób jednoznaczny uporządkowałyby wszystkie kwestie związane z tymi obiektami. Obecnie zalecenia takie są w fazie opracowywania.

**Słowa kluczowe:** przejścia dla zwierząt, konstrukcje inżynierskie, projektowanie, zalecenia.

## **1. Wprowadzenie**

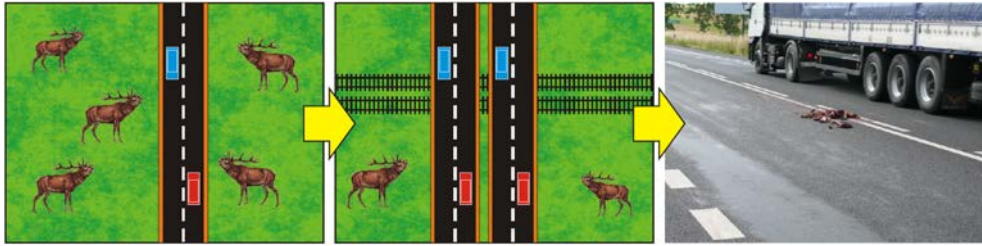
Jak ogólnie wiadomo, budowa szlaków komunikacyjnych stanowi ingerencję w przestrzeń przyrodniczą. Wzrost intensywności ruchu, a także przystosowywanie dróg kołowych i linii kolejowych do osiągania przez pojazdy coraz większych prędkości, wiąże się z koniecznością wydzielania tych linii komunikacyjnych, co ma znaczący wpływ na fragmentację terenu [2], [11]. Szczególnie jest to istotne w przypadku autostrad i dróg szybkiego ruchu, a także kolei szczególnie dużych prędkości, których to odcinków sukcesywnie przybywa, a przejścia dla zwierząt są nieodłącznym ich elementem. Uniemożliwia to faunie prawidłowe funkcjonowanie w obrębie ekosystemu. Udokumentowany w wielu publikacjach efekt barierowy oraz nasiloną śmiertelność zwierząt stanowią ważne problemy, jakie dziś towarzyszą rozwojowi naszej infrastruktury transportowej [10].

Na rysunku 1 przedstawiono schematycznie ogólną charakterystykę efektu barierowego w funkcjonowaniu ekosystemu.

Stosowane obecnie urządzenia ochrony środowiska, w tym budowa ekologicznych przejść dla zwierząt stanowią dużą szansę na minimalizację negatywnych skutków oddziaływania sieci infrastruktury komunikacyjnej na świat dzikich zwierząt.

Jednakże należy zauważyć, że ta istotna i o dużym znaczeniu także ekonomicznym problematyka przejść dla zwierząt w budownictwie komunikacyjnym, jest w dalszym ciągu nie do końca uporządkowana pod względem jednolitych dokumentów dotyczących projektowania, budowy i utrzymania, a także ich ewidencjonowania.





Rys. 1. Schemat efektu barierowego w funkcjonowaniu ekosystemu.

Zarówno dostępne opracowania literaturowe, specjalistyczne poradniki techniczne, a także dokumenty prawne nie zawierają spójnych wytycznych do konstruowania takich obiektów. Brak jednoznaczności dotyczy przede wszystkim głównych parametrów geometrycznych przejść, ich funkcji jak również ich wyposażenia i rozwiązań materiałowych a także technologii ich wykonania.

## 2. Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania przejść dla zwierząt

Zdaniem autora, biorąc pod uwagę istotną lukę w wytycznych dotyczących przedmiotowej problematyki konieczne staje się wydanie i wdrożenie ujednoliconych ZALECEŃ PROJEKTOWANIA, BUDOWY I UTRZYMANIA PRZEJŚĆ DLA ZWIERZĄT, które w sposób jednoznaczny uporządkowałyby całościowo kwestie związane z tymi obiektami uwzględniając ich charakterystykę.

Zalecenia takie opracowywane przez szeroką grupę interdyscyplinarnych specjalistów: konstruktorów, biologów, specjalistów z zakresu ochrony środowiska, jak i inwestorów z pewnością przyczynią się do minimalizacji problemu wypadkowości na szlakach komunikacyjnych wskazując optymalne rozwiązania tego typu konstrukcji z uwzględnieniem właściwych potrzeb ekosystemu. Z punktu widzenia aspektu ekonomicznego realizacji przedsięwzięć komunikacyjnych jest to bardzo istotne.

Zasadniczym celem takiego opracowania było by ujednoczenie kwestii związanych z budową przejść dla zwierząt w zakresie:

- ekologicznym,
- funkcjonalnym,
- konstrukcyjnym,
- ekonomicznym.

Nie bez znaczenia jest również kwestia prawidłowego ewidencjonowania przedmiotowych obiektów, których liczba stale rośnie, zarówno w ciągu dróg kołowych jak i kolejowych. Spójny system ewidencji przejść dla zwierząt, które z oczywistych względów stanowią obiekt inżynierski usytuowany w ciągu linii komunikacyjnej, pozwoliłby na optymalne zarządzanie tymi obiektami. Umożliwi to pełny monitoring ich efektywności tych budowli oraz ich stanu technicznego, tak jak ma to miejsce w przypadku drogowych i kolejowych obiektów mostowych (System Gospodarki Mostowej SGM, SMOK). Konstrukcje przejść dla zwierząt, które są obecnie budowane będą musiały być siłą rzeczy utrzymywane i remontowane i dla efektywności m.in. ekonomicznej tych procesów, konieczne jest sukcesywne gromadzenie odpowiednich danych. Na podstawie zgromadzonych informacji można wyciągać wnioski na temat np. potrzeb ich przebudowy bądź rozbudowy.

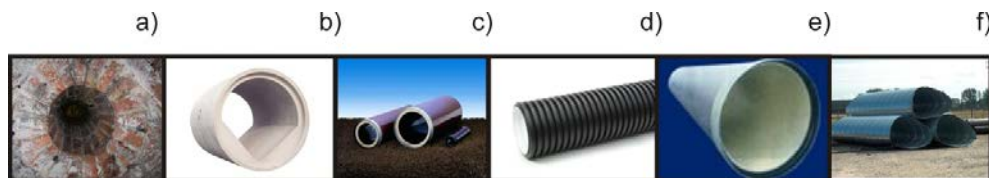
Proponowaną zawartość opracowywanych obecnie pod kierunkiem autora przedmiotowych zaleceń zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zagadnienia zawarte w opracowywanych obecnie zaleceniach.

PROBLEMATYKA ZAWARTA W ZALECENIACH	
1	OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PROBLEMU
2	KLASYFIKACJA PRZEJŚĆ DLA ZWIERZĄT
3	ZBIÓR PODSTAW PRAWNYCH OCHRONY ZWIERZĄT W ZASIĘGU ODDZIAŁYWANIA SZLAKU KOMUNIKACYJNEGO
4	WYBÓR RODZAJU PRZEJŚCIA I ZASADY LOKALIZOWANIA PRZEJŚĆ W TERENIE
5	SKŁAD DOKUMENTACJI PROJEKTOWEJ PRZEJŚĆ DLA ZWIERZĄT
6	WYMIAROWANIE, KONSTRUKCJE PRZEJŚĆ I MATERIAŁY DO BUDOWY
7	UKSZTAŁTOWANIE I WARUNKI FUNKCJONOWANIA PRZEJŚĆ
8	SPOSÓB EWIDENCJONOWANIA PRZEJŚĆ DLA ZWIERZĄT
9	EKSPLOATACJA I UTRZYMANIE PRZEDMIOTOWYCH OBIEKTÓW
10	MONITORING I EFEKTYWNOŚĆ OBIEKTÓW
11	ASPEKTY EKONOMICZNE BUDOWY PRZEJŚĆ DLA ZWIERZĄT
12	PODSTAWOWE BŁĘDY W PROJEKTOWANIU

Ponadto bardzo istotną kwestią jest zagadnienie związane z prawidłową lokalizacją przejść dla zwierząt w ciągu linii komunikacyjnych. Wymaga to interdyscyplinarnych uzgodnień pomiędzy ekologami, inwestorem oraz konstruktorami mających na celu optymalizację przyjętych rozwiązań. Dotyczy to również optymalnych rozwiązań technologiczno-materiałowych wykonania przedmiotowych konstrukcji [1], [4].

Przykładową klasyfikację materiałów stosowanych do budowy konstrukcji dolnych przejść dla zwierząt przedstawiono na rysunku 2 [12].

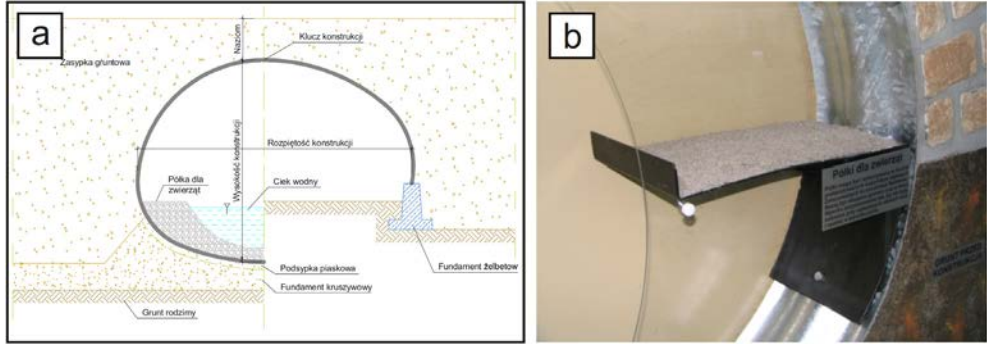


Rys. 2. Przykładowe materiały stosowane do budowy dolnych przejść dla zwierząt w infrastrukturze komunikacyjnej: a) cegła, b) beton i żelbet, c) kamionka, d) tworzywa sztuczne (PE, PEHD), e) materiały kompozytowe (GRP), f) blachy faliste.

W przypadku istniejących konstrukcji przepustów, które wymagają adaptacji (funkcja zespolona) lub przekwalifikowania na przejścia dla zwierząt, istnieje konieczność odpowiedniego dobrania elementów ich wyposażenia [7],[8]. Dotyczy

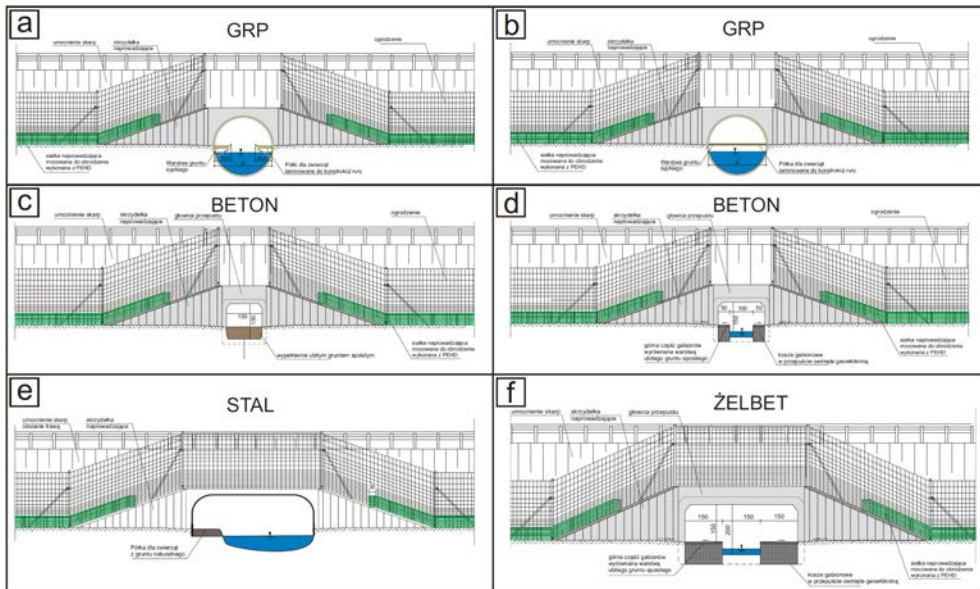
to zarówno elementów ułatwiających migrację fauny – np. półek dla zwierząt, jak również elementów towarzyszących m.in. systemów naprowadzania, odpowiedniego ukształtowania terenu oraz umocnieniu w obrębie najści na przejścia [6].

Przykładowe kształtowanie półek ułatwiających migrację zwierząt w konstrukcjach przejść o funkcji zespolonej przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Przykłady konstrukcyjnego kształtowania półek dla zwierząt w konstrukcjach dolnych przejść o funkcji zespolonej: a) półka ukształtowana w świetle przejścia z odpowiednio uformowanego materiału kruszywowego, b) półka dla zwierząt mocowana za pomocą łączników do konstrukcyjnej rury osłonowej .

Na rysunku 4 przedstawiono przykład autorskiej klasyfikacji rodzajów wspomnianych półek dla herpetofauny i małych ssaków dla różnych rozwiązań materiałowych opracowanej dla potrzeb przedmiotowych „Zaleceń ... Przejść dla Zwierząt”.



Rys. 4. Klasyfikacja rodzajów rozwiązań półek dla zwierząt dla różnych rozwiązań materiałowych w konstrukcjach dolnych przejść dla zwierząt: a), b) dla rur osłonowych z GRP, c), d) dla elementów betonowych, e) dla konstrukcji osłonowych ze stali, f) dla konstrukcji żelbetowych.

Kolejnym ważnym tematem związanym bezpośrednio z wyborem optymalnej technologii wykonania przejścia dla zwierząt są zagadnienia ekonomiczne. Rodzaj wybranej technologii wiąże się bezpośrednio z kosztem wykonania konstrukcji. Dotyczy to głównie konstrukcji dolnych przejść dla zwierząt wykonywanych w nasypie linii komunikacyjnych.

Pomimo, że przy analizie kosztów bezpośrednich budowy przejść dla zwierząt w technologiach tradycyjnych (w wykopie otwartym) są one mniejsze, to przy uwzględnieniu jakości wykonanych, jednorodnych nasypów, braku utrudnień w ciągłości wykonywania robót ziemnych, a także kosztów społecznych przy przebudowie i modernizacji ciągów komunikacyjnych obiekty wykonane w technologii bezwykopowej wypadają korzystniej [5]. Obecnie rozwój technologii bezwykopowych umożliwia nam wykonywanie przejść dla zwierząt przy jednoczesnej minimalizacji kosztów oraz skróceniu czasu inwestycji [3],[9], co również ma wpływ na aspekty ekologiczne (mniejsza ingerencja w teren przewidywanej inwestycji). W chwili obecnej wykonywane są liczne analizy ekonomiczne na ten temat, których wyniki autor planuje wykorzystać przy opracowywaniu przedmiotowych zaleceń.

### 3. Podsumowanie

Obserwując liczne dyskusje pomiędzy ekologami i konstruktorami, autor wyraża przekonanie, że wszelkie nieporozumienia w przedmiotowym zakresie wynikają z braku zrozumienia obu stron. Dlatego też proponowane zalecenia z uwzględnieniem wszystkich potrzeb w formie kompromisu, w dużej mierze uporządkowałyby i rozwiązały ten problem.

Optymistyczny jest fakt, że obserwując stosowanie tego typu konstrukcji w ciągu ostatnich kilkunastu lat, nowe sposoby konstruowania, materiały i technologie przyczyniają się do podniesienia trwałości, funkcjonalności, bezpieczeństwa przejść dla zwierząt w krajowej infrastrukturze komunikacyjnej.

Bardzo istotną rolę w rozwiązywaniu problemów związanych z oddziaływaniem infrastruktury komunikacyjnej na ekosystemy zwierząt odgrywają właściwie działania o charakterze naukowo-technicznym, a także proedukacyjnym wśród studentów i młodej kadry inżynierskiej.

Zdaniem autora właściwe poznanie problemu pozwala na opracowanie optymalnych, zrównoważonych rozwiązań inżynierskich z korzyścią dla środowiska i użytkowników ciągów komunikacyjnych.

Po wykonaniu końcowego projektu przedmiotowych zaleceń, jak uczy doświadczenie autora nie mniej ważną fazą będzie etap ich szerokich konsultacji w różnych środowiskach, a następnie na podstawie zgłoszonych uwag wprowadzenie odpowiednich zmian.

Kolejnym przewidywanym etapem będzie ich wdrożenie tak, aby proponowane zapisy były optymalne i uwzględniały w możliwie największym stopniu potrzeby wszystkich zainteresowanych stron.

### Literatura

- [1] Jasiński W., Łęgosz A., Nowak A., Pryga-Szulc A., Wysokowski A. *Zalecenia projektowe i technologiczne dla podatnych drogowych konstrukcji inżynierskich z tworzyw sztucznych*. GDDKiA-IBDiM Żmigród 2006r.
- [2] Kurek R. T. *Poradnik projektowania przejść dla zwierząt i działań ograniczających śmierć*

- telność fauny przy drogach*. Stowarzyszenie Pracownia na rzecz wszystkich istot. Bystra 2010 r.
- [3] Madryas C, Kolonko A., Szot A., Wysocki L. *Mikrotunelowanie*. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne. Wrocław 2006 r.
- [4] Rowińska W., Wysokowski A., Pryga A. *Zalecenia projektowe i technologiczne dla podatnych konstrukcji inżynierskich z blach falistych*, GDDKiA- IBDiM Żmigród, 2004r.
- [5] Wysokowski A., *Techniczno –ekonomiczna efektywność stosowania technologii bezwykopowych przy budowie dróg i infrastruktury kolejowej*. XI Międzynarodowa Konferencja Naukowo – Techniczna Infrastruktura Podziemna Miast. Instytut Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2011 r.
- [6] Wysokowski A., Howis J. *Przepusty w infrastrukturze komunikacyjnej - cz. I-XV*. Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne 2008 r – 2013 r.
- [7] Wysokowski A., Howis J., *Stosowanie konstrukcji gruntowo-powłokowych jako przejść dla zwierząt w infrastrukturze komunikacyjnej*. Materiały Budowlane 04/2008.
- [8] Wysokowski A., Madryas C., Howis J. *Stosowanie rurowych elementów betonowych jako przejść dla zwierząt w infrastrukturze komunikacyjnej*. Konferencja Dni Betonu 2008. Tradycja i Nowoczesność. Wisła, październik 2008. Polskie Stowarzyszenie Producentów Cementu Kraków 2008 r.
- [9] Wysokowski A., Madryas C., Skomorowski L. *Development of the transport infrastructure in Poland with the application no-dig with CC-GRP materials. International No-Dig 2010 28th International Conference and Exhibition 8-10 November 2010 Singapore*.
- [10] Wysokowski A., Staszczuk A., Bosak W. *Przejścia dla zwierząt w budownictwie komunikacyjnym*. Inżynier Budownictwa 12/2007, s. 72-75
- [11] Materiały konferencyjne XII Świątecznej Drogowo-mostowej Żmigrodzkiej Konferencji Naukowo-Technicznej pt. *Przepusty i przejścia dla zwierząt w infrastrukturze komunikacyjnej*. Żmigród, grudzień 2013 r. Infrastruktura Komunikacyjna Żmigród - Wydawnictwo Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, Kraków 2013 r.
- [12] Materiały informacyjne i katalogi firm produkujących elementy dla potrzeb konstrukcji przejść dla zwierząt.

## **The recommendations for design, construction and maintenance of animals passages - a document unifying problems**

**Adam Wysokowski**

*Department of Road and Bridges, Faculty of Civil and Environmental Engineering,  
University of Zielona Góra, e-mail: awysokowski@infra-kom.eu*

**Abstract:** With the sustainable development of transport infrastructure can not ignore the environmental problems. This applies both to build much-needed new roads and railways, as well, as their modernization. For this purpose, it becomes essential to build passages for animals and culverts of complex function. The author of the paper moves the need for a unified Recommendations of Design, Construction and Maintenance of Animal Passages, which clearly organize all the

issues associated with these objects. Currently such recommendations are being developed under the leadership of the author.

**Keywords:** passages for animals, engineering constructions, design, recommendation.





# **Wiadukt w Calabrii jako przykład innowacyjnych rozwiązań w budownictwie komunikacyjnym**

**Anna Leniak-Tomczyk<sup>1</sup>, Grażyna Łagoda<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*DrogMost Lubelski Sp. z o.o., ul. Wrotkowska 1b, 20-469 Lublin, e-mail: anna.lt@drogmost.pl*

<sup>2</sup>*Instytut Dróg i Mostów, Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Warszawska, e-mail: g.lagoda@il.pw.edu.pl*

**Streszczenie:** Obecne przepisy prawa w Unii Europejskiej i na świecie wymuszają szukanie nowych rozwiązań w projektowaniu i wykonawstwie obiektów budownictwa komunikacyjnego, rozwiązań, które są zgodne z zasadami ochrony środowiska i przyrody, a jednocześnie ekonomicznie uzasadnione. Artykuł zawiera analizę innowacyjnych rozwiązań projektowania i budowy obiektów budownictwa komunikacyjnego na świecie na przykładzie planów przebudowy i modernizacji wiaduktu w ciągu autostrady A3 w Calabrii we Włoszech.

**Słowa kluczowe:** innowacja, budownictwo komunikacyjne, wiadukt, ochrona środowiska, energia odnawialna

## **1. Wprowadzenie**

Rozwiązania budownictwa komunikacyjnego, określane mianem innowacyjnych, to temat interdyscyplinarny i bardzo obszerny. W artykule zostaną omówione tylko te rozwiązania budownictwa komunikacyjnego, które mają związek z szeroko pojętą ochroną środowiska i przyrody, w tym z pozyskiwaniem energii odnawialnej, jednocześnie umożliwiające zwrot kosztów budowy w stosunkowo niedługim czasie.

Do takich rozwiązań zaliczymy m.in.:

- nawierzchnie jezdni z paneli solarnych – tzw. Solar roadways;
- turbiny wiatrowe, montowane na obiektach drogowych;
- wykorzystanie wycofywanych z użytkowania obiektów komunikacyjnych do szeregu innych funkcji przyjaznych naturze i człowiekowi, przy dodatnim szacunku kosztów ekonomicznych i „ludzkich”.

## **2. Problematyka metod pozyskiwania energii słonecznej i wiatrowej w kontekście ochrony środowiska i przyrody**

### **2.1. Pozyskiwanie energii słonecznej a ochrona środowiska**

Wyprodukowanie 1 MW energii z paneli fotowoltaicznych, przy budowie tzw. farm, wymaga zajęcia powierzchni średnio ok. 1-2 ha, w przypadku tradycyjnych technologii stosowanych w Unii Europejskiej, w tym w Polsce [1]. Z reguły pod budowę „farm” solarnych, fotowoltaicznych zajmowane są arealy nieużytków, gruntów użytkowanych rolniczo niższych klas bonitacyjnych, ale także łąki, czy obszary

leśne. Są to tereny biologicznie czynne, nierzadko cenne przyrodniczo, o dużym znaczeniu dla lokalnych biocenoz. Konstrukcje pod panele fotowoltaiczne nie degradują w sposób znaczny terenu, ale przyczyniają się do zmniejszenia bioróżnorodności regionu poprzez ograniczenie dostępu światła słonecznego i konieczność ciągłego wykaszania roślinności (za wyjątkiem rejonów pustynnych czy skalistych gór). W przypadku, jeśli powierzchnia planowanej farmy fotowoltaicznej wynosi nie mniej niż 1,0 ha, przed budową należy wykonać kartę informacyjną środowiska zgodnie z §3 ust. 1 pkt. 52 lit. b rozporządzenia w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko [2]. W tej sprawie dużo zależy od interpretacji urzędników i czasami zdarza się, że farmy powstają bez opracowania środowiskowego. Biorąc pod uwagę powyższe, idea wykorzystania obiektów budownictwa komunikacyjnego jako „nośnika” instalacji do pozyskiwania energii odnawialnej wydaje się rozwiązaniem ze wszech miar słusznym. Nie ma tu znaczenia, czy będą to obiekty istniejące, czy też dopiero budowane – pierwsze już zajęły tereny niegdyś rolnicze, zabudowane, czy też dzięki przyrodzie, drugie i tak te tereny zajmą na potrzeby komunikacji. W Stanach Zjednoczonych Ameryki jest ok. 77 tysięcy kilometrów samych autostrad<sup>1</sup>, tj. szacując średnią szerokość autostrady po trzy pasy w jednym kierunku - na ok. 0,03 km, daje to powierzchnię ok. 2 310 km<sup>2</sup>, tj. 231 tysięcy hektarów, a tym samym 231 GW energii przy założeniu tradycyjnych technologii. W krajach Unii Europejskiej, z wyłączeniem Polski, autostrad jest ok. 64 883 km<sup>2</sup><sup>2</sup>. W Polsce wg stanu na grudzień 2013 mamy 1 517 km autostrad i 1 453 km dróg ekspresowych<sup>3</sup>. Daje to olbrzymie powierzchnie do zajęcia pod pozyskiwanie energii dla krajów Unii Europejskiej szacunkowo ok. 1 328 km<sup>2</sup>, tj. 132,8 tys. ha, biorąc pod uwagę jedynie autostrady, przy założeniu średniej szerokości ok. 20 m. Szacując dalej, daje to ok. 133 GW energii elektrycznej przy założeniu tradycyjnych technologii stosowanych obecnie na farmach fotowoltaicznych. Według serwisu iose.pl (stan na rok 2013) koszt wybudowania farmy fotowoltaicznej o powierzchni ok. 1 ha i mocy ok. 1 MW w Polsce to ok. 20 mln złotych. Taka farma jest w stanie zapewnić energię elektryczną dla ok. 450-500 gospodarstw domowych. Szacuje się, iż w porównaniu do produkcji energii elektrycznej w oparciu o paliwa kopalne, każdy kW instalacji fotowoltaicznej pozwala zaoszczędzić: do 16 kg NO<sub>x</sub>, do 9 kg SO<sub>x</sub> oraz od 600 do 2300 kg CO<sub>2</sub>, w zależności od składu paliwa i natężenia promieniowania słonecznego [3].

## 2.2. Pozyskiwanie energii wiatrowej a ochrona środowiska

Budowy farm wiatrowych na całym świecie wywołują dużo kontrowersji i wątpliwości zarówno wśród środowisk naukowych jak i lokalnych społeczności [4]. Oddziaływanie akustyczne, drgania, zajęcie ogromnych powierzchni terenu oraz przestrzeni powietrznej, duża śmiertelność przedstawicieli ornito i chiropterofauny – to tylko niektóre z wymienianych potencjalnych negatywnych oddziaływań na środowisko i przyrodę [5]. Obiektywna ocena tych zjawisk, generalizując wszystkie farmy wiatrowe, jest niemożliwa do wykonania z uwagi na zbyt dużą ilość zmiennych. Każda farma ze względu na region, w którym powstaje, ukształtowanie terenu, natężenie wiatru, występującą w okolicy zabudowę oraz biocenozy - wymaga indywidualnej oceny środowiskowej [6]. Budowa farmy wiatrowej wymaga przeprowadzenia oceny oddziaływania tej farmy na środowisko zgodnie

<sup>1</sup> źródło: <http://safety.fhwa.dot.gov>; data dostępu: 31.01.2014 r.

<sup>2</sup> dane GUS – stan na koniec 2010 r.

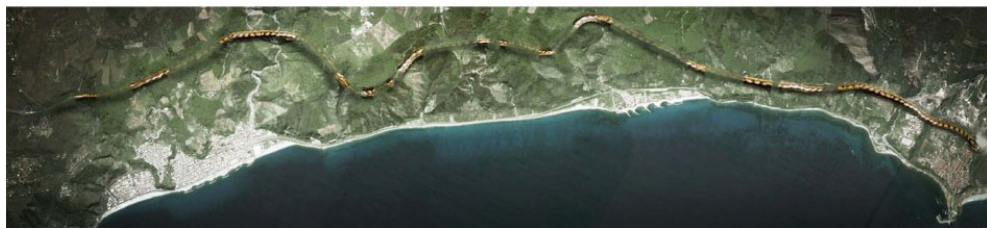
<sup>3</sup> źródło: [euro-dane.com.pl](http://euro-dane.com.pl); data dostępu: 31.01.2014 r.

z rozporządzeniem w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko [2], o ile farma będzie miała moc nie mniejszą niż 100 MW lub w zależności od decyzji organu, jeśli wysokość instalacji jest nie niższa niż 30 m. Taka ocena z reguły musi być poprzedzona minimum rocznym monitoringiem ornitologicznym, a następnie po wybudowaniu, trzyletnim monitoringiem (choć zależy to od interpretacji i decyzji urzędników). Biorąc pod uwagę powyższe, idea wykorzystania obiektów budownictwa komunikacyjnego, w tym mostów, wiaduktów jako „nośnika” instalacji do pozyskiwania energii wiatrowej wydaje się rozwiązaniem wartym analizy. Zdecydowanie ten rodzaj energetyki budzi więcej wątpliwości niż pozyskiwanie energii słonecznej, niemniej wykorzystanie dla instalacji turbin istniejących obiektów inżynierskich, zmniejsza konieczność zajmowania dodatkowych terenów pod farmy wiatrowe. Na świecie wybudowano w ciągu minionych kilkudziesięciu lat ogromną liczbę monumentalnych obiektów inżynierskich (choćby: wiadukt Millau; most Qingdao Haiwan; most Aizhai w Jishou; czy kolejowy wiadukt Landwasser w dolinie Albula). Obiekty te stwarzają duże możliwości dla energetyki wiatrowej, po uprzednim przeprowadzeniu szeregu badań i analiz z dziedziny budownictwa, w tym mechaniki konstrukcji, jak również ochrony środowiska i przyrody.

### 3. Wiadukt w Calabрії jako przykład innowacyjnych rozwiązań budownictwa komunikacyjnego

Jak mawiali starożytni „*Conservatio est Aeterna Creatio*” (utrzymywanie jest wiecznym tworzeniem). W duchu tej sentencji w marcu 2010 roku został ogłoszony przez Wydział Urbanistyki i Zarządzania Terytorialnego Regionu Calabria we Włoszech międzynarodowy konkurs „Solar Park South” na wykorzystanie wycofywanego z użytkowania odcinka Autostrady del Sole (A3 Salerno – Reggio Calabria Highway). Nowy odcinek autostrady A3 w miejsce wycofywanego, składać się będzie głównie z tuneli i ma za zadanie zwiększenie bezpieczeństwa i funkcjonalności tej trasy.

Zamykany odcinek autostrady, biegnący pomiędzy Bagnarą a Scillą, wybudowany był w latach 1960 – 1970, głównie na wiaduktach i w tunelach. Highway del Sole przebiega w rejonie bardzo atrakcyjnym krajobrazowo i turystycznie, jak widać na rys. 1; z jednej strony krajobraz zboczy górskich oraz regionalnych wsi w dolinach, z drugiej strony morze Śródziemne, wybrzeże Calabрії, Cieśnina Messina, Sycylia i Wyspy Liparyjskie.



Rys. 1. Przebieg autostrady A3 del Sole na wybrzeżu Calabрії<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> wizualizacja autorstwa: Francesco Colarossi, Giovanna Saracino, Luisa Saracino – za zgodą mailową Francesco Colarossi

Zgodnie z zasadami konkursu „Solar Park South”, projektanci mieli poświęcić jedną jezdnię autostrady (południe-północ) do stworzenia miejsca dla testowania produkcji energii ze źródeł odnawialnych lub poszukiwania nowych zrównoważonych technologii.

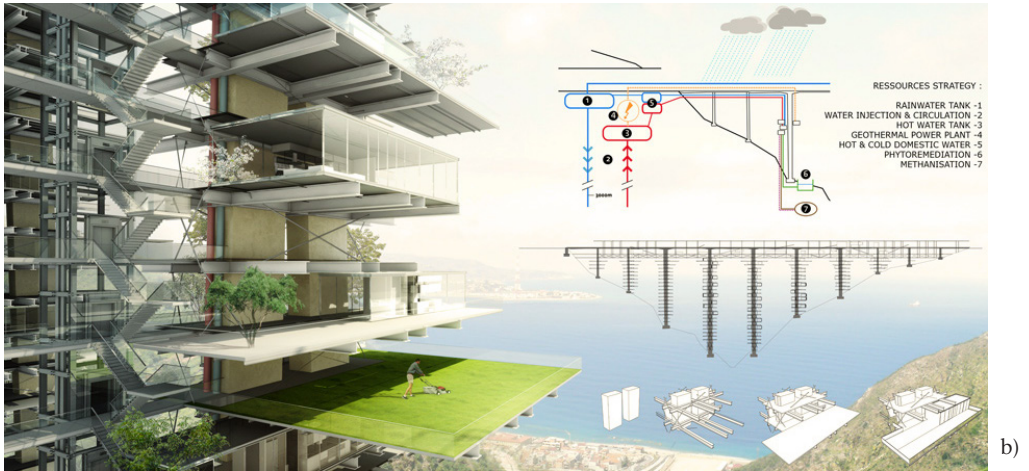
Druga nitka autostrady miałaby stanowić odcinek drogi krajowej nr 18, mający na celu zapewnienie lepszego połączenia gmin Scilla i Bagnara, w tym zintegrowanie w duchu ekorozwoju istniejącej drogi A3 z otaczającym krajobrazem, elementami przyrody i zabudowy, lokalnych społeczności z turystami, otaczającego obszaru górskiego i wiejskiego, z wykorzystaniem dróg serwisowych i elementów technicznych, pozostałych po budowie nowego odcinka Highway del Sole.

Stara trasa autostrady A3 przez wiele lat w pełni zintegrowała się z okolicznym krajobrazem oraz wpisała w zbiorową tożsamość regionu. Włodarze regionu Calabria w miejsce całkowitego wyburzenia starej trasy z jej żelbetowymi wiaduk-tami, postanowili dać szansę naukowcom, architektom i inżynierom z całego świata w rozwijaniu ich kreatywności.

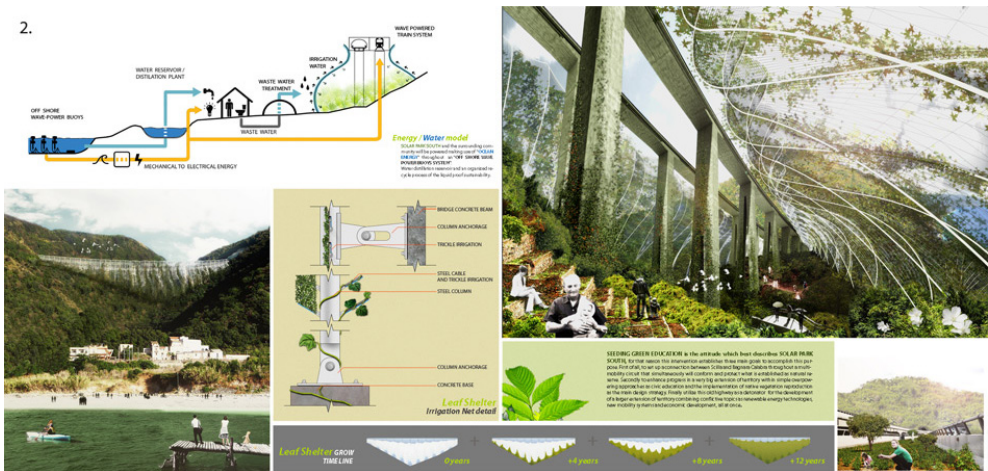
Pierwsze miejsce (rys. 2) zajął projekt Francuzów: Philippe Rizzotti, Vermet Tanguy, Manal Rachdi, Samuel Nageotte. Jest to autonomiczny system, bazujący na zasobach wody deszczowej oraz energii geotermalnej. Zbudowany jest z pionowo usytuowanych mieszkań, a także sklepów, części medycznej, rozrywkowej, w tym umożliwiający wspinaczkę, narciarstwo, i inne sporty, wykorzystując wszystkie aspekty tego regionu. Drugie miejsce zajął projekt Włochów: Francesco Colarossi, Giovanna Saracino, Luisa Saracino, o nazwie Solar Wind Bridge, który przedstawiony został dokładniej poniżej. Trzecie miejsce (rys. 3) zajął projekt Kolumbijczyków: Daniel Azuero, Tomas Jaramillo, Andres Gutierrez, Juan Jaramillo. Ideą jest tu „zielona edukacja”. Projekt poucza, że aktywność obywatelska lokalnych społeczności, stosowanie materiałów i upraw z danego obszaru, jest kluczem do sukcesu. Projekt zachęca okolicznych mieszkańców do uczestnictwa w budowie, tworząc przestrzeń publiczną tzw. *Green Education Research Center* dla wszystkich. Ma to być przykładem dla innych regionów świata, jak wykorzystać w sposób zrównoważony istniejący w danym regionie obiekt, promując go i czerpiąc z tego zyski.







Rys. 2 (a,b). Projekt Francuzów – pierwsze miejsce na konkursie Solar Park South w Calabрії<sup>5</sup>.



Rys. 3. Projekt Kolumbijczyków – trzecie miejsce na konkursie Solar Park South w Calabрії<sup>6</sup>.

### 3.1. Solar Wind Bridge

Projekt Solar Wind Bridge, zaprojektowany przez architektów włoskich: Francesco Colarossi, Giovanna Saracino, Luisa Saracino, zakłada wykorzystanie istniejących wiaduktów w ciągu autostrady A3 w Calabрії dla ciągłej produkcji energii, za pomocą systemu hybrydowego połączenia energii słonecznej i wiatrowej.

<sup>5</sup> źródło: [www.newitalianblood.com/solarparksouth/projects/494-1.html](http://www.newitalianblood.com/solarparksouth/projects/494-1.html); data dostępu: 02.12.2013r.

<sup>6</sup> źródło: [www.newitalianblood.com/solarparksouth/projects/80-1.html](http://www.newitalianblood.com/solarparksouth/projects/80-1.html); data dostępu: 02.12.2013r.

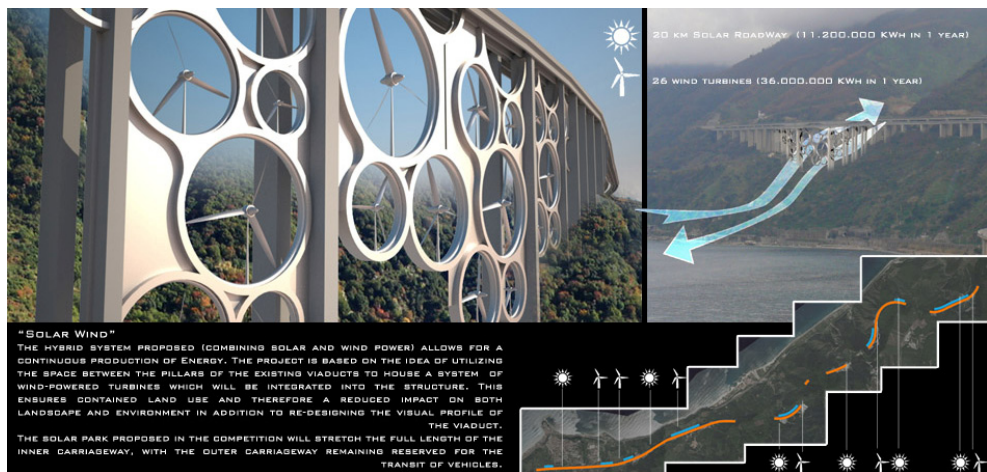




Rys. 4. Panorama z wizualizacją Solar Wind Bridge (drugie miejsce)<sup>7</sup>.

Projekt opiera się na idei wykorzystania przestrzeni pomiędzy filarami istniejących wiaduktów dla zamontowania systemu turbin wiatrowych, które zostaną włączone do całej struktury. Zaplanowano zamontowanie 26 turbin o łącznej mocy 36 mln kWh na rok. Dla porównania w całej Polsce w roku 2013 z energii wiatrowej uzyskaliśmy 5.823 GWh<sup>8</sup>.

Dzięki tej koncepcji zmniejszy się wpływ turbin wiatrowych na krajobraz i środowisko naturalne, ze względu na brak konieczności zajmowania nowych terenów pod farmy wiatrowe. Ponadto zyska wizualnie istniejący wiadukt, co wpłynie na znaczne zwiększenie atrakcyjności turystycznej tego regionu.



Rys. 5. Drugie miejsce na konkursie Solar Park South w Calabrii – widok na turbiny wiatrowe<sup>9</sup>

Drugą ideą projektu Solar Wind Bridge jest tzw. park słoneczny, rozciągający się na długości ok. 20 km na jezdni jednej nitki autostrady.

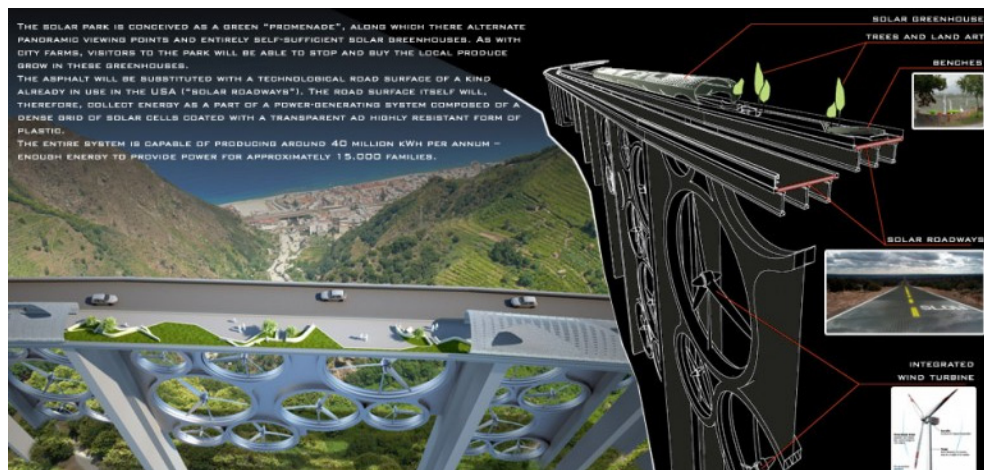
Park słoneczny jest pomyślany jako „zielona” promenada, na kształt panoramicznych szklarni, całkowicie samowystarczalnych energetycznie i ciepłnie. Wzdłuż

<sup>7</sup> wizualizacja autorstwa: Francesco Colarossi, Giovanna Saracino, Luisa Saracino – za zgodą mailową Francesco Colarossi

<sup>8</sup> źródło: reo.pl; data dostępu: 31.01.2014

<sup>9</sup> wizualizacja autorstwa: Francesco Colarossi, Giovanna Saracino, Luisa Saracino – za zgodą mailową Francesco Colarossi

promenady goście parku będą mogli zatrzymać się, pospacerować, obejrzeć wspaniałe widoki na wybrzeże Calabrii, morze, pobliskie wyspy itp., kupić lokalne produkty, hodowane w tych szklarniach: warzywa, owoce, zboża, rośliny ogrodowe i inne. Szklarnie tzw. „green promenade” będą dostępne dla turystów z całego świata przez cały rok, zapewniając o każdej porze roku optymalne warunki dla zwiedzających oraz możliwość zakupu regionalnych produktów.



Rys. 6. Drugie miejsce na konkursie Solar Park South – widok na green promenade i solar road<sup>10</sup>

Trzecią ideą Solar Wind Bridge jest zastąpienie asfaltu drugiej nitki ok. 20 km autostrady przez tzw.: „solar roadways”.

Panele słoneczne, jako nawierzchnia jezdni stosowane są od kilku lat w USA. W 2008 roku Departament Transportu w Oregonie zamontował rząd paneli słonecznych na węźle w pobliżu dwóch międzystanowych autostrad<sup>11</sup>. Naukowcy z Illinois w USA otrzymawszy rządowy grant w wysokości 750 tys. dolarów planują w roku 2014 w Idaho wprowadzić do użytku komercyjnego prototyp technologii paneli solarnych, bazujący na nowej baterii jonowo – litowej. Jest to innowacyjna technologia, wykorzystująca strukturę katody i anody. Stosowane obecnie akumulatory litowo-jonowe mają stałą dwuwymiarową anodę, wykonaną z grafitu i katodę, wykonaną z soli litu. Bateria z Illinois ma oba elementy trójwymiarowe i porowate, co przekłada się na ogromną powierzchnię, na której mogą zachodzić reakcje chemiczne. Po dopracowaniu tej technologii prędkość „ładowania” urządzeń na baterie słoneczne będzie wielokrotnie szybsza niż obecnie dostępna na rynku, np. baterię do smartfona o grubości karty kredytowej będzie się ładować w kilka sekund<sup>12</sup>.

Projekt *solar roadways* zakłada zastąpienie asfaltu na nawierzchni jezdni A3 specjalnie przygotowanymi, odpornymi na obciążenia ogniwami słonecznymi o wysokiej odporności. Struktura paneli solarnych, składa się z trzech części: półprzezroczystej warstwy złożonej z ogniw słonecznych, lamp LED-owych oraz elementów grzejnych, warstwy elektroniki do sterowania oświetleniem i komunikacją oraz warstwy podstawowej, oddzielającej drogą instalację elektryczną od sieci

<sup>10</sup> wizualizacja autorstwa: Francesco Colarossi, Giovanna Saracino, Luisa Saracino – za zgodą mailową Francesco Colarossi  
<sup>11</sup> źródło: <http://science.howstuffworks.com/environmental/energy/solar-panel-highway1.htm>; data dostępu: 02.12.2013r.  
<sup>12</sup> źródło: [www.ecogeek.org/solar-power/3580-solar-roadways-set-to-build-first-solar-parking-lot](http://www.ecogeek.org/solar-power/3580-solar-roadways-set-to-build-first-solar-parking-lot); data dostępu: 02.12.2013r.

lokalnych. Panele słoneczne na powierzchni jezdni generują mniej energii niż te na dachach, gdyż nie mogą być skierowane pod optymalnym kątem do Słońca. Niemniej zasada *solar roadways* zakłada, że panele będą stanowić odrębne autonomiczne części z możliwością magazynowania energii i w razie zacinienia jakiegoś obszaru – z możliwością przesyłania energii między sobą<sup>13</sup>. Te ilości energii, które uda się zgromadzić będzie można wykorzystać np. do indukcyjnego ładowania akumulatorów samochodów elektrycznych. Ponadto dzięki autonomii każdego panelu „solarnej drogi” w razie wypadku drogowego nie ma ryzyka sparaliżowania całego ruchu drogowego. Projektanci *solar roadways*<sup>14</sup> chcą, by na jezdni były wyświetlane znaki oraz komunikaty drogowe. Sygnały pokroju „zwolnij” lub „uwaga piesi” byłyby na bieżąco generowane i wyświetlane przez układ LED-owych diod, reagujących na komendę z centrali.

Z informacji uzyskanych od Pana Francesco Colarossi cały system *solar roadways* na wiadukcie w Calabрії jest w stanie wyprodukować około 11,2 mln kWh rocznie. Łącznie cały system hybrydowy Solar Wind Bridge jest w stanie, po uwzględnieniu strat, wyprodukować ok. 40 milionów kWh rocznie - tyle energii, aby zapewnić zasilanie dla około 15.000 rodzin. Zgodnie z danymi od Francesco Colarossi: koszt budowy całej instalacji hybrydowej łączącej energię słoneczną i wiatrową, to 40.000.000,00 EUR; spodziewany zysk z energii odnawialnej, obliczony, przy założeniu dzisiejszych cen energii oraz zakładanych technologii - na ok. 20 lat to 120.000.000,00 EUR. Według informacji organizatorów konkursu Solar Park South rozbiórka wycofywanego z użytkowania odcinka autostrady A3 wyniosłaby ok. 55.000.000 dolarów.

#### 4. Podsumowanie i wnioski

Budownictwo komunikacyjne XXI wieku, w tym budownictwo obiektów inżynierskich i jednoczesne badania nad pozyskiwaniem energii z alternatywnych źródeł – postawiły przed architektami i inżynierami na całym świecie nowe wyzwania. Projektując drogę, czy obiekt inżynierski nie wystarczy zadbać o kwestie techniczne, należy także rozwiązać konflikty na płaszczyźnie droga – przyroda [7, 8, 9, 10, 11], jednocześnie dbając o efektywność ekonomiczną. Takie rozwiązania gwarantują innowacyjne techniki i technologie uwzględniające powiązanie budownictwa komunikacyjnego i instalacji do pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych. Energia ta służyłaby nie tylko do obsługi urządzeń drogowych i około drogowych (m.in. zasilanie oznakowania, informacji drogowych, miejsc obsługi podróżnych), ale w miarę nowych odkryć i ulepszania technologii mogłaby posłużyć do wspierania energetycznie regionów, przez które przebiega ciąg komunikacyjny. Sieć dróg już istniejących, w tym głównie autostrad i dróg ekspresowych to ogromne powierzchnie i przestrzenie stanowiące potencjalne miejsca do wykorzystania dla alternatywnych źródeł pozyskiwania energii – bez konieczności zajmowania dodatkowych arealów dzikiej przyrody.

Oceniając ideę wykorzystania obiektów budownictwa komunikacyjnego na cele pozyskiwania energii odnawialnej - zawsze należy pamiętać o tym, że każda działalność człowieka wpływa na otaczającą nas przyrodę. Wydobywanie surowców kopalnych, emisja zanieczyszczeń do atmosfery, zanieczyszczenie wody, skła-

<sup>13</sup> źródło: [www.solarroadways.com/intro.shtml](http://www.solarroadways.com/intro.shtml); data dostępu: 02.12.2013r.

<sup>14</sup> j.w.

dowanie odpadów – to zaledwie kilka przykładów działalności, których negatywny wpływ na środowisko naturalne jest w zasadzie bezsporny. Dotychczasowe analizy dotyczące energetyki wiatrowej, czy też pozyskiwania energii słonecznej nie pozwalają na wydanie tak jednoznacznego sądu w tym zakresie. Biorąc pod uwagę zapowiedzi na przyszłość [11, 12], to przy założeniu, że nawierzchnie dróg pokryte panelami solarnymi będą produkować energię i ciepło, silniki samochodów będą ładowane energią pozyskaną z nawierzchni drogi oraz dzięki wykorzystaniu obiektów budownictwa komunikacyjnego do pozyskania energii odnawialnej - nie będzie konieczności zajmowania nowych terenów biologicznie czynnych na potrzeby pozyskiwania energii – okazuje się, że budownictwo komunikacyjne może stać się jednym z bardziej ekologicznych gałęzi gospodarki.

## Literatura

- [1] Klugmann – Radziemska E. *Rozwój technologii fotowoltaicznych na świecie w dobie ogólnoświatowego kryzysu*. Warszawa, 2010.
- [2] Rozporządzenie z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz.U. Nr 213 poz. 1397 z późniejszymi zmianami).
- [3] GLOBEnergia, 2012. *Energia słoneczna – czysta forma produkcji energii*.
- [4] Band W., Madders M., Whitfield D.P. 2007. *Developing field and analytical methods to assess avian collision risk at wind farms*. [W:] De Lucas M, Janss G.F.E. & Ferrer M. (eds). *Birds and Windfarms: Risk Assessment and Mitigation*. Quercus, Madrid. s. 259-275.
- [5] Muneer T., Asif M., Munawwar S. *Sustainable production of solar electricity with particular reference to the Indian economy*. *Renewable Sustainable Energy Review*, 2005, vol. 9, s. 443-473.
- [6] PSEW (2008). *Wytyczne w zakresie oceny oddziaływania elektrowni wiatrowych na ptaki*, Szczecin.
- [7] Leniak-Tomczyk A., Łagoda G. *Ekologiczne uwarunkowania budowy mostów*. VI Krajowa Konf. Estetyka Mostów. Warszawa – Jachranka, IDiM Politechniki Warszawskiej, ZMRP O/Warszawa, 2008, s. 111-118.
- [8] Leniak-Tomczyk A., Łagoda G. *Obiekt mostowy jako nieinwazyjna ingerencja inżynierska w środowisko naturalne*. Międzynarodowa Konf. Nauk.-Techn. Ochrona Środowiska i Estetyka a Rozwój Infrastruktury Drogowej. Kazimierz Dolny, 2009. SiTK, Lublin, 2009, s. 191-201.
- [9] Leniak-Tomczyk A., Łagoda G. *Obiekt mostowy w układach komunikacyjnych – bariera ekologiczna czy narzędzie ochrony środowiska?* 53 Konf. Naukowa KILiW PAN i KN PZITB, Białystok – Krynica, 2007 r., s. 115-122.
- [10] Leniak-Tomczyk A., Łagoda G. *Proekologiczne rozwiązania obiektów mostowych*. V Ogólnopolska Konf. Mostowców „Konstrukcja i Wyposażenie Mostów”, Wiśła 2008.
- [11] Leniak-Tomczyk A., Łagoda G. *Środowiskowe uwarunkowania realizacji inwestycji drogowych w Polsce*. Drogi i Mosty Nr 2/2010, IBDiM, Warszawa 2010.
- [12] Dyrektywa 2009/28/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych.
- [13] Dyrektywa 2012/27/UW Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej.

## **The viaduct In Calabria as an example of innovative solutions in construction of transport infrastructure**

**Anna Leniak-Tomczyk<sup>1</sup>, Grażyna Łagoda<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*DrogMost Lubelski Sp. z o.o. [Ltd.], ul. Wrotkowska 1b, 20-469 Lublin,  
e-mail: anna.lt@drogmost.pl*

<sup>2</sup>*Institute of Roads and Bridges, Faculty of Civil Engineering, Warsaw University of Technology,  
e-mail: g.lagoda@il.pw.edu.pl*

**Abstract:** The current legal regulations in the EU and in the world force us to seek new solutions in design and construction of transport infrastructure structure-solutions which comply with the environmental protection rules while being economically justified. The article includes an analysis of innovative solutions in design and construction of transport infrastructure structures in the world using as an example the plans of reconstruction and modernization of a viaduct along A3 highway in Calabria(Italy).

**Keywords:** innovation, transport infrastructure, viaduct, environmental, renewable energy.



## **Górne przejścia dla zwierząt w Polsce – wspólny sukces drogowców i przyrodników**

**Rafał T. Kurek, Radosław Ślusarczyk**

*Stowarzyszenie Pracownia na rzecz Wszystkich Istot, rafal@pracownia.org.pl*

**Streszczenie:** Górne przejścia dla zwierząt w postaci wiaduktów nad drogami to jedno z najciekawszych obiektów inżynierskich. Pomimo, iż historia budowy górnych przejść w Polsce jest stosunkowo krótka, a jej początki nie należą do najbardziej udanych, obecnie jesteśmy europejskim liderem w budowie tego typu obiektów. Pierwsze przejścia wybudowane w Polsce w 2001 r. były tak wąskie i ubogo zagospodarowane, że bardziej kojarzyły się z miejskimi budowlami dla pieszych niż docelową funkcją ekologiczną. Krytyka przyrodników i rozpoczęte wówczas międzybranżowe dyskusje merytoryczne spowodowały, że w ciągu zaledwie kilku lat udało się wdrożyć skuteczne rozwiązania i projektowane obecnie obiekty nie ustępują w wielu względach najlepszym przejściom z Europy Zachodniej. Warto zwrócić uwagę, jak ważna w przypadku projektowania i budowy przejść okazała się w ostatnich latach międzysektorowa współpraca pomiędzy branżą drogową i przyrodnikami - propagowanie optymalnych rozwiązań, wymiana doświadczeń i wzajemne wspieranie merytoryczne.

W referacie omówiona zostanie ewolucja, jaka dokonała się w Polsce w zakresie projektowania i budowy górnych przejść dla zwierząt w latach 2001-2013. Przedstawione zostaną także najlepsze odcinki dróg oraz wzorcowe przejścia, które powinny stanowić inspirację przy projektowaniu nowych inwestycji. Autorzy przeprowadzą dodatkowo analizę problemów, z którymi będą musieli zmierzyć się projektanci przejść w najbliższych latach.

**Słowa kluczowe:** przejścia dla zwierząt, mosty ekologiczne, mosty krajobrazowe, ekodukty

### **1. Ewolucja w projektowaniu przejść górnych w Europie**

Budowane obecnie przejścia projektowane są w oparciu o wiedzę zdobytą na bazie wieloletnich doświadczeń z kilku krajów oraz wyników obserwacji i projektów badawczych prowadzonych w ramach oceny efektywności ekologicznej istniejących budowli [4, 11]. W historii budowy przejść górnych wyróżnić można 3 generacje obiektów, które ewoluowały w miarę rozwoju wiedzy przyrodniczej w zakresie ich funkcjonowania i skuteczności:

1. przejścia I generacji – miały postać stosunkowo wąskich (max 15 m szerokości) wiaduktów o konstrukcji betonowej i geometrii nie różniącej się często od klasycznych obiektów drogowych; powierzchnia przejść pokryta była zwykle gruntem zapewniającym ograniczony rozwój roślinności, jednak zagospodarowa-



nie pozostawało skrajnie ubogie i nieprzyjazne dla wielu grup zwierząt, co łącznie z małą szerokością powodowało ograniczone wykorzystanie przejść przez zwierzęta (zwłaszcza duże ssaki) i tym samym ich niską skuteczność ekologiczną; obiekty budowane do 1990 r stanowią dziś generalnie negatywny wzorzec, wyjątkiem na skalę europejską są przejścia nad autostradą A36 we Francji, które pomimo zbyt małych wymiarów posiadają wiele korzystnych rozwiązań – m.in. po raz pierwszy zastosowano geometrię o parabolicznych krawędziach (Fot. 1)



Fot. 1. Przejście górne wybudowane ok. 30 lat temu we Francji (autostrada A36) – pomimo małej szerokości (15 m), zwraca uwagę optymalne wkomponowanie w otoczenie i zabudowa biologiczna (Fot. R. Kurek).

2. przejścia II generacji – budowane od początku lat 90-tych ubiegłego wieku były już zazwyczaj szerokie (zwykle w granicach 30–50 m) (Fot. 2), pojawiły się również pierwsze konstrukcje o charakterze mostów krajobrazowych o szerokości 80-200 m (Fot. 3); ze względu na brak pełnej wiedzy w zakresie funkcjonowania przejść, obiekty znacząco różniły się w poszczególnych krajach, szczególnie „eksperymentowano” w zakresie wymiarów (zwłaszcza szerokości obiektów) oraz kształtowania powierzchni i otoczenia przejść [2, 5, 12]; w latach 1992-94 w Niemczech powstały wzorcowo zaprojektowane przejścia, na których prowadzono wieloletnie obserwacje i projekty badawcze uzyskując merytoryczne podwaliny współczesnych standardów projektowania mostów ekologicznych [11];



Fot. 2. Przejścia nad drogą B31neu w Niemczech wybudowane latach 1992-93 (łącznie 5 obiektów) określiły europejskie standardy projektowania przejść (Fot. R. Kurek).

3. przejścia III generacji – obiekty powstające po 1997 r., projektowane w oparciu o dostępną wiedzę w zakresie doboru optymalnych parametrów oraz kształtowania powierzchni i otoczenia przejść - w zależności od spełnianych funkcji ekologicznych; zaznaczył się wyraźny podział na przejścia dla dużych i średnich zwierząt oraz mosty krajobrazowe przeznaczone do zachowania ciągłości struktury przecinanych przez drogi siedlisk; szczególna uwaga poświęcona była nie tylko podstawowym wymiarom obiektów, ale także doborze optymalnej geometrii i dopasowaniu do naturalnego otoczenia, ekranowaniu emisji drogowych, kształtowaniu warunków glebowych i pokrywy roślinnej odpowiednich dla możliwie wielu gatunków zwierząt [2, 3, 5].



Fot. 3. Most krajobrazowy Hirschweg (droga B31n, Niemcy) – wybudowany w 1992 r., do dziś stanowi wzorcowe rozwiązanie w zakresie wkomponowania w otaczający krajobraz i siedliska przyrodnicze (Fot. R. Kurek).

## 2. Doświadczenia w projektowaniu i budowie przejść górnych w Polsce

Obecnie w Polsce powstają jedne z najlepszych przejść górnych w Europie jednak osiągnięcie tego poziomu nie było łatwe - pomimo dostępnej już wiedzy i wielu lat doświadczeń zachodnich sąsiadów [10]. Historia rozpoczyna się wraz z budową opolskiego i śląskiego odcinka autostrady A4 (odcinek: Nogowczyce-Kleszczów), gdzie w 2001 r. oddano do eksploatacji łącznie osiem przejść nad autostradą. W tamtym okresie w środowiskach branżowych zwykło się mówić o „kładkach dla zwierząt” – nie bez powodu, gdyż powstałe wówczas obiekty były tak wąskie i ubogo zagospodarowane, że bardziej kojarzyły się z miejskimi budowlami dla pieszych niż docelową funkcją ekologiczną. Nie trudno się domyślić, w świetle dzisiejszej wiedzy, że przejścia o szerokości 8-12 m (przypominające konstrukcje europejskie sprzed 30 lat) nie będą wykorzystywane przez większość gatunków i spotkają się z krytyką przyrodników [1]. Rozpoczęte wówczas dyskusje merytoryczne okazały się na tyle skuteczne i owocne, że zaledwie dwa lata później, przejścia górne wybudowane przy autostradzie A2 (odcinek Konin-Września) mają już zdecydowanie większą szerokość (w przedziale 25-40 m) i przy dobrze wybranej lokalizacji zapewniają dziś skutecznie zachowanie lokalnych korytarzy ekologicznych – pomimo obecności sporej liczby niedociągnięć w zakresie projektowania.



Fot. 4. Przykład wąskiego przejścia górnego (ok. 15 m szerokości) nad drogą S-5 k. Bydgoszczy, które zamyka epokę budowy tego typu obiektów w Polsce (Fot. R. Kurek).



Fot. 5. Początki budowy przejść górnych przy autostradzie A2 nie były zbyt udane m.in. przez brak ich właściwego wkomponowania w otoczenie – betonowy obiekt na odcinku: Września-Konin (Fot. R. Kurek).





Fot. 6. Pierwsze w pełni funkcjonalne przejście górne przy drodze zarządzanej przez GDDKiA – autostrada A4, odcinek: Kleszczów-Sośnica (Fot. R. Kurek).

W przypadku odcinków dróg realizowanych przez GDDKiA przełomowy dla budowy przejść górnych był 2005 rok, kiedy to na kolejnym śląskim odcinku autostrady A4 (odcinek: Kleszczów-Sośnica) powstają 2 bliźniacze obiekty betonowe o szerokości efektywnej ok. 32 m. Prowadzone tam obserwacje przyrodnicze wykazały, że 2 lata po budowie korzystały z tych przejść wszystkie docelowe gatunki zwierząt [9]. W 2005 r. powstało także pierwsze w Polsce przejście górne wybudowane przy istniejącej drodze 1-jezdniowej – obiekt nad drogą DK5 (przy miejscowości Dębienko), o szerokości 30 m, wykonany z blachy falistej (pierwsze w Europie przejście o takiej konstrukcji). Od tego momentu rozpoczyna się spektakularny sukces i wykorzystanie zalet tego typu konstrukcji – obecnie największe i najciekawsze przejścia powstają w tej technologii. Można przyjąć, że do 2006 r. udało się w Polsce wdrożyć skuteczne rozwiązania zapewniające minimalizację oddziaływania dróg na faunę (w tym duże i średnie ssaki kopytne) na poziomie lokalnym. Nadal pozostał do rozwiązania zdecydowanie trudniejszy problem polegający na budowie przejść służących zachowaniu ciągłości korytarzy ekologicznych o znaczeniu kontynentalnym lub krajowym [6, 7, 10]. Obiekty takie powinny być na tyle szerokie, aby umożliwiać kształtowanie na powierzchni odpowiednich warunków osłonowych i zespołu zróżnicowanych mikrosiedlisk, co zapewni możliwość przemieszczania się wszystkich, także bardzo wymagających gatunków [3, 5, 10]. Pierwsze duże przejścia górne tego typu powstały w Polsce w 2006 r. przy autostradzie A2, na odcinku Konin-Koło. Dwa obiekty wykonane z blach falistych zapoczątkowały rozwój dużych konstrukcji zapewniających wysoką skuteczność ekologiczną i pełną zgodność z wytycznymi i standardami europejskimi.



Fot. 7. Jedno z dwóch przejść, od których zaczęła się w Polsce epoka budowy dobrze zaprojektowanych „zielonych mostów” – autostrada A2 (odcinek: Konin-Koło) (Fot. Viacon Polska).

### 3. Modelowe przejścia górne i referencyjne odcinki dróg

Pomimo, iż historia budowy górnych przejść w Polsce jest stosunkowo krótka, a jej początki nie należą do najbardziej udanych, obecnie jesteśmy europejskim liderem w tej dziedzinie. Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że w ciągu zaledwie kilku lat udało się wdrożyć skuteczne rozwiązania i projektowane obecnie obiekty nie ustępują w wielu względach najlepszym przejściom w Niemczech, czy Holandii. Bardzo dobrym przykładem są tutaj przejścia przy autostradzie A2, na odcinku: Świecko-Nowy Tomyśl, oddane do eksploatacji w 2011 r. Wśród licznych obiektów służących ochronie fauny, znalazło się tam 12 przejść górnych dla dużych i średnich zwierząt (szerokość 35-50 m). Przejścia posiadają dobrze zaprojektowaną geometrię (w tym rozszerzające się płynnie najścia) choć zlokalizowane są często przy niekorzystnym przebiegu niwelety autostrady, co znacząco utrudniało ich dobre wkomponowanie w otoczenie. Pomocne okazało się zastosowanie konstrukcji z blach falistych, pozwalające na dostosowanie budowanych przejść do trudnych uwarunkowań topograficznych i właściwą harmonię obiektów z lokalnym krajobrazem. Przejścia nad autostradą A2 posiadają także dobrze zaprojektowane otoczenie, skuteczne ekranowanie emisji z ruchu pojazdów oraz optymalne zagospodarowanie powierzchni - przez bogate nasadzenia roślinne, rozłożone karpy korzeniowe i kłody drewna, usypane stopy kamieni.





Fot. 8. Jedno z najlepszych przejść górnych dla dużych zwierząt w Polsce – „zielony most” o szerokości 50 m nad autostradą A2 (odcinek: Świecko-Trzciel) (Fot. R. Kurek).



Fot. 9. Przejście górne dla dużych zwierząt nad drogą ekspresową S-5 (odcinek: Poznań-Gniezno) i DW434 – jeden z najlepszych obiektów powstałych w 2012 r. (Fot. R. Kurek).

W 2012 r. najciekawsze przejścia górne wybudowane zostały przy drodze ekspresowej S-5, odcinek: Poznań-Gniezno – dwa przejścia o szerokości 50 m, służą zachowaniu ciągłości korytarza ekologicznego o znaczeniu krajowym. Obiekty są dobrze wkomponowane w otoczenie i skutecznie ekranowane a zwierzęta korzystały z nich już na końcowych etapach budowy. Na uwagę zasługuje przede wszystkim wspólny obiekt nad S-5 i DW434, gdzie projektantom, pomimo dużej szerokości przeszkody, udało się stworzyć zwartą konstrukcję pozwalającą na korzystne ograniczenie długości przejścia. Szkoda, że podobnych rozwiązań konstrukcyjnych nie zastosowano w przypadku górnych przejść nad autostradami A1 (odcinek: Czerńwiec-Odolion) i A4 (odcinek: Brzesko-Wierzchosławice) - w 2013 r. powstały tu monstrualne mosty ekologiczne wykonane w tradycyjnej technologii żelbetowej, które są dobrym przykładem minimalizacji skumulowanych oddziaływań barierowych pochodzących z równoległych przeszkód. Przejście nad autostradą A1 (o szerokości 50 m) obejmuje także równoległą DK1 i służy zachowaniu ciągłości korytarza ekologicznego o znaczeniu europejskim, z kolei dwa przejścia nad A4 obejmują dodatkowo równoległą linię kolejową E30 i mają na celu minimalizację skumulowanego oddziaływania na korytarz ekologiczny o znaczeniu krajowym. Niestety zastosowana technologia żelbetowa nie pozwoliła na korzystne wkomponowanie obiektów w naturalne otoczenie dróg, co może znacząco ograniczać funkcje krajobrazowe powyższych przejść. Zdecydowanie lepsze wyniki w tym zakresie uzyskano przy projektowaniu podobnych obiektów z wykorzystaniem konstrukcji podatnych z blach stalowych przy drodze S-5. Na odcinku Kaczkowo-Korzeńsko budowane są obecnie 3 przejścia górne obejmujące drogę oraz równoległą linię kolejową E59 – pomimo dużej odległości pomiędzy przeszkodami udało się zaprojektować wspólne obiekty połączone nasypami ziemnymi, które pozwolą na wprowadzenie odpowiedniej roślinności i stworzenie warunków osłonowych dla migrujących zwierząt. Powyższe przejścia przy S-5 (które również miały powstać w 2013 r.) oraz wcześniej wspomniane budowle przy A1 i A4, to największe tego typu obiekty w Polsce – miniony rok można zatem uznać za przełomowy pod względem budowy mostów ekologicznych o funkcjach krajobrazowych, których dotychczas praktycznie u nas nie budowano.

#### **4. Aktualne problemy związane z projektowaniem i budową przejść górnych**

Pomimo niewątpliwie korzystnych zmian, jakie zaszły w ostatnich latach w podejściu do projektowania i budowy górnych przejść dla zwierząt, nadal pozostaje sporo problemów, wymagających pilnego rozwiązania, z którymi projektanci będą musieli się zmierzyć w najbliższym czasie [10]. Najpoważniejszym błędem przez wiele lat była zbyt mała szerokość minimalna przejść i jej niedostosowanie do wymagań wszystkich gatunków dużych zwierząt, co powoduje, że obiekty takie są obecnie wykorzystywane tylko przez wybrane, oportunistyczne gatunki, głównie pospolite średnie i małe ssaki (sarna, lis) [8]. Na szczęście etap burzliwych dyskusji na linii przyrodnicy-inwestorzy jest już historią i obecnie budowane w Polsce przejścia mają wymiary spójne ze standardami europejskimi. Bardzo istotnym problemem pozostaje natomiast projektowanie właściwej geometrii przejść - zwłaszcza kąta rozwarcia (rozszerzania) oraz nachylenia najść [10]. Problem dotyczy większości obiektów lokalizowanych przy niekorzystnej niwelecie drogi (brak wykopów)

i powoduje trudności z właściwym wkomponowaniem obiektu w otoczenie, ogranicza możliwości naprowadzania zwierząt oraz utrudnia akceptację takich przejść przez bardziej płochliwe gatunki. Bardzo ważnym i niestety wciąż ni tracącym na aktualności problemem jest brak właściwego zagospodarowania powierzchni i otoczenia przejść w tym w szczególności [10]:

- nieodpowiednie warunki glebowe – brak możliwości rozwoju gatunków roślin i zbiorowisk o wyższych wymagania siedliskowych,
- niewłaściwe i często bardzo ubogie zagospodarowanie otoczenia przejść wpływające na niską atrakcyjność dla zwierząt – np. brak wodopojów, skupisk cennych nasadzeń dla roślinożerców, martwego drewna, głązów etc.,
- niska wilgotność powierzchni przejść oraz brak siedlisk podmokłych w otoczeniu – powodują ograniczone wykorzystanie obiektów przez płazy,
- brak mikrosiedlisk na powierzchni i w otoczeniu – powoduje ograniczone wykorzystanie obiektów przez małe zwierzęta (drobne ssaki, gady, bezkręgowce) ze względu na brak kryjówek i miejsc żerowania,
- brak zróżnicowanych nasadzeń roślinnych i struktur naprowadzających – ograniczona skuteczność obiektów dla przelotów nietoperzy i wielu gatunków ptaków,
- mało skuteczne ekranowanie emisji hałasu i światła przez zbyt krótkie ekrany przeciwolśnieniowe (oraz nieszczelne i nietrwale konstrukcje ekranów), które często nie obejmują całej długości obiektów,
- nieskuteczne ograniczanie niepożądanego penetracji przejść przez ludzi (przejazdy i wzmożony ruch pieszych) – kluczowe w przypadku przejść przeznaczonych dla dużych ssaków leśnych.

Szereg problemów związanych z kształtowaniem właściwych warunków na powierzchni i w otoczeniu przejść wynika z typowych błędów wykonawczych. Główne problemy obserwowane na etapie budowy to [10]:

- wykorzystanie przy urządzeniu powierzchni przejść gruntu mineralnego pochodzącego z robót ziemnych, który nie posiada wymaganej żyzności oraz odpowiedniej struktury fizycznej,
- niewłaściwe wykonywanie nasadzeń roślinnych (technika sadzenia i terminy) oraz niewłaściwy dobór materiału sadzeniowego - sadzonki zbyt młode, słabo rozwinięte oraz z wadami rozwojowymi,
- wykorzystywanie ogrodowych odmian gatunków do nasadzeń - sadzonki odmian szkółkarskich są zwykle bardziej narażone na wypadanie ze względu na ich hodowlę w optymalnych warunkach siedliskowych znacznie odbiegających od panujących w sąsiedztwie dróg, dodatkowo są bardziej narażone na kradzieże przez okoliczną ludność.

Priorytetowym problemem, wymagającym pilnego rozwiązania zwłaszcza w kontekście oddziaływania dróg na spójność sieci Natura 2000, jest kwestia budowy mostów krajobrazowych. Dotychczas w Polsce, w praktyce, nie stosowano wyraźnego odróżnienia tych obiektów od przejść dla dużych zwierząt, których parametry i rozwiązania określane są na podstawie potrzeb wybranych gatunków kluczowych [6, 7, 8, 10]. Tymczasem zachowanie ciągłości struktury krajobrazu i siedlisk przyrodniczych przecinanych przez drogi wymaga nie tylko możliwości przemieszczania się wybranych gatunków zwierząt, ale wszystkich zamieszkujących dany typ



Fot. 10 Ubogie zagospodarowanie powierzchni i brak zabezpieczeń przed przejazdami, to wciąż ważne problemy przejść nad drogami, znacząco ograniczające ich skuteczność (Fot. R. Kurek)

siedliska – czemu służą właśnie mosty krajobrazowe [5, 10]. Takie multifunkcyjne obiekty budowane są w Europie od ponad 20 lat w postaci [3]:

- wysokich estakad o długich przęsłach służących zachowaniu ciągłości dolin rzecznych,
- przejść górnych o szerokości > 50 m z odpowiednim zagospodarowaniem powierzchni i otoczenia, służących zachowaniu ciągłości siedlisk leśnych.

W przypadku przejść górnych w Polsce wiele obiektów posiada odpowiednie parametry do spełniania funkcji krajobrazowych pomimo, że nie były projektowane z takim ukierunkowaniem. Niestety zazwyczaj problemy dotyczące wkomponowania w otoczenie oraz zagospodarowania powierzchni i kształtowania warunków siedliskowych skutecznie ograniczają ich funkcjonalność dla wielu gatunków środowisk leśnych [10]. W przypadku przejść dużych projektowanych dla ssaków kopytnych zapewnienie ciągłości struktury siedlisk przecinanych przez drogę nie jest priorytetowe, gdyż gatunki te nie są bardzo wymagające. Z kolei większość małych zwierząt wymaga ciągłości siedliska lub płatów siedlisk pomostowych („stepping stones”) dla pokonywania bariery w postaci drogi. Przykładowo - płazy wymagają odpowiedniej wilgotności przejść, nietoperze struktur naprowadzających a motyle obecności roślin żywicielskich. Pogodzenie uwarunkowań siedliskowych dla wszystkich gatunków jest możliwe jedynie w przypadku mostów krajobrazowych, których duża powierzchnia pozwala na kształtowanie mozaiki mikrosiedlisk o odmiennych cechach ekologicznych odpowiednich dla wielu gatunków [5, 10].

## 5. Edukacja i międzysektorowa współpraca kluczem do sukcesu

Rozwiązywanie problemów środowiskowych przy inwestycjach drogowych to zadanie niełatwe, wymagające wiedzy, kompetencji i otwartości na dialog wśród wielu środowisk zaangażowanych w projektowanie i realizację przedsięwzięć. W przypadku górnych przejść dla zwierząt przykład autostrady A2, odcinek: Świecko-Nowy Tomyśl pokazał, że współpraca inwestora i projektantów z przyrodnikami (choć nieraz niełatwa) przynosi efekty. Autostrada A2 jest obecnie najlepiej zabezpieczonym pod względem przejść dla zwierząt odcinkiem drogi w Polsce i stanowi pod wieloma względami modelowy przykład skutecznego rozwiązywania konfliktów na linii infrastruktura-przyroda. Niezwykle ważny jest fakt, że dziś w Polsce już nie próbuje się marginalizować kwestii przyrodniczych przy drogach, nie podważa się konieczności budowy np. dużych przejść dla zwierząt, czy ogrodzeń dla płazów. Dzisiejsze kontakty pomiędzy branżami w większości przypadków mają charakter partnerskich dyskusji i dalekie są od, często burzliwych, konfrontacji sprzed lat. Świadomość ekologiczna branży drogowej jest dziś zupełnie inna, a to zdecydowanie ułatwia dialog na linii inżynierowie-przyrodnicy i pozwala na wspólne, konstruktywne poszukiwanie rozwiązań optymalnych pod względem zarówno przyrodniczym, technicznym jak i finansowym. Bez wątplenia jest to efekt prowadzonych działań edukacyjnych oraz szerokiej dostępności wiedzy dotyczącej wpływu dróg na środowisko. Jeszcze 10 lat temu trudno było uwierzyć, że kiedyś taka współpraca w ogóle będzie możliwa, dziś można powiedzieć, że to właśnie dzięki niej nasze autostrady znalazły się w światowej czołówce dróg najlepiej zabezpieczonych pod względem środowiskowym. W przypadku przejść dla zwierząt szczególna odpowiedzialność spoczywa na podmiotach wykonujących dokumentację projektową, gdyż to projektanci muszą przenieść na grunt projektu budowlanego ogólne wymogi zapisane w decyzjach o środowiskowych uwarunkowaniach i raportach OOOŚ. Wszystkie optymalne i sprawdzone w praktyce rozwiązania dotyczące górnych przejść dla zwierząt powinny być szeroko promowane dla inspirowania projektantów i wdrażania „dobrych praktyk” przy kolejnych budowanych przejściach, co zapewni ich wysoką skuteczność ekologiczną i spełnienie funkcji środowiskowych, a tym samym także właściwe wydatkowanie publicznych środków. Konieczne należy kontynuować dialog pomiędzy branżą drogową i przyrodnikami - propagować optymalne rozwiązania, wymieniać się doświadczeniami i wzajemnie wspierać merytorycznie, co zapewni dalsze korzyści dla europejskiej przyrody. Ważne jest również pokazanie całemu społeczeństwu, jak dobre mamy obecnie w Polsce przejścia dla zwierząt po to, aby nawet „zwykli użytkownicy dróg” byli świadomi, że nasze autostrady mogą być, pod pewnymi względami, wzorem dla całej Europy.

### Literatura

- [1] Curzydło J. (red.). Międzynarodowe Seminarium „*Ekologiczne przejścia dla zwierząt wolno żyjących i przydrożne pasowe zadrzewienia – niezbędnymi składnikami nowoczesnych inwestycji transportowych (autostrady i linie kolejowe)*”. Kraków 7-10.09.1999. Akademia Rolnicza, Kraków 1999.
- [2] Forman R. T. T., Sperling D., Bissonette J. A., Clevenger A. P., Cutshall C. D., Dale V. H., Fahrig L., France R., Goldman C. R., Heanue K., Jones J. A., Swanson F. J., Turrentine T., Winter T. C. *Road ecology. Science and solutions*. Island Press, Washington 2003.



- [3] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (FGSV). *Merkblatt zur Anlage von Querungshilfen für Tiere und zur Vernetzung von Lebensräumen an Strassen*, Bonn 2008.
- [4] Georgii B., Peters-Ostenberg E., Henneberg M., Herrmann M., Müller-Stiess H., Bach L. *Nützung von Grünbrücken und anderen Querungsbauwerken durch Säugetiere. Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik Heft 971*, Bonn 2007.
- [5] Iuell B., Bekker G. J., Cuperus R., Dufek J., Fry G., Hicks C., Hlavač V., Keller V. B., Rosell C., Sangwine T., Torslov N., Wandall B., le Maire B. (red.). *Wildlife and traffic: a European handbook for identifying conflicts and designing solutions*. COST 341. KNNV Publishers, Delft 2003.
- [6] Jędrzejewski W., Nowak S., Kurek R., Mysłajek R., Stachura K., Zawadzka B. *Zwierzęta a drogi. Metody ograniczania negatywnego wpływu dróg na populację dziko żyjących zwierząt*. Wydanie II. Zakład Badania Ssaków PAN, Białowieża 2006.
- [7] Jędrzejewski W., Nowak S., Kurek R., Mysłajek R., Stachura K., Zawadzka B., Pchałek M. *Animals and Roads. Methods of mitigating the negative impact of roads on wildlife*. Mammal Research Institute PAS, Białowieża 2009.
- [8] Kurek R. (red.). *Ochrona dziko żyjących zwierząt przy inwestycjach drogowych w Polsce*. Stowarzyszenie Pracownia na rzecz Wszystkich Istot, Bystra 2007.
- [9] Kurek R. *Analiza funkcjonowania przejść dla zwierząt przy drogach szybkiego ruchu w województwie śląskim*. Ekspertyza na zlecenie Centrum Dziedzictwa Przyrody Górnego Śląska w Katowicach, Bystra 2007 (niepubl.).
- [10] Kurek R. *Poradnik projektowania przejść dla zwierząt i działań ograniczających śmiertelność fauny przy drogach*. Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, Warszawa 2010.
- [11] Pfister H. P., Keller V., Reck H., Georgii B. 1997. *Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege*. Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik Heft 756, Bonn 1997.
- [12] Volk F. H., Glitzner I., Woss M. *Kostenreduktion bei Grünbrücken durch deren rationellen Einsatz. Kriterien, Indikatoren, Mindeststandards. Strassenforschung Heft 512*, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien 2001.

## Overpasses in Poland – naturalists and road constructors' joint success

Rafał T. Kurek, Radosław Ślusarczyk

*Stowarzyszenie Pracownia na rzecz Wszystkich Istot/ Association Workshop for All Beings*

**Abstract:** Overpasses in the form of viaducts over roads are among the most interesting engineered facilities. Though building overpasses for animals in Poland has a fairly short history and at the beginning was far from successful, currently we are an European leader in terms of building these objects. The first overpasses built in Poland in 2001 were so narrow and poorly developed that they resembled more the facilities for pedestrians than those supposed to hold an ecological function. As a result of the criticism that came from naturalists, and the interbranch consultations that started at that time, effective measures were implemented within barely few years. The facilities designed nowadays are just as good as the best wildlife crossings in Western Europe. It is noteworthy how important the intersectoral cooperation between the road industry and naturalists has proved to be – mutual substantial support, promoting optimal solutions and sharing experience.



This paper will discuss the evolution that took place in Poland between 2001 and 2013 in terms of designing and constructing overpasses. The best road sections and model wildlife crossings that should become an inspiration for designing new facilities will be presented. The author will also analyze the problems the wildlife crossings designers will have to confront over the next few years.

**Keywords:** wildlife crossings, green bridges, landscape bridges, ecoducts.

## **Warunki zastosowania popiołu lotnego jako wypełniacza do mieszanek mineralno – asfaltowych**

**Wojciech Grabowski, Jarosław Wilanowicz, Marta Andrzejczak,  
Marcin Bilski**

*Zakład Dróg, Ulic i Lotnisk, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Poznańska, e-mail: wojciech.grabowski@put.poznan.pl, jaroslaw.wilanowicz@put.poznan.pl, marta.andrzejczak@put.poznan.pl, marcin.bilski@put.poznan.pl*

**Streszczenie:** Głównym celem pracy jest poznanie właściwości strukturalnych i funkcjonalnych popiołów lotnych, czyli odpadów przemysłowych, pochodzących z elektrowni opalanej węglem brunatnym, z punktu widzenia możliwości zastosowania ich jako wypełniaczy do mieszanek mineralno-asfaltowych (MMA). Analiza wyników przeprowadzonych badań laboratoryjnych: uziarnienia, powierzchni właściwej, zawartości wolnych przestrzeni, właściwości usztywniających w zaczynach asfaltowych wykazała, że popioły lotne nie spełniają wymagań stawianych wypełniaczom do MMA, gdyż powodują zbyt duże oddziaływanie usztywniające. Rezultaty badań własnych wykazały, że popioły te mogą być stosowane do MMA, jako tzw. wypełniacze mieszane, z udziałem tradycyjnie stosowanego wypełniacza wapiennego.

**Słowa kluczowe:** wypełniacz, popiół lotny, zaczyn asfaltowy, mieszanka mineralno – asfaltowa, starzenie RTFOT.

### **1. Wprowadzenie**

Wykorzystanie w budownictwie drogowym ubocznych produktów spalania, jakimi są popioły lotne, ma wiele zalet, głównie związanych z istotnym zmniejszeniem kosztów zakupu surowca, ochroną zasobów naturalnych kruszyw, a szczególnie skuteczną próbą redukcji gromadzących się odpadów przemysłowych.

Istnieje bogata literatura techniczna dotycząca wykorzystania popiołów lotnych w budownictwie drogowym [1, 2, 3, 4, 5, 6], jako materiału do budowy nasypów drogowych, jako dodatku do stabilizacji gruntów, dodatków poprawiających właściwości kruszyw, zastosowań do hydraulicznych spoiw drogowych oraz podbudów z betonu popiołowego.

Prace [3, 7, 8, 9] mówią o próbach zastosowania popiołów lotnych jako wypełniacza do mieszanek mineralno – asfaltowych (MMA). W pracy [8] wykazano, że dodatek popiołu lotnego, łącznie z destruktem gumowym, istotnie poprawia właściwości asfaltów.

W pracy [9] wykazano, że dodatek popiołu lotnego zwiększa stabilność i podwyższa zawartość wolnych przestrzeni w MMA w porównaniu z wynikami uzyskanymi dla próbki referencyjnej. Brak w tych pracach szczegółowych informacji dotyczących wpływu popiołów lotnych na zmiany właściwości lepiszczy asfaltowych

z ich udziałem. Także brak szczegółowych danych dotyczących wpływu popiołów lotnych na właściwości MMA, w których zastosowano jako wypełniacz popiół lotny. Brakuje analiz porównawczych właściwości MMA z udziałem popiołów lotnych oraz tradycyjnie stosowanych wypełniaczy mineralnych.

Jakość połączenia lepiszcza do powierzchni kruszyw mineralnych stanowi istotny czynnik decydujący o szczelności, mrozoodporności i wodoodporności nawierzchni asfaltowej oraz jej odporności na odkształcenia [10]. Głównym czynnikiem decydującym o przyczepności lepiszcza asfaltowego do kruszywa jest zawartość krzemionki  $\text{SiO}_2$ . W zależności od procentowego udziału krzemionki, kruszywa dzielimy na dwie podstawowe grupy: kwaśne oraz zasadowe. Skąły kwaśne mają bardzo małą przyczepność do lepiszcza asfaltowego i zastosowanie MMA z ich udziałem wymaga dodania preparatów poprawiających adhezję. Na przyczepność oprócz składu chemicznego kruszywa ma wpływ jego tekstura, porowatość, wilgotność, zapylenie.

Przydatność wypełniaczy do MMA ocenia się również na podstawie rezultatów badań starzenia lepiszczy asfaltowych i MMA. Prace [10, 11] wykazały, że zarówno pochodzenie wypełniacza (skład chemiczny i mineralogiczny), jak i ich charakterystyka strukturalna mają istotny wpływ na starzenie lepiszczy asfaltowych zachodzące w zaczynach asfaltowych.

Brak źródłowej wiedzy na temat wpływu popiołów lotnych na zmiany właściwości lepiszczy asfaltowych z ich udziałem oraz wpływu popiołów lotnych na cechy MMA był inspiracją do wykonania badań przedstawionych w niniejszym artykule [13].

## 2. Cel i zakres pracy

Praca przedstawia wyniki badań cech strukturalnych i właściwości funkcjonalnych popiołów lotnych z elektrowni opalanej węglem brunatnym. Głównym celem pracy jest poznanie właściwości strukturalnych i funkcjonalnych popiołów lotnych, z punktu widzenia możliwości zastosowania ich jako wypełniaczy do MMA.

Przedmiotem badań i analiz były 4 próbki popiołów lotnych o zróżnicowanym uziarnieniu, o symbolach: P-30, P-63, P-30/100 oraz próbka P (materiał wyjściowy). Dla przeprowadzenia analiz porównawczych przygotowano dodatkowe próbki: mieszanek popiołowo – wapienną (próbka P-W), referencyjny wypełniacz wapienny W-75 oraz pył melafirowy M-63 [13].

## 3. Badania cech strukturalnych i właściwości funkcjonalnych

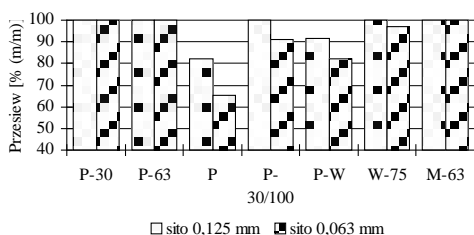
Program badań obejmował:

- a) Analizę cech strukturalnych wypełniaczy mineralnych, takich jak:
  - Uziarnienie (przesiew w strumieniu powietrza) wg PN-EN 933-10 [14].
  - Skład granulometryczny metodą Prószyńskiego wg PN-R-04032 [15].
  - Powierzchnia właściwa wg PN-EN 196-6 [16] (wg Blaine'a).
  - Zawartość wolnych przestrzeni wg PN-EN 1097-4 [17] (wg Rigden'a).
  - Wskaźnik błękitu metylenowego wg PN-EN 933-9 [18].

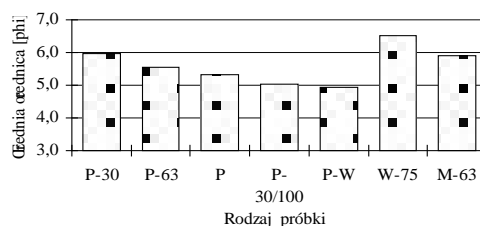
- b) Analizę właściwości funkcjonalnych wypełniaczy mineralnych, takich jak:
- Koncentracja objętościowa ziaren wg PN/S-96505 [19].
  - Przyrost temp. mięknięcia zaczynu asfaltowego wg PN-EN 13179-1 [20].
  - Przyrost lepkości dynamicznej zaczynu wg PN-EN 13702-2 [21].

c) Ocenę przydatności próbek popiołów lotnych do MMA na podstawie rezultatów badań starzenia laboratoryjnego metodą RTFOT (Rolling Thin Film Oven Test) wg PN-EN 12607-1 [22].

Uziarnienie analizowanych próbek, przedstawione na rys. 1, spełnia, z wyjątkiem popiołu lotnego P (tj. próbki wyjściowej), wymagania techniczne [23]. Próbka P charakteryzuje się zbyt małą zawartością frakcji < 0,125 mm (przesiew < 85%) oraz frakcji < 0,063 mm (przesiew < 70%). Dodatek wypełniacza wapiennego (W-75) do popiołu lotnego (P) w ilości 50% (m/m) powoduje spełnienie powyższych wymagań dla mieszanki popiołowo – wapiennej (P-W).



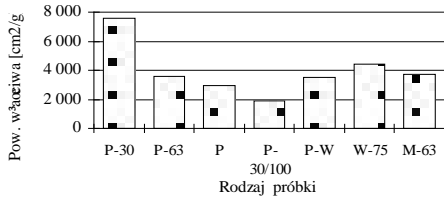
Rys. 1. Uziarnienie próbek wg PN-EN 933-10.



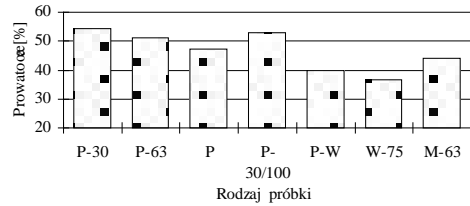
Rys. 2. Średnia średnica ziarna próbek (śred.).

Badania składu granulometrycznego zostały przeprowadzone metodą areometryczną wg Prószyńskiego. Na podstawie uzyskanych wyników określono graficzną średnią średnicę ziaren  $\phi_{sr}$  wg Folka i Warda wg [24]. Z analiz rezultatów badań przedstawionych na rys. 2 wynika, że w analizowanych próbkach, z wyjątkiem wypełniacza W-75, dominuje frakcja 0,02-0,05 mm (frakcja pyłu gruboziarnistego), natomiast w próbce W-75 dominują frakcje 0,005-0,02 mm oraz 0,02-0,05 mm (frakcje pyłu średnio- i gruboziarnistego).

Rezultaty pomiarów powierzchni właściwej wg Blaine'a [16] zamieszczone na rys. 3 wskazują, że zdecydowanie największą powierzchnię właściwą posiada popiół P-30 ( $P_w = 7\ 551\ \text{cm}^2/\text{g}$ ), natomiast najmniejszą - popiół P-30/100 ( $P_w = 1\ 919\ \text{cm}^2/\text{g}$ ). Dodatek wypełniacza W-75 do popiołu P w proporcji 1:1 m/m zwiększa wartość parametru  $P_w$  z 2 932 do 3 512  $\text{cm}^2/\text{g}$  dla mieszanki P-W. Z wyjątkiem próbek P-30 oraz P-30/100 analizowane wypełniacze spełniają wymagania normy [25] (wartości  $P_w$  mieszczą się w granicach 2 500 ÷ 4 500  $\text{cm}^2/\text{g}$ ).



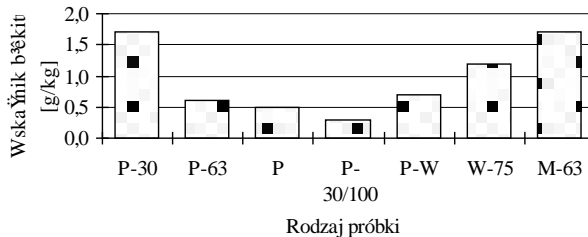
Rys. 3. Powierzchnia właściwa próbek wg Blaine'a (Pw).



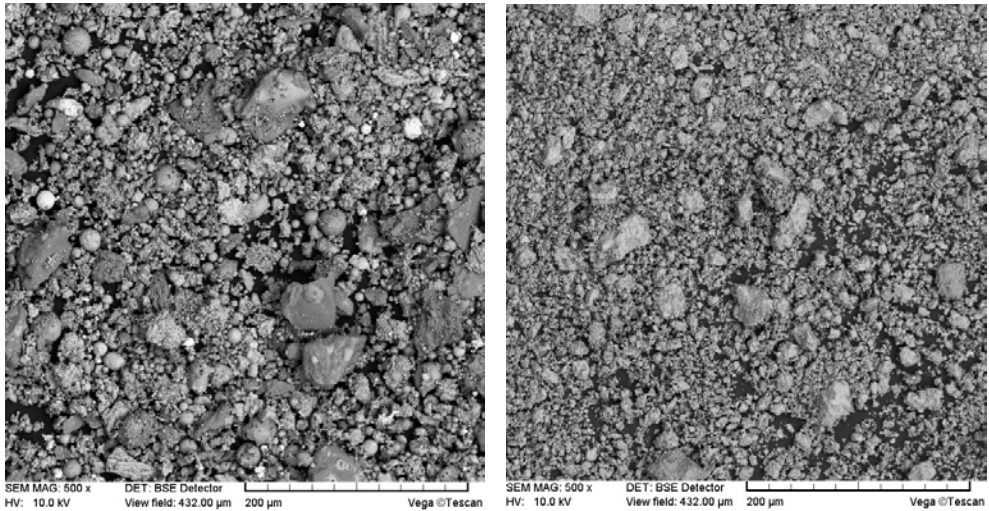
Rys. 4. Porowatość próbek wg Rigden'a (RV).

Zawartość wolnych przestrzeni  $RV$  (porowatość) oznaczono metodą Rigden'a [17], a rezultaty zamieszczono na rys. 4. Największą zawartość wolnych przestrzeni mają wszystkie próbki popiołów lotnych, które nie spełniają warunków technicznych [23] (wymagane  $RV = 28 \div 45\%$ ). Najmniejszą zawartość wolnych przestrzeni odnotowano dla wypełniacza wapiennego W-75 ( $RV = 36,5\%$ ) oraz dla mieszanki popiołowo – wapiennej P-W ( $RV = 40\%$ ).

Wyniki oznaczeń wskaźnika błękitu metylenowego  $M_{Bf}$  zamieszczone na rys. 5 wskazują, że wszystkie analizowane próbki spełniają wymagania techniczne [23] (wymagane  $M_{Bf} \leq 10$  g/kg), gdyż posiadają niewielką zawartość frakcji pylasto – ilastej, co potwierdzają także wyniki badań składu granulometrycznego zamieszczone na rys. 2.

Rys. 5. Wskaźnik błękitu metylenowego ( $M_{Bf}$ ).

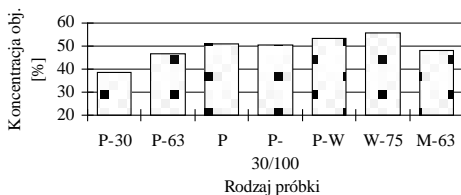
Analizując wyniki badań popiołów lotnych nie zaobserwowano, w przeciwieństwie do ogólnie stosowanych wypełniaczy wapiennych oraz pyłów mineralnych, bezpośredniej korelacji pomiędzy powierzchnią właściwą ziaren a porowatością popiołów lotnych (wzrost wartości  $P_w$  nie skutkuje wzrostem zawartości wolnych przestrzeni  $RV$ ). Ponadto popioły lotne posiadające zalecane wartości  $P_w$  w zakresie  $2\ 500 \div 4\ 500$  cm<sup>2</sup>/g charakteryzują się zbyt dużą zawartością wolnych przestrzeni  $RV$ . Przyczyną może być istotna różnica pomiędzy kształtem i teksturą ziaren popiołów a kształtem i teksturą ziaren pozostałych badanych próbek.



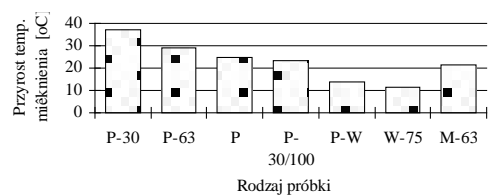
Rys. 6. Obraz mikroskopowy popiołu lotnego P (po lewej) oraz wypełniacza wapiennego W-75 (po prawej).

Na rys. 6 przedstawiono obraz mikroskopowy próbki popiołu lotnego P oraz próbki wypełniacza wapiennego W-75. Można na nich zauważyć bardzo istotne różnice zarówno kształtu, jak i tekstury ziaren analizowanych próbek. W próbce popiołu lotnego przeważają ziarna o kształcie kulistym i teksturze szklistej, które powstały w procesie technologicznym wypalania węgla brunatnego. W wypełniaczu wapiennym natomiast przeważają głównie ziarna o kształtach nieregularnych i teksturze ostrokrawędzistej (powierzchnie przełamane w procesie mielenia).

Badania koncentracji objętościowej ziaren  $K_o$  polegały na kontrolowanym dozowaniu nafty kosmetycznej do analizowanych próbek, aż do momentu całkowitego zwilżenia ich ziaren. Objętość nafty dodana i zaadsorbowana przez 15 g wypełniacza jest umowną miarą bitumochłonności wypełniacza w warunkach laboratoryjnych, która związana jest z adhezją lepiszcza do powierzchni ziaren. Spośród analizowanych próbek najmniejszą wartość  $K_o$ , czyli najmniejszą chłonnością asfaltu charakteryzuje się popiół P-30, a największą - wypełniacz W-75 (rys. 7). Chłonność asfaltu jest tym większa im większa jest wartość porowatości  $R_V$  wypełniacza. Wszystkie próbki (z wyjątkiem P-30) spełniają wymagania normy [19] (wymagane  $K_o = 40 \pm 60\%$ ).



Rys. 7. Koncentracja objętościowa ziaren ( $K_o$ ).



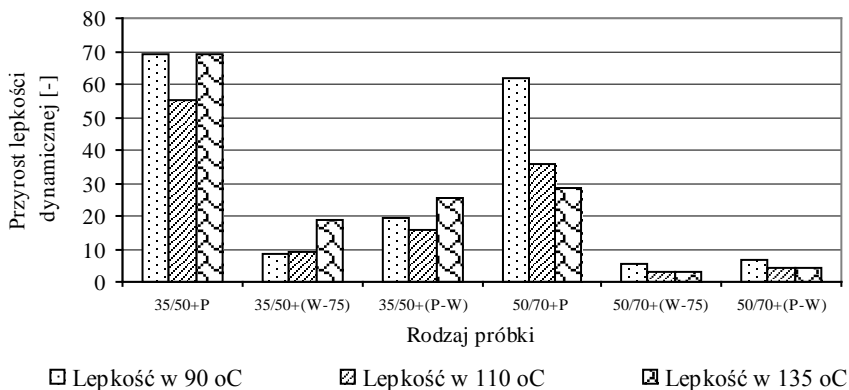
Rys. 8. Przyrost temperatury mięknienia DTPiK.



Badania właściwości usztywniających wypełniaczy przeprowadzono na próbkach zaczynów asfaltowych sporządzonych z udziałem popiołów, wypełniacza wapiennego, mieszanki P-W oraz pyłu melafirowego wg pkt. 2 (stosunek obj. W/A = 0,60). Miarą usztywnienia zaczynów były przyrosty temperatury mięknięcia  $\Delta T_{PIK}$  w stosunku do  $T_{PIK}$  asfaltu drogowego 70/100, pomierzone zgodnie z normą [20] oraz przyrosty lepkości dynamicznej  $\Delta\eta$  zaczynów w stosunku do lepkości asfaltu drogowego 35/50 oraz 50/70.

Przedstawione na rys. 8 wyniki badań temperatury mięknięcia dowodzą, że wszystkie próbki popiołów lotnych oraz pył melafirowy powodują duże oddziaływanie usztywniające w zaczynach asfaltowych (wymagany zakres  $\Delta T_{PIK} = 8 \div 25^\circ\text{C}$ ). Wynika to z dużej (zbyt dużej) zawartości wolnych przestrzeni RV w tych próbkach, których wartości zostały pokazane na rys. 4. W przypadku mieszanki P-W zaobserwowano też istotny wpływ wypełniacza wapiennego na zmniejszenie przyrostu  $\Delta T_{PIK}$  do wartości optymalnej wynoszącej  $13,6^\circ\text{C}$ .

Badania lepkości dynamicznej przeprowadzono w temperaturze  $90^\circ\text{C}$ ,  $110^\circ\text{C}$  i  $135^\circ\text{C}$  z użyciem lepkościomierza obrotowego Rheotest. Badania wykonano na próbkach asfaltu drogowego 35/50 i 50/70 oraz na próbkach zaczynów asfaltowych z udziałem popiołu lotnego (P), wypełniacza wapiennego (W-75) oraz mieszanki popiołowo – wapiennej (P-W). Efekt usztywniający popiołu lotnego (P) mierzony przyrostem  $\Delta\eta$  (rys. 9) jest średnio o 440% większy w stosunku do oddziaływania wypełniacza wapiennego (W-75) w zaczynach z asfaltem 35/50 oraz ok. 970% w zaczynach z asfaltem 50/70. Natomiast efekt usztywniający mieszanki P-W jest większy średnio o 70% w stosunku do oddziaływania wypełniacza W-75 w zaczynach z asfaltem 35/50 oraz o ok. 32% w zaczynach z asfaltem 50/70.



Rys. 9. Przyrost lepkości dynamicznej  $D\eta$  zaczynu z asfaltem 35/50 i 50/70, gdzie:

$$\Delta\eta = \frac{\eta^Z}{\eta^A} \quad (1)$$

$\eta^Z$  - lepkość dynamiczna zaczynu w temperaturze 90, 110 i  $135^\circ\text{C}$ , [Pa s],

$\eta^A$  - lepkość dynamiczna asfaltu w temperaturze 90, 110 i  $135^\circ\text{C}$ , [Pa s],

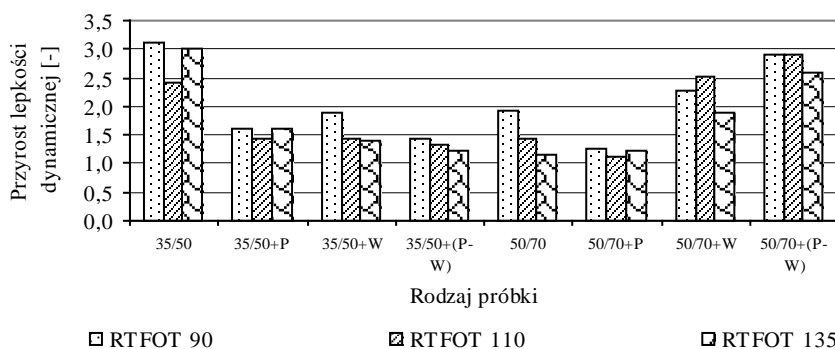
$D\eta$  - przyrost lepkości dynamicznej, [-].

Przedstawione na rys. 8 i 9 wyniki badań wskazują, że dodatek popiołu lotnego (P) powoduje zdecydowanie większe oddziaływanie usztywniające w zaczynach asfaltowych w stosunku do wypełniacza wapiennego (W-75), niezależnie od gatunku zastosowanego asfaltu drogowego. Wynika to z dużej zawartości wolnych przestrzeni  $R_V$  w próbce P, których wartości zostały przedstawione na rys. 4.

Na podstawie przeprowadzonej analizy wyników badań można stwierdzić, że dodatek wypełniacza wapiennego do popiołu lotnego zmniejsza oddziaływanie usztywniające mieszanki P-W w zaczynie asfaltowym do poziomu nieznacznie przewyższającego oddziaływanie usztywniające wypełniacza wapiennego, powszechnie stosowanego w budownictwie drogowym.

#### 4. Badania i analiza porównawcza lepkości dynamicznej zaczynów asfaltowych po starzeniu metodą RTFOT

Program badań przewidywał wykonanie oznaczenia starzenia lepiszczy asfaltowych 35/50 i 50/70 w warunkach laboratoryjnych metodą RTFOT oraz zaczynów z udziałem próbek popiołu lotnego (P), wypełniacza wapiennego (referencyjnego W) oraz mieszanki popiołowo – wapiennej (P-W). Celem tych badań była ocena przydatności próbek popiołów lotnych do MMA poprzez porównanie właściwości reologicznych asfaltów i zaczynów asfaltowych przed i po starzeniu metodą RTFOT.



Rys. 10. Zmiany lepkości dynamicznej  $D_h$  po starzeniu wg RTFOT (indeks stwardnienia  $IS$ ), gdzie:

$$\Delta\eta = \frac{\eta^{RTFOT}}{\eta} = \mathcal{E} \quad (2)$$

$IS$  - indeks stwardnienia zaczynu asfaltowego,

$\eta^{RTFOT}$  - lepkość dynamiczna zaczynu asfaltowego w temp. 90, 110 i 135 °C po starzeniu wg RTFOT, [Pa s],

$\eta$  - lepkość dynamiczna zaczynu asfaltowego w temperaturze 90, 110 i 135 °C przed starzeniem, [Pa s].

Wartości indeksu stwardnienia  $IS$ , obliczone na podstawie pomierzonych lepkości dynamicznych przed i po starzeniu RTFOT, które przedstawiono na rys. 10 pokazują, że usztywnienie spowodowane procesem starzenia asfaltu wyjściowego

35/50 jest zdecydowanie większe niż usztywnienie zaobserwowane w zaczynach asfaltowych z udziałem wypełniacza wapiennego, popiołu lotnego i mieszanki P-W. Świadczy to o łagodzącym wpływie wszystkich badanych wypełniaczy na stwardnienie zaczynu po starzeniu. Największy łagodzący wpływ na stwardnienie zaczynu po starzeniu posiada mieszanka P-W, nieznacznie większy – popiół lotny i wypełniacz wapienny. Świadczy to o korzystnych cechach popiołu lotnego jako wypełniacza mieszanego z wypełniaczem wapiennym do MMA.

W przypadku zaczynów asfaltowych z asfaltem 50/70 łagodzący wpływ wypełniaczy na stwardnienie zaczynu po starzeniu nie jest już tak jednoznaczny. Zaobserwowano tutaj nieznaczne zmniejszenie usztywnienia zaczynu z popiołem lotnym oraz wzrost usztywnienia zaczynu z wypełniaczem wapiennym oraz mieszanką P-W, w szczególności w temperaturze 110 °C.

Niewielkie zmniejszenie usztywnienia zaczynów lub jego wzrost w stosunku do usztywnienia asfaltu 50/70 może wynikać ze stosunkowo małej zmiany lepkości asfaltu 50/70 przed i po starzeniu RTFOT. Zmiana lepkości dynamicznej przed i po starzeniu asfaltu 50/70 wyniosła  $\Delta\eta = 1,1, 1,4$  i  $1,9$  odpowiednio dla temperatury pomiaru wynoszącej 135, 110 i 90 °C, tymczasem dla asfaltu 35/50 zmiany lepkości wyniosły odpowiednio  $\Delta\eta = 3, 2,4$  i  $3,1$ .

Większe usztywnienie zaczynu z wypełniaczem wapiennym, a w szczególności z mieszanką P-W, przed i po starzeniu, w stosunku do usztywnienia asfaltu 50/70 może też wynikać z dużego spadku masy zaczynu po starzeniu RTFOT w stosunku do spadku masy asfaltu 50/70. Spadek masy spowodowany jest odparowaniem lżejszych składników asfaltu, które zmienia właściwości reologiczne zaczynu. Lżejsze składniki zaczynu asfaltowego zawarte są głównie w „asfalcie wolnym”. Jeżeli następuje duży ubytek masy zaczynu po starzeniu można przypuszczać, że w tym zaczynie był duży udział „asfaltu wolnego”, a mniejszy „asfaltu związanego”, których ilościową miarą jest procentowa objętość „fazy stałej”  $V_B$  w zaczynie. Wyniki badań struktury wypełniaczy mineralnych zamieszczone w [13] wykazały, że w zaczynach asfaltowych z wypełniaczem wapiennym i mieszanką P-W objętość „fazy stałej”  $V_B$  jest najmniejsza, a tym samym zawartość „asfaltu wolnego” jest w nich największa.

## 5. Wnioski

Wykonane badania laboratoryjne właściwości strukturalnych i funkcjonalnych popiołu lotnego z elektrowni opalanej węglem brunatnym oraz ich ocena z punktu widzenia wymogów stawianych wypełniaczom do MMA upoważniają do sformułowania następujących wniosków:

- Badane próbki popiołów lotnych spełniają wymagania techniczne [25] pod względem jakości (tj. szkodliwości) pyłów, natomiast nie spełniają pod względem porowatości ( $RV > 45\%$ ) oraz przyrostu temperatury mięknięcia ( $\Delta T_{PK} > 25^\circ\text{C}$ ), a próbka wyjściowa P także pod względem uziarnienia.
- Popioły lotne P-30 i P-30/100 nie spełniają wymagań normy [23] pod względem powierzchni właściwej ziaren, a popiół P-30 – wymagań normy [19] pod względem chłonności asfaltu (zbyt duża bitumochłonność próbki).
- Wypełniacz mieszany (próbka P-W) spełnia wymagania techniczne [23].
- Porowatość, przyrost temperatury mięknięcia oraz lepkość dynamiczna wska-

- zują, że analizowane próbki popiołów mogą powodować zbyt duże usztywnienie zaczynów (przy proporcji obj. W/A = 0,60), a tym samym mieszanek MMA (zaczyn asfaltowy będzie za sztywny i kruchy).
- Dodatek wypełniacza wapiennego (W) do popiołu lotnego (P) w proporcji 1:1 m/m zdecydowanie zmniejsza właściwości usztywniające wypełniacza mieszanego (mieszanki P-W) w zaczynie asfaltowym, zarówno przed jak i po starzeniu RTFOT.
  - Zaobserwowano łagodzący wpływ mieszanki popiołowo - wapiennej (P-W), a w szczególności popiołu lotnego (P) na usztywnienie zaczynów asfaltowych po starzeniu metodą RTFOT.
  - Nie zaobserwowano prostej korelacji pomiędzy powierzchnią właściwą ziaren analizowanych próbek a ich porowatością. Przyczyną braku korelacji może być różnica pomiędzy teksturą ziaren popiołów lotnych a teksturą ziaren pozostałych badanych próbek.

Rezultaty badań i analiza wyników wykazały więc, że popiół lotny jako samodzielny wypełniacz (wypełniacz podstawowy) jest nieprzydatny do MMA z uwagi na zbyt duże oddziaływanie usztywniające w zaczynach asfaltowych. Dodatek wypełniacza wapiennego do popiołu lotnego (P) zdecydowanie zmniejsza te właściwości w mieszance P-W, która może być przydatna jako wypełniacz mieszany do MMA.

## Literatura

- [1] Szczygielski T. *Uboczne produkty spalania w drogownictwie*. Normy a aprobaty techniczne, Magazyn Autostrady, 10 (2009) 24-27.
- [2] Pachowski J. *Popioły lotne i ich zastosowanie w budownictwie drogowym*, Warszawa, WKiŁ 1976.
- [3] Szczygielski T., Myszkowska A. *Popioły wysoko-wapniowe - przetwarzanie i wykorzystanie*, Magazyn Autostrady, 4 (2006) 38-43.
- [4] Pachowski J. *Rozwój technologii powstawania ubocznych produktów elektrowniowych oraz ich charakterystyka i możliwości zastosowań w technologiach budownictwa drogowego*, Drogi i Mosty, 1 (2002) 59-99.
- [5] Zawisz E., Franczak A. *Wytrzymałość i mrozoodporność stabilizowanych popiołów lotnych*, Drogownictwo, 6 (2010) 202-207.
- [6] PN-S-06103: Drogi samochodowe. Podbudowa z betonu popiołowego, grudzień 1997.
- [7] Widuch A., Ćwiakała M., Korzeniowska J., Kraszewski C. *Możliwość zagospodarowania popiołów lotnych z węgla brunatnego w drogownictwie*, Drogownictwo, 12 (2011) 390-394.
- [8] Zhang W., Chen Ch. *Experiment Study on the Rubber and Fly Ash of Modified Asphalt, Water Resource and Environmental Protection (ISWREP)*, 2011, 2971-2974.
- [9] Mikoc M., Markovic D. *Influence of slag, fly ash, silica fume on the mechanical and physical properties of asphalt*, Technical Gazette 17, 4 (2010) 505-514.
- [10] Jaskuła P. *Niszczące działanie wody i mrozu na mieszanki mineralno-asfaltowe przegląd literatury*, Drogi i Mosty, 4 (2004) 8-12.
- [11] Johansson L. S., Isacson U. *Influence of Testing Conditions on the Capacity of Hydrated Lime to Inhibit Bitumen Ageing*, Royal Institute of Technology, Stockholm, 3 (1998) 1-12.
- [12] Johansson L. S., Xiaohu L., Isacson U. *Ageing of Road Bitumens – State of the Art*, Royal Institute of Technology, Stockholm, 1 (1998) 1-45.
- [13] Wilanowicz J., Grabowski W., Andrzejczak M. *Właściwości strukturalne i funkcjonalne*

- popiołów lotnych jako wypełniaczy do mieszanek mineralno – asfaltowych*, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, 283, 59 (2012) 369-376.
- [14] PN-EN 933-10: *Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Część 10: Ocena zawartości drobnych cząstek - Uziarnienie wypełniaczy (przesiewanie w strumieniu powietrza)*, maj 2002.
- [15] PN-R-04032: *Gleby i utwory mineralne. Pobieranie próbek i oznaczanie składu granulometrycznego*, styczeń 1998.
- [16] PN-EN 196-6: *Metody badania cementu. Oznaczanie stopnia zmielenia*, luty 1997.
- [17] PN-EN 1097-4: *Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Część 4: Oznaczanie pustych przestrzeni suchego, zagęszczonego wypełniacza*, styczeń 2002.
- [18] PN-EN 933-9: *Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Ocena zawartości drobnych cząstek. Badanie błękitem metylenowym*, luty 2001.
- [19] PN-S-96505: *Mączki mineralne do mas bitumicznych*, maj 1977.
- [20] PN-EN 13179-1: *Badania kruszyw wypełniających stosowanych do mieszanek bitumicznych. Część 1: Badania metodą pierścienia delta i kuli*, maj 2002.
- [21] PN-EN 13302: *Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Oznaczanie lepkości dynamicznej lepiszczy asfaltowych lepkościomierzem obrotowym*, 2011.
- [22] PN-EN 12607-1: *Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Oznaczanie odporności na starzenie pod wpływem ciepła i powietrza. Część 1: Metoda RTFOT*, sierpień 2009.
- [23] Wymagania Techniczne Nr 1. *Kruszywa do mieszanek mineralno - asfaltowych i powierzchniowych utrwaleń na drogach publicznych*, IBDiM, Warszawa 2010.
- [24] Gradziński R., Kostecka A., Radomski A., Unrug R. *Zarys sedymentologii*, Warszawa, Wydawnictwo Geologiczne 1986.
- [25] PN-S-96504: *Drogi samochodowe. Wypełniacz kamienny do mas bitumicznych*, grudzień 1961.

## Conditions for use of fly ashes as filler for hot-mix asphalt

Wojciech Grabowski, Jarosław Wilanowicz, Marta Andrzejczak,  
Marcin Bilski

*Zakład Dróg, Ulic i Lotnisk, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Poznańska, e-mail: wojciech.grabowski@put.poznan.pl, jaroslaw.wilanowicz@put.poznan.pl, marta.andrzejczak@put.poznan.pl, marcin.bilski@put.poznan.pl*

**Abstract:** The main purpose of this work is to get to know the structural and functional properties of fly ashes, i.e. industrial waste from lignite-fired power plant, from the perspective of their use as fillers for hot-mix asphalt (HMA). Analysis of the results of laboratory tests: grain-size distribution, specific surface, air voids of dry compacted fillers, stiffening properties in bituminous mastics showed that the fly ashes do not meet the requirements for fillers to HMA, because they cause too much stiffening impact. The results of extensive research has shown that these ashes can be used for the HMA, as so-called the mixed fillers with the participation of limestone filler used traditionally.

**Keywords:** filler, fly ash, bituminous mastic, hot-mix asphalt, ageing RTFOT.

# Walory przyrodnicze pasa autostrady A-4 na terenie Parku Krajobrazowego Góra Świętej Anny w województwie opolskim

Krzysztof Spałek<sup>1</sup>, Maria Mleczko-Król<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Katedra Biosystematyki, Uniwersytet Opolski, e-mail: kspalek@uni.opole.pl

<sup>2</sup>Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad w Opolu, e-mail: mmleczko@gddkia.gov.pl

**Streszczenie:** Do budowy opolskiego odcinka autostrady A-4 przystąpiono latem 1997 r. Niedługo po rozpoczęciu budowy zaczęły się ostre protesty organizacji ekologicznych. Kością niezgody stał się jej odcinek przecinający Park Krajobrazowy Góra Świętej Anny, bezpośrednio sąsiadujący również ze ściśłym rezerwatem przyrody Ligota Dolna, chroniącym rzadką roślinność ciepłolubną. W latach 2011-2013 na terenie pasa drogowego autostrady A4 przechodzącego przez teren Parku Krajobrazowego Góra Świętej Anny w województwie opolskim przeprowadzono szczegółowe badania mikologiczne, geobotaniczne, florystyczne i faunistyczne. Na tym odcinku autostrady stwierdzono występowanie licznych rzadkich i chronionych gatunków grzybów, roślin oraz zwierząt, w tym najliczniejszą w Polsce populację lnu austriackiego *Linum austriacum*. Jest to również jedyne stanowisko muraw kserotermicznych z klasy *Festuco-Brometea*, z tak licznym występowaniem rzadkich i ginących gatunków roślin w pasie autostrady w Polsce. Ze względu na pojawianie się na trasie autostrady wielu interesujących gatunków roślin i zwierząt, wydaje się celowe utworzenie monitoringu przyrodniczego, który mógłby dostarczyć wielu cennych informacji dotyczących wpływu autostradowego ruchu samochodowego na okoliczną florę i faunę. Z wiedzy tej mogliby korzystać nie tylko budowniczowie kolejnych autostrad w Polsce, ale również szerokie grono zainteresowanych naukowców.

**Słowa kluczowe:** autostrada A-4, Park Krajobrazowy Góra Świętej Anny, województwo opolskie, walory przyrodnicze, rzadkie i chronione gatunki.

## 1. Wprowadzenie

Program budowy autostrad w Polsce, którego realizacja rozpoczęła się w 1993 r. na mocy Uchwały nr 63/93 Rady Ministrów z 27 lipca 1993 r. (w sprawie Programu Budowy Autostrad), obejmował budowę autostrad płatnych A-1, A-2, A-4/A-12. W tym czasie dla poszczególnych odcinków autostrady A-4 uzyskano wskazania lokalizacyjne lub decyzje lokalizacyjne w oparciu o wykonane koncepcje programowo - przestrzenne oraz wykonane oceny oddziaływania na środowisko wg ówczesnie obowiązującego prawa.

Odcinek autostrady A-4 Bielany Wrocławskie - Nogawczyce (126 km), zlokalizowany w korytarzu transeuropejskiego szlaku komunikacyjnego E-40 w układzie wschód - zachód (Ostenda w Belgii poprzez Kolonię, Drezno w Niemczech, Wro-



ćław, Katowice i Kraków w Polsce, do Kijowa na Ukrainie) był realizowany w latach 1997 - 2000 z grantów funduszu Phare, funduszy EBI, środków ISPA oraz środków budżetu państwa. Odcinek autostrady, od węzła „Bielany Wrocławskie”, do węzła „Prądy”, przebiega po istniejącej wcześniej drodze, a na dalszym odcinku, do węzła „Nogawczyce” po trasie wytyczonej w latach 30. XX w. Na tym odcinku w terenie w pasie o szerokości ok. 30 m były wykonywane w tym czasie roboty wstępne (wycinka drzew, nasypy, przepusty na ciekach, wiadukty nad pasem autostrady w ciągu dróg lokalnych).

W 1988 r. uchwałą Wojewódzkiej Rady Narodowej w Opolu został utworzony Park Krajobrazowy Góra Św. Anny obejmujący obszar 5050 ha + otulina 6374 ha, położony między miastami Gogolin, Strzelce Opolskie, Ujazd, Zdzeszowice, a celem jego powołania było zachowanie terenów o cennych walorach przyrodniczych, krajobrazowych i kulturowych charakterystycznych dla woj. opolskiego. Jednak dla umożliwienia realizacji autostrady A-4 w jej przebiegu „historycznym”, który był elementem obowiązującego Planu zagospodarowania przestrzennego województwa opolskiego od 1972 r., z parku krajobrazowego w uchwale WRN wyłączony został pas o szerokości 500 m dla potrzeby jej realizacji.

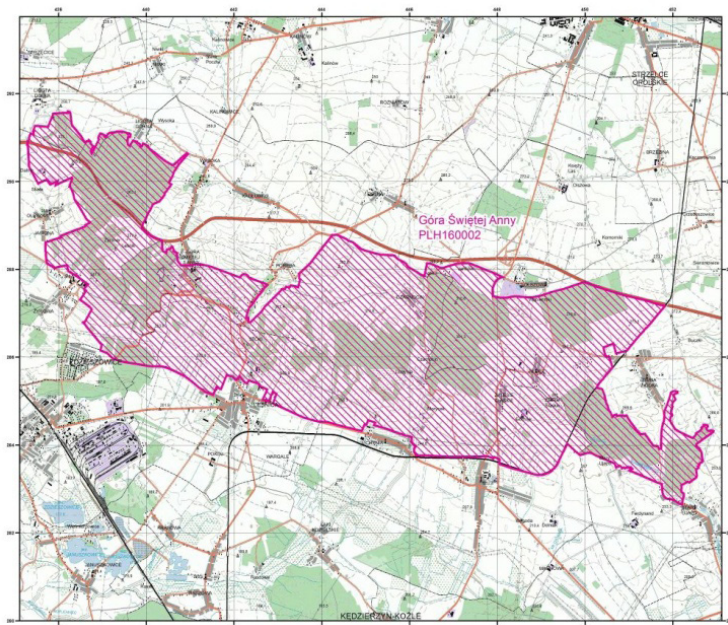
Dla realizacji autostrady Wojewoda Opolski wydał w 1996 r. decyzję lokalizacyjną, a w 1997 roku pozwolenie na budowę, które poprzedzone było Postanowieniem Wojewody uzgadniającym projekt budowlany A-4 w zakresie oddziaływania na środowisko na podstawie ówczesnie obowiązujących przepisów prawa, w tym wykonanej przez instytucję wskazaną przez Wojewodę „Oceny oddziaływania na środowisko autostrady A-4”. W decyzji wojewody, oprócz szeregu zapisów dotyczących różnych rozwiązań chroniących środowisko (ekrany, separatory, szczelne rowy, itp.), były zapisy dotyczące przesadzenia gatunków roślin objętych ochroną rosnących w pasie autostrady, na obszarze Parku Krajobrazowego Góra Świętej Anny. Autostrada przebiega przez park krajobrazowy na długości ok. 6 km, w tym przez obszar zalesiony na długości ok. 1,5 km, a na dalszym odcinku przez pola uprawne. Był również nałożony obowiązek monitorowania udatności przesadzeń oraz monitoring autostrady po oddaniu do użytkowania, obejmujący również aspekty przyrodnicze, prowadzony w latach 2002-2007. Przeprowadzony monitoring wykazał, że dobrze zaprojektowana i realizowana budowa z właściwie realizowanymi zaleceniami w odniesieniu do elementów przyrody, w tym przesadzeniami roślin chronionych, nie powoduje nieodwracalnych strat dla środowiska dotyczących zanikania gatunków roślin, a niekiedy stwarza nowe, korzystne warunki dla rozwoju niektórych gatunków, o czym jest mowa w dalszej części referatu.

W 1998 r. przedstawiciele kilku organizacji ekologicznych podjęli, głośno w Polsce, protesty społeczne. Kością niezgody stał się jej odcinek przecinający Park Krajobrazowy Góra Świętej Anny, bezpośrednio sąsiadujący również ze ściśłym rezerwatem przyrody Ligota Dolna, chroniącym rzadką roślinność ciepłolubną. Na etapie decyzji lokalizacyjnej rozważane były dwa inne warianty omijające park krajobrazowy od południa lub północy, ale miejscowa społeczność i samorządy odrzuciły te warianty argumentując, m.in., że w latach 30. XX w. odebrano im pola uprawne pod budowę autostrady (często bez uregulowania stanu prawnego i należnej zapłaty), więc nie pozwolą, aby im odbierać kolejne tereny (warianty biegły po gruntach rolnych wysokiej klasy i były dłuższe o 40 % od istniejącego przebiegu). W rejonie parku krajobrazowego autostrada została wybudowana w parametrach

docelowych, tj. po 3 pasy ruchu w każdym kierunku. Wybudowane także zostały MOP-y Wysoka i Góra Świętej Anny, które cieszą się dużą popularnością z uwagi na piękne widoki.

## 2. Charakterystyka Parku Krajobrazowego Góra Świętej Anny w rejonie autostrady A-4

Ekologiczny system wieloprzestrzennych obszarów chronionych województwa opolskiego utworzony został w 1988 r. Powołano wówczas dwa parki krajobrazowe - Park Krajobrazowy Góry Opawskie i Park Krajobrazowy Góra Świętej Anny oraz 7 obszarów chronionego krajobrazu. Park Krajobrazowy Góra Świętej Anny to jedno z niewielu miejsc w Polsce, gdzie walory przyrodnicze i kulturowe splatają się w jedno, stanowiąc krajobraz tak urzekająco piękny i niepowtarzalny. Park ten obejmuje Chełm, tj. zachodnią część Wyżyny Śląskiej, stanowiący próg strukturalny. Najwyższym jego wzniesieniem, a zarazem całej Wyżyny Śląskiej jest Góra Świętej Anny (400 m n.p.m.). Rdzeń tego wulkanicznego wyniesienia stanowi bazaltowy słup skalny, będący ujściem magmy do krateru wulkanu, znajdującego się prawdopodobnie w pobliżu bazyliki św. Anny, w której sąsiedztwie widoczne są do dnia dzisiejszego naturalne wychodnie zastygłej lawy w postaci bazaltowych słupów. Powodem obniżenia wulkanu jest trwająca po dziś dzień naturalna erozja skał. Na szczycie i stokach wzniesienia znajduje się sanktuarium św. Anny wraz z zespołem klasztornym i niezwykle malowniczą kalwarią składającą się z 3 dużych i 30 małych kaplic. Na jednej z nich znajduje się tablica wykonana z wapienia muszlowego, zapewne z tutejszego kamieniołomu, informująca o rozpoczęciu budowy kalwarii 27 maja 1700 r. [4].



Rys. 1. Przebieg autostrady A4 na terenie obszaru Natura 2000 Góra Świętej Anny.

W okolicach Góry Świętej Anny znajduje się wiele nieczynnych kamieniołomów. W jednym z nich utworzono rezerwat geologiczny Góra Świętej Anny. Obejmuje on część nieczynnego kamieniołomu bazaltu i wapienia i stanowi atrakcyjną ilustrację budowy geologicznej tych okolic. Jest to jeden z najciekawszych tego typu rezerwatów w Polsce. Obszar ten już na początku XX w. był również chroniony na prawach rezerwatu. Na dnie kamieniołomu zachował się krater dawnego wulkanu, na krawędziach którego łatwo można zauważyć odsłonięte styki różnych skał, zarówno osadowych jak i wylewnych oraz słupy bazaltowe o grubości sięgającej do 30 cm. Pod wpływem rozżarzonej lawy występujące tu zielonkawe piaskowce zabarwiły się na czerwono. W kamieniołomie znajduje się również interesujący pod względem geologicznym stożek tufów wulkanicznych. Jest on również pozostałością po wybuchu wulkanu. Tworzą go wyrzucone podczas erupcji pyły i bomby wulkaniczne o wrzecionowatym kształcie i brunatnoczerwonym zabarwieniu, które są niewielkimi fragmentami zastygłej w powietrzu lawy. Na terenie kamieniołomu można spotkać również ślady powulkanicznej działalności gorących roztworów hydrotermalnych. Jednym z najciekawszych przejawów tej działalności jest największa w Polsce buła jaspisowa o długości 2 m. Jaspis to ozdobna skała osadowa zbudowana głównie z kwarcu i zabarwiona związkami żelaza na zielono, żółto, brunatno lub najczęściej czerwono. W Polsce jaspis występuje w Niedźwiedziej Górze koło Krzeszowic oraz na Dolnym Śląsku m.in. w okolicach Wałbrzycha i Nowej Rudy [7].

Specyficzne warunki glebowe oraz odrębność klimatyczna miały decydujący wpływ na kształtowanie się szaty roślinnej tego parku krajobrazowego. Lasy, tak powszechne dawniej, dzisiaj zajmują zaledwie 21% ogólnej powierzchni parku. Są one niejednolite i silnie porozcinane polami uprawnymi. Pod względem przyrodniczym są jednak nadal urozmaicone i bardzo interesujące. Spotyka się tu drzewostany bukowe, iglaste oraz mieszane. Najbardziej cenne przyrodniczo obszary leśne objęto ochroną rezerwatową. Utworzono tu rezerваты leśne; chroniące buczyny: Lesisko, Boże Oko, Grafik i Biesiec, wyżej wspomniany rezerwat geologiczny Góra Świętej Anny oraz ścisły rezerwat florystyczny Ligota Dolna. Częściowo na terenie parku krajobrazowego powstał obszar Natura 2000 Góra Świętej Anny. W 2004 r. decyzją Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej Górę Świętej Anny - kompowany krajobraz kulturowo-przyrodniczy uznano za pomnik historii.

### **3. Ocena działań proprzyrodniczych**

Do budowy opolskiego odcinka autostrady A-4 przystąpiono latem 1997r. Mija już 14 lat, od kiedy oddano ją do użytku. Z punktu widzenia ochrony przyrody negatywne oddziaływanie autostrady należy rozpatrywać w dwóch aspektach. Pierwszy to sprawa podzielenia ekosystemów, głównie leśnych i stworzenia liniowej bariery ekologicznej dla zwierząt. Autostrada jest na całej długości, ze względów bezpieczeństwa podróżujących, ogrodzona siatką. Stąd też dla migracji zwierząt zostały zbudowane w pobliżu ich naturalnych tras tunele dla drobnych przedstawicieli świata zwierzęcego oraz przejścia dla większych ssaków nad autostradą. Drugi aspekt negatywnego wpływu autostrady na środowisko przyrodnicze to sprawa zniszczeń stanowisk chronionych i rzadkich gatunków roślin oraz interesujących zbiorowisk roślinnych, których największe nagromadzenie znajdowało się na terenie Parku Krajobrazowego Góra Świętej Anny. Na trasie autostrady, przed jej

budową, znajdowały się stanowiska chronionego dziewięciśiła bezłodygowego *Carlina acaulis*, orlika pospolitego *Aquilegia vulgaris*, wawrzynka wilczytęko *Daphne mezereum* [13] oraz bardzo rzadkiego w Polsce lnu austriackiego *Linum austriacum* [11, 12, 13, 1] (Fot. 1).



Fot. 1. Len austriacki *Linum austriacum* w pasie autostrady A4. (Fot. Krzysztof Spałek)

Len austriacki jest gatunkiem pontyjskim. Występuje przede wszystkim od południowej Francji po Morze Kaspijskie i Azję Mniejszą oraz wybrzeża Morza Śródziemnego. W Polsce był odnajdywany na nielicznych stanowiskach w południowej i północnej części kraju. Za naturalne uważa się jedynie jego stanowiska z okolic Przemysła [9]. Natomiast w województwie opolskim, gdzie notowany był w okolicach Ligoty Dolnej i pobliskiej Oleszce, mają one najprawdopodobniej charakter synantropijny [2, 11, 12, 13, 1]. Siedliska zajmowane przez len austriacki na Śląsku Opolskim wskazują na jego synantropijny charakter w tym regionie. W Ligocie Dolnej został on po raz pierwszy odnaleziony w murawach porastających stare niemieckie wykopy pod autostradę z lat 30. XX w. [11, 12]. Przed budową autostrady stanowisko to liczyło kilka tysięcy osobników i było najliczniejszym w Polsce [12]. Większość osobników lnu austriackiego oraz pozostałych gatunków roślin objętych ochroną została przed rozpoczęciem prac budowlanych przesadzona, z pozytywnym skutkiem, w podobne siedliska, zlokalizowane w najbliższym sąsiedztwie autostrady. Przed budową autostrady w jej pasie dominowały przede wszystkim zbiorowiska zaroślowe, głównie ekspansywne na tym terenie zarośla ligustru i tarniny *Pruno-Ligustrum*. Dzięki ich usunięciu zmalała ekspansja ligustru



pospolitego *Ligustrum vulgare* i śliwy tarniny *Prunus spinosa* na terenach sąsiadujących z autostradą.



Fot. 2. Murawy kserotermiczne w pasie autostrady. (Fot. Krzysztof Spałek)

W latach 2011-2013 na terenie pasów autostrady A4 w granicach Parku Krajo-  
brazowego Góra Świętej Anny przeprowadzono szczegółowe badania mikologiczne,  
geobotaniczne, florystyczne i faunistyczne. W ich wyniku, na wysokości Ligoty Dol-  
nej, stwierdzono występowanie muraw kserotermicznych z klasy *Festuco-Brometea*  
(Fot. 2). Są to zbiorowiska ciepłolubnych muraw o charakterze stepowym rozpo-  
wszechnione w południowo-wschodniej i południowej Europie. Warunkiem wystę-  
powania tych muraw jest suche podłoże o odczynie zasadowym, zasobnym w wapń  
[5]. W murawach tych stwierdzono występowanie wielu rzadkich i chronionych  
gatunków roślin notowanych przed budową autostrady oraz gatunków nowych,  
wcześniej tu nie stwierdzonych. Część z gatunków roślin stwierdzonych w pasie au-  
tostrady A-4 wymieniona jest w „Czerwonej liście roślin naczyniowych zagrożonych  
w Polsce” [16] (skrót PL) oraz wojewódzkiej czerwonej liście roślin zagrożonych  
w województwie opolskim [8] (skrót O). Na liście krajowej rośliny podzielono  
w zależności od stopnia zagrożenia na 5 kategorii: Ex - wymarłe i prawdopodobnie  
wymarłe, E – wymierające, V – narażone, R - rzadkie, I - o nieokreślonym zagro-  
żeniu. Na liście regionalnej i wojewódzkiej stopnie zagrożenia gatunków podano  
w postaci nowych symboli literowych, wyróżniając w ten sposób 7 kategorii zagroże-  
nia [3]. Są to: RE - wymarłe w regionie, CR - krytycznie zagrożone, EN – zagrożone,  
VU – narażone, NT - bliskie zagrożeniu, LC - niższego ryzyka, DD - o danych niedo-  
statecznych. Nazewnictwo gatunków przyjęto według Mirka i in. [6], a systematykę

i nazewnictwo syntaksonów roślinnych przyjęto według Matuszkiewicza [5].

Bardzo licznie spotykany na tym odcinku autostrady A-4 jest len austriacki, którego populacja liczy obecnie kilka tysięcy osobników, czyli mniej więcej tyle samo, co przed budową autostrady. Chociaż len austriacki jest w województwie opolskim najprawdopodobniej antropofitem, to jednak zadomowił się tu dość dobrze i wykazuje zdolność do opanowywania nowych siedlisk. Świadczy o tym fakt, że po zniszczeniu starych wykopów podczas budowy autostrady nie wyginął, lecz rozprzestrzenił się na nowe skarpy. W pasie autostrady stwierdzono również występowanie pojedynczych osobników gatunków chronionych notowanych na tym terenie przed jej budową: dziewięcisiła bezłodygowego *Carlina acaulis* (O-LC) i orlika pospolitego *Aquilegia vulgaris* (O-VU). Występują tam również nowe interesujące gatunki murawowe: dąbrowka kosmata *Ajuga genevensis* (O-LC), głowienka wielkokwiatowa *Prunella grandiflora* (O-CR), kostrzewa bruzdkowana *Festuca rupicola* (O-VU), pajęcznica gałęzista *Anthericum ramosum* (O-NT), skalnica trójpalczasta *Saxifraga tridactylites* (O-EN), marzanka pagórkowa *Asperula cynanchica* (O-VU), krwawnik pannoński *Achillea pannonica* (O-VU), szaflwia łąkowa *Salvia pratensis* (O-NT) oraz driakiew wonna *Scabiosa canescens* (O-VU). Na badanym odcinku autostrady pojedynczo występują trzy rzadkie gatunki segetalne z klasy *Stellarietea mediae*: kurzyślad błękitny *Anagalis foemina* (PL-V, O-EN), złoć polna *Gagea arvensis* (PL-E, O-VU) i złoć łąkowa *Gagea pratensis* (PL-V, O-NT). Antropogeniczne nitrofilne zbiorowiska pól uprawnych z *Stellarietea mediae* stanowią wyodrębnioną grupę ekosystemów, powstających spontanicznie w warunkach skrajnej antropopresji [4] i należą do dominujących zbiorowisk roślinnych zlokalizowanych w sąsiedztwie autostrady A-4 na obszarze Parku Krajobrazowego Góra Świętej Anny.

Zbiorowiska muraw kserotermicznych z klasy *Festuco-Brometea* występujące w pasie autostrady A-4 w okolicach Ligoty Dolnej, ze względu na skład gatunkowy należy zaliczyć do związku *Cirsio-Brachypodium pinnati*, do którego należą zwarte murawy z przewagą traw tworzących darnie i licznym udziałem roślin dwuliściennych. Występują głównie na glebach rędzinowych i zajmują suche, południowe, silnie nasłonecznione stoki. W Europie Środkowej należą zazwyczaj do zbiorowisk półnaturalnych, utrzymującymi się tylko dzięki ekstensywnemu wypasaniu i przekształcającymi się, po zaniechaniu wypasu, na drodze naturalnej sukcesji, w zbiorowiska zaroślowe, a następnie leśne [5]. W pasie autostrady A-4 na odcinku opolskim zbiorowiska te są corocznie wykaszane w okresie jesiennym, po zakończeniu wegetacji wszystkich gatunków roślin, stąd też istnienie muraw kserotermicznych na tym stanowisku nie jest jak dotychczas zagrożone. Warto również podkreślić, że jest to jedyne stanowisko muraw kserotermicznych z klasy *Festuco-Brometea* z tak licznym miejscem występowania rzadkich i ginących gatunków roślin w pasie autostrady w Polsce.

W kilku miejscach w okolicach Ligoty Dolnej, celowo zostały pozostawione w pasie autostrady wychodnie skał wapiennych (Fot. 3), na których pojawiły się zbiorowiska szczelin skalnych z klasy *Asplenietea rupestris*, które w Polsce należą do siedlisk słabo zbadanych [5].





Fot. 3. Pozostawione w pasie autostrady wychodnie skał wapiennych. (Fot. Krzysztof Spałek)

Stwierdzono w nich gatunki roślin naskalnych, m.in. paprocie zanokcicę murową *Asplenium ruta-muraria* i paprotnicę kruchą *Cystopteris fragilis* oraz rozchodnika ostrego *Sedum acre*, należącego do grupy sukulentów. W sąsiedztwie wychodni skał wapiennych odkryto stanowisko bardzo rzadkiego w Polsce gwiazdosza trójdzielnego *Geastrum triplex* (Fot. 4), opisanego w Polsce z nielicznych stanowisk [15].



Fot. 4. Gwiazdosz trójdzielny *Geastrum triplex*. (Fot. Krzysztof Spałek)

W województwie opolskim gatunek ten występuje również bardzo rzadko [14]. Owocniki tego gatunku grzyba składają się z kulistej okrywy wewnętrznej i okrywy zewnętrznej pękającej na 4 do 8 grubych ramion, rozchylające się gwiazdkowato w miarę dojrzewania. Grzyb ten wyrasta pojedynczo lub gromadnie w miejscach zacienionych, na glebie bogatej w humus, w parkach, lasach liściastych i mieszanych oraz na skałach wapiennych [10].

W pasach autostrady A-4 stwierdzono również występowanie interesujących gatunków zwierząt. Licznie występują tu barwne, a zarazem lokalnie rzadkie motyle zwabione bogactwem kwiatów, m.in. paź królowej *Papilio machaon*, modraszka malczyk *Cupido minimus* i mieniak strużnik *Apatura ilia*. W okolicach Ligoty Dolnej na wychodniach skał wapiennych stwierdzono występowanie padalca zwyczajnego *Anguis fragilis* w bardzo rzadkiej odmianie turkusowej, która charakteryzuje się występowaniem na grzbiecie licznych jaskrawo niebieskich plam.

#### 4. Wnioski

Przed budową autostrady A-4 w jej pasie dominowały przede wszystkim zbiorowiska zaroślowe, głównie ekspansywne na tym terenie zarośla ligustru i tarniny *Pruno-Ligustretum*. Podczas obecnych badań stwierdzono w ich miejscu występowanie cennych pod względem przyrodniczym muraw kserotermicznych z klasy *Festuco-Brometea*. Dzięki przeprowadzonym działaniom przyrodniczym na tym odcinku autostrady występują liczne rzadkie i chronione gatunki grzybów, roślin oraz zwierząt, w tym najliczniejsze w Polsce stanowisko lnu austriackiego *Linum austriacum*, którego populacja liczy obecnie kilka tysięcy osobników, czyli mniej więcej tyle samo, co przed budową autostrady.

Jest to również jedyne stanowisko muraw kserotermicznych z klasy *Festuco-Brometea*, z tak licznymi stanowiskami rzadkich i ginących gatunków roślin w pasie autostrady w Polsce. Celowo pozostawione w pasie autostrady wychodnie skał wapiennych, na których pojawiły się zbiorowiska szczelin skalnych z klasy *Asplenietea rupestris* należą również do niezwykle rzadkich przypadków w skali kraju. Ze względu na pojawianie się na trasie autostrady wielu interesujących gatunków roślin i zwierząt, wydaje się celowe utworzenie monitoringu przyrodniczego, który mógłby dostarczyć wielu cennych informacji dotyczących wpływu autostradowego ruchu samochodowego na okoliczną florę i faunę. Z wiedzy tej mogliby korzystać nie tylko budowniczowie kolejnych autostrad w Polsce, ale również szerokie grono zainteresowanych naukowców.

Bogactwo roślinności w pasie autostrady A-4 na jej przebiegu przez Park Krajobrazowy Góra Świętej Anny po 14 latach jej eksploatacji wskazuje, że właściwie przeprowadzone działania przyrodnicze na etapie przygotowania inwestycji drogowej (inventaryzacja, przeniesienie cennych gatunków roślin na stanowiska zastępcze), właściwa realizacja inwestycji oraz jej eksploatacja z uwzględnieniem uwarunkowań przyrodniczych nie powoduje nieodwracalnych strat dla środowiska dotyczących zanikania gatunków roślin, a niekiedy stwarza nowe, korzystne warunki dla rozwoju niektórych gatunków.

## Literatura

- [1] Babczyńska-Sendek B., Spałek K. *Len austriacki - Linum austriacum L.*, w: *Czerwona księga roślin województwa opolskiego. Rośliny naczyniowe wymarłe, zagrożone i rzadkie.* (eds. Nowak A., Spałek K.) Opol. Tow. Przyj. Nauk, Opole 2002, s. 60.
- [2] Celiński F., Rostański K., Sendek A., Wika S., Cabała S. *Nowe stanowiska rzadkich roślin naczyniowych na Górnym Śląsku i terenach przyległych.* Cz. III. Zeszyty Przyrodnicze OTPN 16 (1976) 15–31.
- [3] Głowaciński Z. *Nowe kategorie IUCN/WCU dla gatunków zagrożonych i ginących.* *Chrońmy Przyr. Ojcz.* 53,1 (1997) 60–66.
- [4] Kudyba T., Spałek K. *Opolskie wędrówki krajoznawcze.* tressFILM & Oficyna Piastowska, Opole, 2008.
- [5] Matuszkiewicz W. *Przewodnik do oznaczania zbiorowiska roślinnych Polski.* Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2007.
- [6] Mirek Z., Piękoś-Mirkowa H., Zając A., Zając M. *Flowering plants and pteridophytes of Poland. A checklist.* *Biodiversity of Poland* 1 (2002) 9–442.
- [7] Niedźwiecki R., Zarankiewicz M. *Zanim Góra św. Anny wynurzyła się z morza. Skamieniałości, jaskinie i drogie kamienie wokół sanktuarium św. Anny.* Studio Graphito, Góra św. Anny, 2007.
- [8] Nowak A., Nowak S., Spałek K. *Red list of vascular plants of Opole province - 2008.* *Nature Journal* 41 (2008) 141–158.
- [9] Piórecki J., Kazimierzczakowa R. *Linum austriacum L. - len austriacki*, w: *Polska czerwona księga roślin.* (eds. Kazimierzczakowa R., Zarzycki K.) Instytut Botaniki PAN, Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków 2001, s. 233-235.
- [10] Rudnicka-Jeziarska W. *Flora Polski. Grzyby (Mycota). Purchawkowate (Lycoperdales) T. 23.* Polska Akademia Nauk, Instytut Botaniki, Kraków, 1991.
- [11] Sendek A. *Nowy gatunek we florze Śląska - Linum austriacum L. w woj. opolskim.* *Zeszyty Przyrodnicze OTPN* 17 (1977) 39–43.
- [12] Spałek K. *Stanowisko lnu austriackiego Linum austriacum koło Ligoty Dolnej na Wyżynie Śląskiej.* *Chrońmy Przyr. Ojcz.* 52,2 (1996) 103–105.
- [13] Spałek K. *Chronione i rzadkie gatunki roślin naczyniowych na trasie autostrady A-4 w województwie opolskim.* *Przyroda i Człowiek* 7 (1997). 177-183.
- [14] Spałek K., Nowak A. *Geastrum triplex Jungh. (Lycoperdales) na Śląsku Opolskim.* *Natura Silesiae Superioris* 2 (1998) 23–25.
- [15] Wojewoda W. 2003. *Checklist of Polish larger Basidiomycetes, w: Biodiversity of Poland.* (ed. Mirek Z.) 7. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków 7: 1–812.
- [16] Zarzycki K., Szeląg Z. *Czerwona lista roślin naczyniowych w Polsce, w: Czerwona lista roślin i grzybów Polski.* (eds. Mirek Z., Zarzycki K., Wojewoda W., Szeląg Z.) Inst. Botaniki im. W. Szafera, PAN, Kraków 2006, s. 9-20.

## Natural assets in the right-of-way of A-4 Motorway in the Góra Świętej Anny Landscape Park, Opole Region

Krzysztof Spałek<sup>1</sup>, Maria Mleczko-Król<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Chair of Biosystematics, University of Opole, e-mail: kspalek@uni.opole.pl

<sup>2</sup>General Directorate for National Roads and Motorways Division in Opole,  
e-mail: mmleczko@gddkia.gov.pl

**Abstract:** Construction of the A-4 Motorway section in the Opole Region begun in Summer 1997. Very soon vigorous resistance of ecological NGOs was encountered. The bone of contention was the section of motorway that passes through the Góra Świętej Anny Landscape Park and verges the natural reserve of strict protection Ligota Dolna where rare species of thermophilic plants are sheltered. Between 2011 and 2013 a detailed mycological, geobotanical, floristic and fauna research took place within the right-of-way of the A-4 Motorway section crossing the Góra Świętej Anny Landscape Park in the Opole Region. The survey revealed several rare and protected species of fungi, plants and animals along the road, including the greatest in Poland population of Austrian flax *Linum austriacum*. The area also harbors the only site of xerothermic grass of *Festuco-Brometea* class with so many rare and putrefying plant species inside a motorway's right-of-way in Poland. Given the occurrence of many interesting species of plants and animals in the motorway surrounding it seems justified to establish a system of ecological monitoring, which could provide a range of valuable findings regarding the impact of motorway traffic on surrounding flora and fauna. This knowledge would be very useful for all those involved in construction of next motorways in Poland as well as for a wide circle of interested researchers.

**Keywords:** A-4 Motorway, Góra Świętej Anny Landscape Park, Opole Region, natural assets, rare and protected species.



# **Wizualizacja, modelowanie i analizowanie przestrzeni transportu miejskiego w aspekcie estetycznym**

**Lidia Żakowska**

*Zakład Transportu, Instytut Zarządzania w Budownictwie i Transporcie  
Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Krakowska*

**Streszczenie:** Autorka formułuje tezę, iż ochrona środowiska otaczającego przestrzeń transportu drogowego obejmuje działania wspomagające estetykę tej przestrzeni i prowadzące do poprawy jej odbioru wizualnego. Nurt ochrony środowiska transportu poprzez dbałość o jego walory wizualne to rozwijające się pole badań w środowiskach naukowych i branżowych zainteresowanych problematyką zrównoważonego rozwoju transportu. Autorka referatu przedstawia swe rozważania dotyczące ocen estetyki na bazie metod wizualizacji, zarówno w klasycznym ujęciu dwuwymiarowej perspektywy linearnej, jak i w formie inteligentnych czterowymiarowych cyfrowych modeli wirtualnej przestrzeni. Przedstawiono charakterystyki wizualizacji przestrzeni transportu i jej percepcji w aspekcie estetyki, określono zakres i perspektywy nauki wizualizacji, w końcu podjęto próbę określenia kierunku rozwoju wizualizacji w transporcie miejskim.

**Słowa kluczowe:** Estetyka, wizualizacja, środowisko, transport miejski, infrastruktura.

## **1. Wstęp**

Zagadnienia wizualizacji przestrzeni dla analiz estetyki i ochrony środowiska są zbieżne i pozostają w relacji ze sobą. Współzależności występujące pomiędzy parametrami estetyki i ochrony środowiska są zwykle obustronne, skoro np. obiekty infrastruktury transportu postrzegane jako nie zharmonizowane z otoczeniem, brzydkie lub o niskim poziomie estetyki, zaśmiecają środowisko, a zaśmiecone środowisko transportu jest postrzegane jako nieestetyczne. Można zatem sformułować tezę, że ochrona środowiska otaczającego przestrzeń transportu drogowego obejmuje działania wspomagające estetykę tej przestrzeni i prowadzące do poprawy jej odbioru wizualnego. Nurt ochrony środowiska transportu poprzez dbałość o jego walory wizualne to rozwijające się pole badań naukowych i wdrożeń, propagowane coraz częściej na forum międzynarodowych spotkań inżynierskich organizacji naukowych i branżowych zainteresowanych problematyką zrównoważonego rozwoju transportu. Autorka referatu przedstawia swe rozważania dotyczące ocen estetyki na bazie metod wizualizacji, zarówno w klasycznym ujęciu dwuwymiarowej perspektywy linearnej, jak i w formie inteligentnych czterowymiarowych cyfrowych modeli wirtualnej przestrzeni.



## 2. Wizualizacja dla analiz przestrzeni

Estetyka w procesie projektowania i zagospodarowania przestrzeni transportu drogowego jest zagadnieniem uznanym już za ważne, choć nie łatwe, a to z uwagi jego interdyscyplinarność i wielokryterialność. Intuicyjne rozwiązania stosowane do niedawna w praktyce, pomimo braku jednoznacznych kryteriów czy wytycznych, zastępowane są w ostatnich latach metodami opartymi na naukowej bazie wiedzy z zakresu wizualizacji, restytucji i analizy przestrzeni. Taki zwrot w podejściu do estetycznego kształtowania przestrzeni transportu jest możliwy dzięki rozwojowi nauki wizualizacji, wykorzystującej techniki komputerowe do tworzenia i analizowania obrazu.

Wizualizacja, modelowanie i analizowanie przestrzeni transportu obejmują:

- tworzenie graficznego i matematycznego modelu obrazu perspektywicznego przestrzeni z punktu widzenia użytkowników dróg (kierowców pojazdów i pasażerów, rowerzystów i pieszych),
- odtwarzanie (restytucja) miarowych parametrów elementów trójwymiarowej przestrzeni na podstawie dwuwymiarowych obrazów,
- analizowanie kompleksowego obrazu przestrzeni obserwowanej przez kierowcę lub pasażera w czasie jazdy, wraz z ilościowymi parametrami projektowymi drogi oraz z jakościowymi charakterystykami jej otoczenia,
- modelowanie i analizowanie ruchomego, dynamicznego obrazu drogi i jej otoczenia dla badań relacji walorów wizualnych obrazu od prędkości jazdy i postreganego bezpieczeństwa,
- modelowanie wirtualnej przestrzeni projektowanej infrastruktury transportu dla oceny jakości wizualnej inwestycji i jej otoczenia, szeroko rozumianej estetyki i ochrony naturalnego krajobrazu, a więc ochrony środowiska.

## 3. Walory estetyki i jakość wizualna

Utworzenie estetycznej przestrzeni transportu drogowego, zgodnej z percepcyjnymi uwarunkowaniami jej użytkowników, wymaga zaadoptowania i wprowadzenia do procesu planowania transportu oraz projektowania i utrzymania infrastruktury, wiedzy z pogranicza wizualizacji i percepcji [8].

Można wyróżnić trzy ważne cechy inżyniera niezbędne w procesie kreatywnego projektowania przestrzeni charakteryzującej się wysokim poziomem walorów estetyki. Są to:

- *wyobraźnia* przestrzenna,
- *wiedza* z zakresu estetyki, geometrii i grafiki inżynierskiej, percepcji i wizualizacji przestrzeni oraz metod komputerowego wspomaganie projektowania, wreszcie najważniejsza
- *intuicja* twórcza.

Wiedza jest tu nieodzownym obszernym narzędziem, jednak nie wystarczającym. Wyobraźnia przestrzenna oraz intuicja twórcza wydają się być równie ważne co wiedza, a niedoceniane w procesie kształcenia. Słynne słowa Einsteina „*wyobraźnia jest ważniejsza od wiedzy*” znajdują uzasadnienie w twórczości projektowej.

## 4. Podstawy nauki wizualizacji

Wizualizacja jest najbardziej efektywną metodą wspomagającą nie tylko proces koordynacji przebiegu przestrzennego dróg, lecz również harmonizacji infrastruktury transportu z otoczeniem [9]. Narzędziem dostępnym w ręku projektanta jest trójwymiarowa wizualizacja wbudowana w systemy CAD, która umożliwia natychmiastowy podgląd i szybką ocenę zależności pomiędzy elementami projektowanej i istniejącej przestrzeni.

Jesteśmy świadkami, dzięki powszechnemu zapotrzebowaniu a także dzięki rozwojowi grafiki inżynierskiej i inteligentnych systemów transportowych umożliwiających operowanie dużymi bazami danych, procesu powstawania nowej dziedziny nauki o nazwie *wizualizacja w transporcie*. Nauka wizualizacji ma filozoficzne podstawy, jest istotna, odrębna od innych dyscyplin i definiowalna, a określić ją można opisowo jako *studia procesu mentalnego tworzenia się obrazów*. Zakres przedmiotowy nauk wizualnych [1] obejmuje co najmniej trzy podstawowe obszary wiedzy, a mianowicie:

1. poznanie przestrzenne,
2. kreowanie wyobrażeń,
3. geometrię.

Przestrzenne poznanie (*spatial cognition*) to istotny element procesu poznawczego, obejmujący spostrzeganie (percepcję), zapamiętywanie i odtwarzanie z pamięci oraz tworzenie i przetwarzanie obrazów przestrzennych. Na poznanie przestrzenne składa się rozumienie zależności pomiędzy statycznymi i dynamicznymi obiektami w przestrzeni, porządkowanie obiektów i zdarzeń, grupowanie obiektów, umiejętność manipulowania (dokonywania transformacji i rotacji), konstruowania i interpretowania obrazów w umyśle obserwatora.

Kreowanie wyobrażeń (*imaging*) to proces obejmujący tworzenie i przetwarzanie pomysłów obejmujący wiedzę niezbędną przy tworzeniu łatwych w zapisie i w odczycie obrazów, a więc dotyczącą teorii kolorów, teorii rzutowania, animacji, zasad projektowania graficznego, fotografii i technik filmowych, grafiki komputerowej, teorii światła itp.

Geometria to gałąź matematyki najogólniej zajmująca się własnościami i współzależnościami elementów w przestrzeni (opisanej za pomocą punktów, prostych, płaszczyzn, powierzchni, figur i brył), niezbędna nie tylko w projektowaniu inżynierskim, ale także we wszystkich dziedzinach sztuk pięknych i rzemiosła, związanych z tworzeniem obrazów graficznych.

Tak określone nauki wizualne otwierają drogę dla szerokiego zakresu interdyscyplinarnych badań naukowych, obok prowadzonych badań w wąskich obszarach wiedzy, wyróżnionych powyżej. Aktualnie prowadzone są badania w każdym z obszarów, jednak nie zmierzają one do jednego wspólnego celu, jakim jest postęp nauk wizualnych. Należy oczekiwać, że formalne utworzenie nowej dyscypliny przyczyni się do zogniskowania podejścia badawczego w kierunku poszukiwania nowych obszarów wiedzy, ich opisu i zastosowań oraz umocnienia wizualizacji jako nauki.

Rozpoznanie wpływu wizualizacji na procesy poznawcze i twórcze człowieka skłania do stwierdzenia, że jesteśmy świadkami procesu tworzenia się nauki, stanowiącej w niedalekiej przyszłości podstawę rozwoju twórczego społeczeństw. Jedną z istotnych gałęzi tej nauki będzie niewątpliwie wizualizacja projektowania architektonicznego i inżynierskiego, a do najbardziej obiecujących zastosowań będzie można zaliczyć, zdaniem autorki [8], wizualizację w transporcie drogowym.

## 5. Modelowanie przestrzeni transportu miejskiego

Modelowanie obiektów przestrzennych w ruchu stanowiło temat rozważań wielu badaczy. Odmienność charakteru przestrzeni transportu drogowego od innych statycznych konstrukcji inżynierskich sprawiła, że rozwijane nowe metody zapisu przestrzeni w architekturze nie mogły być bezpośrednio stosowane jako poprawne w transporcie.

Zaawansowana grafika komputerowa stawia olbrzymie wymagania pamięci niezbędnej do przetwarzania ruchomych obrazów graficznych. Powstawały jednak, i nadal powstają, ze względu na rosnące potrzeby wykonywania analiz oddziaływania przyszłej inwestycji na środowisko, ale też na zachowania użytkowników i na ich bezpieczeństwo, coraz doskonalsze modele symulujące poruszanie się w wirtualnej przestrzeni, jak przejazd projektowaną drogą jako kierowca samochodu lub rowerzysta.

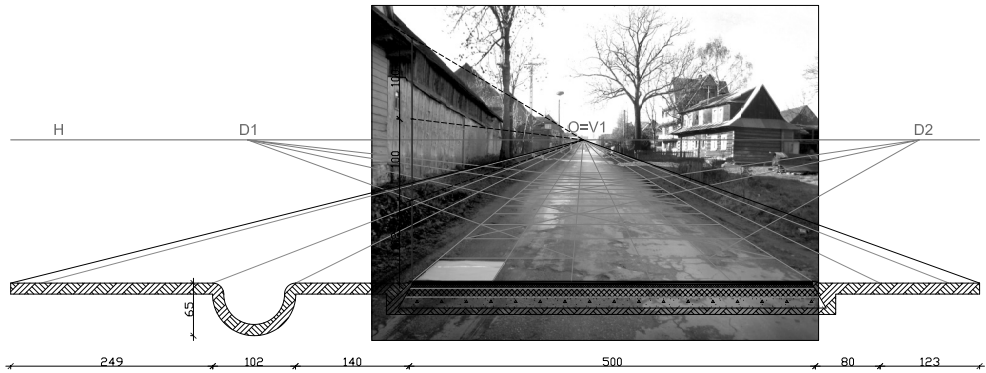
Śledzenie projektowanej przestrzeni transportu drogowego z punktu widzenia kierującego pojazdem (samochodem, rowerem) lub uczestniczącego w ruchu pasażera lub pieszego, otwiera możliwość dokonywania analiz i ocen porównawczych wariantów zagospodarowania otoczenia drogi, kształtowania zieleni przydrożnej, czy poczucia zagrożenia w projektowanym środowisku. Wirtualna przestrzeń może być prezentowana różnym grupom użytkowników tej przestrzeni w celu porównania ich zachowania i reakcji w rozważanych opcjach projektowych. Eksperti ochrony środowiska uzyskują możliwość prowadzenia analiz wizualnych w sposób ciągły, a nie tylko na etapach ukończonych faz projektowania, pozwalający bez dodatkowych kosztów sygnalizować problemy krajobrazowe, kulturowe, ekologiczne czy estetyczne.

## 6. Analiza estetyki na bazie modelu perspektywy

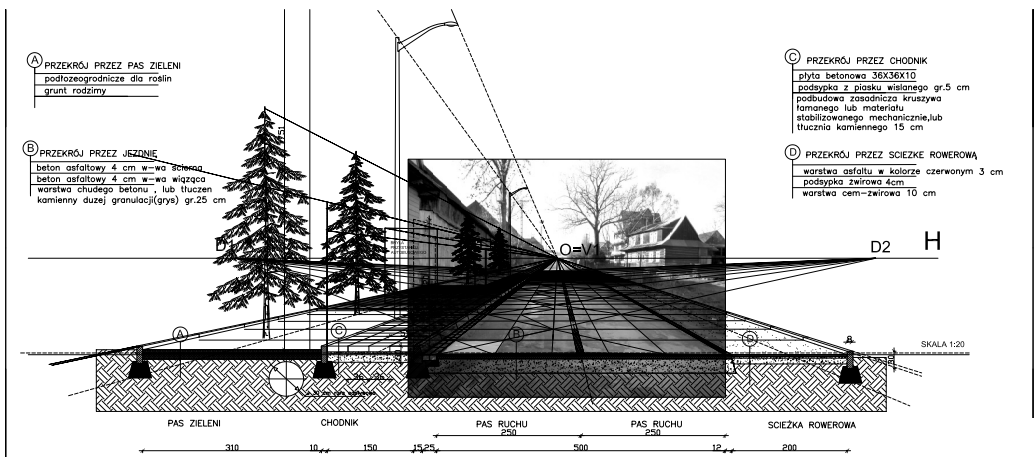
Przykładowy problem analizy estetyki dotyczy zdegradowanej przestrzeni wnętrza ulicy w niewielkim mieście Polski południowej. Analizę wykonano na podstawie dwuwymiarowych metod wizualizacji, znajdujących zastosowanie w rozwiązywaniu problemów punktowych miasta. Poniższe rysunki ukazują kolejno: fotografie stanu wyjściowego (rys.1); sposób opisywania wzorca perspektywy na zdjęciu oraz odczyt (restytucja) parametrów miarowych obrazu (rys.2); wprowadzenie interwencji w perspektywie linearnej w dwu wariantach (rys.3 i rys.4); wizualizacja zmian dla analizy estetyki (rys.5); wizualizacje zaprojektowanych elementów przestrzeni drogi i jej otoczenia, ukazane z punktu widzenia różnych użytkowników drogi (rys.6).



Rys. 1. Obraz drogi jako podstawa analizy estetyki – stan wyjściowy drogi w warunkach mokrej nawierzchni oraz w warunkach zimowych.

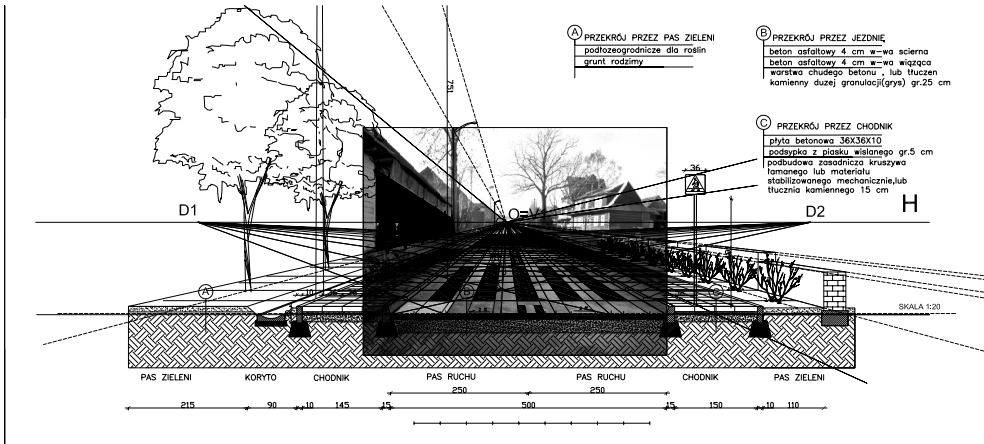


Rys. 2. Opisanie parametrów perspektywy i restytucja elementów obrazu drogi, z wykorzystaniem wzorca (kwadrat w płaszczyźnie poziomej 100x100 cm).



Rys. 3. Projektowanie w perspektywie linearniej na bazie restytucji zdjęcia drogi, wariant 1.





Rys. 4. Projektowanie graficzne w perspektywie linearnej wariantu 2 estetycznego rozwiązania.



Rys. 5. Wizualizacja projektowanych zmian na obrazie wyjściowym drogi, zapisana w perspektywie zgodnej z okiem obserwatora odczytanego dla obrazu stanu wyjściowego, przed interwencją.





Rys. 6. Wizualizacje zaprojektowanych elementów przestrzeni drogi i jej otoczenia, ukazane z punktu widzenia różnych użytkowników drogi.

## 7. Cyfrowe miasta – kierunek rozwoju wizualizacji w transporcie miejskim

Zrównoważony rozwój miast uwarunkowany jest dostępnością transportową.

Miasta i metropolie stoją przed problemem sprawnego zarządzania infrastrukturą transportu, poprzez zrównoważenie transportu miejskiego, promowanie multimodalności i zachowań proekologicznych wśród mieszkańców. Wzrastają wymagania dotyczące wiedzy o warunkach ruchu, co powoduje zbieranie w sposób ciągły informacji i tworzenie coraz większych baz danych. Problemem staje się zarządzanie bazami danych pochodzącymi z różnych źródeł i wykorzystywanie tych danych oraz informacji (6). Potoki danych cyfrowych spływają z wszystkich rodzajów infrastruktury. Przetwarzane w czasie rzeczywistym informacje ruchowe mogą stanowić bazę dla wizualizacji 4D [3] oraz analizowania ruchu i sprawniejszego zarządzania transportem miejskim [4, 5]. Wizualizacja jest najprostszym i najefektywniejszym narzędziem.



dziem, mogącym usprawnić proces projektowania, panowania i obsługi systemów transportowych oraz zrównoważenia transportu w miastach.

Podstawą do utworzenia system inteligentnego miasta jest trójwymiarowy cyfrowy model przestrzeni miasta wraz z jego infrastrukturą transportową i wszystkimi obiektami budowlanymi.

Rozważanym dziś problemem jest integracja technologii trójwymiarowego planowania i projektowania przestrzeni dla ich efektywnego zastosowania w zarządzaniu i sterowaniu cyfrowymi miastami. Wśród najważniejszych pozostałych do rozwiązania zagadnień szczegółowych wymienia się dziś [2] dwa, a mianowicie:

1. problem synchronizacji czasowej świata fizycznego z wirtualnym, reprezentowanym cyfrowym modelem obliczeniowym i symulowanym obrazem,
2. problem analiz estetycznych.

Analizy estetyki większych obszarów przestrzeni transportu miejskiego, jak wynika z najnowszych prac Komitetu Wizualizacji w Transporcie (VIS Transportation Research Board) [10], powinny bazować na modelu cyfrowym miasta i zaawansowanych metodach wizualizacji i symulacji.

## Literatura

- [1] Bertoline G. R., *Visual science: An emerging discipline, Journal for Geometry and Graphics*, Vol.2, No. 2, str.181-187, 1998.
- [2] Juri N., UT Austin, *Visualization Tools to Improve our Understanding of Transportation. 7th International Symposium Visualization in Transportation. Beckman Center of the National Academies of Sciences*. Irvine, California. TRB VIS, 2013.
- [3] Liapi, K.A., *4D visualization of highway construction projects. Information Visualization International Conference Proceedings*, 639-644. USA, 2003.
- [4] Miller J., *International Council on Clean Transportation, Visualizing the Effects of Policies: ICCT Global Transportation Plan. 7th International Symposium Visualization in Transportation. Beckman Center of the National Academies of Sciences. Irvine, California. TRB VIS, 2013.*
- [5] Nabors D., VHB, *The Use of Three Dimensional Visualization in the Road Safety Audit. 7th International Symposium Visualization in Transportation. Beckman Center of the National Academies of Sciences. Irvine, California. TRB VIS, 2013.*
- [6] Tung R., *Effective Visualization of Large Scale Dynamic Traffic Information. RST International, 7th International Symposium Visualization in Transportation. Beckman Center of the National Academies of Sciences. Irvine, California. TRB VIS, 2013.*
- [7] Williams J.R., *Challenges and Lessons Learned in Creating Driving Simulation Scenarios at FHWA Driving Simulator. 7th International Symposium Visualization in Transportation. Beckman Center of the National Academies of Sciences. Irvine, California. TRB VIS, 2013.*
- [8] Żakowska L., *Estetyka w projektowaniu dróg – jak i dlaczego?*, Krajowa Konferencja Ochrona Środowiska i Estetyka w Drogownictwie, Teoria i Praktyka, str.19-31, SITK Oddz. Lublin, 2000.
- [9] Żakowska L., *Wizualizacja w projektowaniu dróg. Aspekty bezpieczeństwa i estetyki. Zeszyty Naukowe Politechniki Krakowskiej, Seria Architektura nr 44, PK, 2001.*
- [10] [www.trbvis.org](http://www.trbvis.org) US Transportation Research Board TRB, Visualization in Transportation Committee VIS (dane z dnia 7.02.2014)

## **Visualization, modelling and analyzing of transport space in cities from the aspect of aesthetics evaluation**

**Lidia Żakowska**

*Zakład Transportu, Instytut Zarządzania w Budownictwie i Transporcie  
Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Krakowska*

**Abstract:** Author claims that protection of transport space environment covers all actions which enhance aesthetics of this space and which upgrades its visual properties. Protection of transport environment which is realized in a constant care of visual effect, creates a new approach to transport sustainable development research. The considerations on aesthetical evaluation in transportation are presented based on visualization methods, first at classical two-dimensional approach of linear perspective and finally in form of four-dimensional intelligent digital models of virtual space. Transport environment visualization characteristics and their perception in relation to aesthetic properties are studied, also the new emerging science of visualization is described, and finally the future directions of visualization in urban transportation development are predicted.

**Keywords:** Aesthetics, visualization, environment, metropolitan transport, infrastructure.



## **Wybrane aspekty analizy wielokryterialnej w projektowaniu obejść drogowych**

**Piotr Żabicki, Władysław Gardziejczyk**

*Zakład Inżynierii Drogowej, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska,  
Politechnika Białostocka, e-mail: trafficpz@o2.pl, w.gardziejczyk@pb.edu.pl*

**Streszczenie:** Analiza wielokryterialna to metoda wspomagania procesu decyzyjnego w sytuacji gdy analizowanych jest wiele wariantów przebiegu tras drogowych. W artykule przedstawiono dwa przykłady wyboru najkorzystniejszego wariantu obejścia miejscowości, położonych w ciągu dróg wojewódzkich. Analizę przeprowadzono w oparciu o normalizację Van Delfta i Nijkampa, Weitendorfa, Peldschusa oraz przyjęte wagi rozpatrywanych kryteriów. Rozważane kryteria opisujące analizowane warianty wyrażone są w różnych jednostkach. Zastosowanie normalizacji ma na celu uzyskanie porównywalności kryteriów.

**Słowa kluczowe:** analiza wielokryterialna, normalizacja kryteriów, obejście drogowe, porównanie wariantów.

### **1. Wprowadzenie**

Podstawową sieć drogową każdego województwa tworzą drogi krajowe i drogi wojewódzkie. W przypadku województwa podlaskiego drogi krajowe mają długość 975 km, a drogi wojewódzkie - 1188 km. Drogi wojewódzkie stanowią uzupełnienie dróg krajowych i łączą przede wszystkim miasta będące siedzibami powiatów lub są łącznikami pomiędzy drogami krajowymi. Większość dróg wojewódzkich przenosi ruch o charakterze gospodarczym, a także ruch o charakterze turystycznym i rekreacyjnym.

Według pomiarów w roku 2010 średnio dobowe natężenie ruchu na drogach wojewódzkich w województwie podlaskim zawierało się w przedziale od 458 do 17080 pojazdów (średnia wartość SDR na drogach wojewódzkich = 2432 pojazdów na dobę). W potokach ruchu na drogach wojewódzkich zdecydowaną przewagę stanowiły samochody osobowe i dostawcze (ok. 90%). Udział w ruchu pozostałych kategorii pojazdów był znacznie mniejszy i wahał się od około 0,4% dla ciągników rolniczych do około 7% - dla samochodów ciężarowych z przyczepami i bez przyczep.

Drogi wojewódzkie w wielu przypadkach przebiegają przez miejscowości, w pobliżu zabudowy mieszkaniowej. Ograniczenia terenowe i gęsta zabudowa mieszkaniowa uniemożliwiają zastosowanie efektywnych rozwiązań w celu spełnienia wymagań związanych z ochroną środowiska. W takiej sytuacji budowane są obejścia miejscowości, a pierwszym krokiem w całym procesie jest przygotowanie dokumentacji projektowej takich inwestycji. Problemem na tym etapie, podobnie jak przy drogach krajowych, jest porównanie wariantów przebiegu projektowanej

drogi oraz ustalenie najkorzystniejszego rozwiązania zapewniającego transport osób i towarów i spełniającego wymagania związane z ochroną środowiska, zdrowiem i życiem mieszkańców.

Celem artykułu jest przedstawienie wybranych aspektów analizy wielokryterialnej w ocenie wariantów przebiegu przykładowych obejść drogami wojewódzkimi dwóch miejscowości w województwie podlaskim. Przeanalizowano cztery warianty obejścia miejscowości Jelonka położonej w ciągu drogi wojewódzkiej Nr 685 Hajnówka - Kleszczele oraz cztery warianty obejścia miejscowości Juskowy Gród położonej w ciągu drogi wojewódzkiej Nr 686 Michałowo - Jałówka.

## 2. Analiza wielokryterialna – założenia

Analiza wielokryterialna to metoda wspomagania procesu decyzyjnego w sytuacji, gdy analizowanych jest wiele wariantów. Polega ona na odpowiednim doborze kryteriów oceny oraz wag im przypisanych. Celem analizy wielokryterialnej jest wybór wariantu najkorzystniejszego z punktu widzenia kryteriów o charakterze transportowym, środowiskowym, ekonomicznym i społecznym. Rozpatruje się zbiór określonych wariantów rozwiązań  $W=\{W_i: i=1,2,3 \dots,n\}$ , dla których przyjmuje się zbiór kryteriów  $K=\{K_j: j=1,2,3 \dots,m\}$ , według których oceniane są poszczególne warianty. Następnie dla każdego kryterium wyznacza się wartość  $x_{ij}$  (miarę wariantu  $W_i$  według kryterium  $K_j$ ) i otrzymujemy macierz danych:  $X_{ij}=\{x_{ij}: i=1,2,3 \dots,n; j=1,2,3 \dots,m\}$ , w której  $i$ -ty wiersz przedstawia wartości wariantu  $i$  według kolejnych (wszystkich) kryteriów, a  $j$ -ta kolumna - wartości kolejnych (wszystkich) wariantów według określonego kryterium  $j$ . W zapisie tablicowym macierz ma postać (1):

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{i1} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{im} \\ \vdots & \dots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \dots & x_{nj} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}$$

(1)

Kryteria według których oceniane są poszczególne warianty powinny obejmować pełny opis analizowanych wariantów. Przy czym powinno być ich jak najmniej co pozwoli przeprowadzić analizę w sposób czytelny i przejrzysty. Każdemu kryterium jest przypisywana odpowiednia waga. Z obiektywnego punktu widzenia wszystkie kryteria są jednakowo ważne. Mając jednak na uwadze ochronę środowiska naturalnego - najważniejsze stają się kryteria środowiskowe, a dążąc do minimalizacji kosztów - kryteria ekonomiczne. Kryteria przyjęte do analizy wielokryterialnej wyrażone są za pomocą parametrów mierzalnych (np. kryterium długości wyrażone jest w kilometrach) oraz niemierzalnych, opisujących warianty bez ich oceny ilościowej (np. wpływ na krajobraz). W analizie wielokryterialnej możemy uwzględnić zarówno kryteria ilościowe (np. powierzchnia lasów do wycinki) jak i jakościowe (technologia konstrukcji nawierzchni). W odniesieniu do ostatnich musimy dokonać ich kwantyfikacji (nadania wartości liczbowych). Aby możliwe było porównanie i ocena wariantów wszystkim kryteriom należy nadać wartości

liczbowe niemianowane. Proces zastąpienia wartości mianowanej na niemianowaną nazywa się normalizacją. W zależności od kierunku optymalizacji kryteriów mogą być one rozpatrywane jako maksymalizujące lub minimalizujące (stymulanty i destymulanty).

Znanych jest wiele sposobów normalizacji kryteriów. W pracy [1] przedstawiono wybór wariantu korytarza drogowego za pomocą metody standaryzującej kryteria. Normalizację Peldschusa i Van Delfta i Nijkampa zastosowano do wyboru projektu autostrady [2]. Szwabowski i inni [3] zastosowali różne metody normalizacji kryteriów (normowanie, standaryzację, normalizację Weitendorfa, Pattern) w budownictwie ogólnym. Analizę wybranych sposobów normalizacji w teorii gier przedstawiono w pracy [4]. Każdy wymieniony sposób ma swoje zalety jak i wady. W referacie przyjęto do normalizacji macierzy kryteriów trzy sposoby normalizacji: normalizację Van Delfta i Nijkampa (wektorowa normalizacja - WN), Weitendorfa (liniowa normalizacja - LN) Peldschusa (nieliniowa normalizacja - NN), (tabela 1). Zaletą tych sposobów normalizacji jest możliwość porównywania dowolnej liczby kryteriów, a normalizowane wartości zawierają się w przedziale (0;1).

Tabela 1. Metody normalizacji kryteriów.

Lp.	Metoda normalizacji	Preferowana wartość max $x_{ij}$	Preferowana wartość min $x_{ij}$
1	wektorowa normalizacja (WN) (Van Delfta i Nijkampa)	$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m x_{ij}^2}}$	$x_{ij}^* = 1 - \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m x_{ij}^2}}$
2	liniowa normalizacja (LN) (Weitendorfa)	$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - x_{ij}^-}{x_{ij}^+ - x_{ij}^-}$	$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}^+ - x_{ij}}{x_{ij}^+ - x_{ij}^-}$
3	nieliniowa normalizacja (NN) (Peldschusa)	$x_{ij}^* = \left( \frac{x_{ij}}{x_{ij}^+} \right)^2$	$x_{ij}^* = \left( \frac{x_{ij}^-}{x_{ij}} \right)^3$

Oznaczenia podane w tabeli 1 określają:  $x_{ij}^*$  - znormalizowana wartość kryterium j-tego według wariantu i-tego,  $x_{ij}$  - wartość kryterium j-tego według wariantu i-tego,  $x_{ij}^+$ ,  $x_{ij}^-$  - maksymalna bądź minimalna wartość kryterium j-tego według wariantu i-tego.

Ranking analizowanych wariantów otrzymuje się poprzez obliczenie ocen syntetycznych. Do obliczenia oceny syntetycznej zastosowano wskaźnik sumowania bez i z uwzględnieniem wag  $\omega_i$  poszczególnych kryteriów obliczony według wzorów (2) i (3):

$$S_j = \sum_{i=1}^m x_{ij}^* \tag{2}$$

$$S_j = \sum_{i=1}^m x_{ij}^* \cdot \omega_i \tag{3}$$





(tabele 2 i 3). Wartości poszczególnych kryteriów zostały ustalone przez autorów na podstawie własnych obliczeń, oszacowań i kalkulacji.

W kryteriach transportowych uwzględniono długość drogi, krętość drogi, bezpieczeństwo ruchu drogowego wyrażone gęstością skrzyżowań i zjazdów.

Kryteria środowiskowe uwzględniają: kolizję projektowanych wariantów z obszarami Natura 2000 „Jelonka” i „Puszcza Knyszyńska”, długość przebiegu drogi przez tereny leśne oraz zajętość terenu poza pasem drogowym.

Kryteria ekonomiczne obejmują koszty budowy drogi oraz ekonomiczną wartość bieżącą netto  $ENPV$  (5). Wartość  $ENPV$  obliczono zgodnie z instrukcją [5] przy założeniach: okres analizy 25 lat, stopa dyskontowa 5%, przyjęto rok 2013 za rok bazowy, w którym kończy się proces przedinwestycyjny projektu. Wartość  $ENPV$  obliczono ze wzoru:

$$ENPV = \sum_{t=1}^n \frac{NB_t + NC_t}{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^t} \quad (5)$$

w którym:

$ENPV$  - ekonomiczna wartość bieżąca netto (warunkiem przyjęcia inwestycji do realizacji jest dodatni  $ENPV$ )

$n$  - okres,

$NB_t$  - oszczędności użytkowników i środowiska w kolejnym roku  $t$ ,

$NC_t$  - koszty drogowe netto w kolejnym roku  $t$ ,

$r$  - stopa dyskontowa w %.

Koszty drogowe obejmują koszty budowy odcinka drogi wojewódzkiej, remontu okresowego, remontu cząstkowego, bieżącego utrzymania oraz koszty związane z opracowaniem dokumentacji projektowej i wykupem gruntów. Koszty budowy drogi oszacowano w oparciu o cenę budowy jednego kilometra na poziomie 2,5 mln PLN w przypadku drogi klasy Z 1x2 (szerokość jezdni 6,0 m) i 3 mln PLN drogi klasy G 1x2 (szerokość jezdni 7,0 m). Koszty użytkowników drogi i środowiska obejmują koszty eksploatacji pojazdów samochodowych, czasu w przewozach pasażerskich i towarowych, wypadków drogowych i emisji toksycznych składników spalin.

Kryteria społeczne obejmują liczbę budynków mieszkalnych w odległości 50 m od osi drogi oraz konflikty społeczne związane z planowanymi działkami przewidzianymi do wykupu pod przyszłą inwestycję.

Tabela 2. Kryteria przyjęte do analizy obejścia miejscowości Jelonka.

Lp.	Kryteria	Wagi	*	W1J	W2J	W3J	W4J
TRANSPORTOWE							
K1	Długość drogi [km]	1/12	-	1,876	1,819	1,831	2,197
K2	Krętość drogi [°/km]	1/12	-	69	40	38	76
K3	Gęstość skrzyżowań i zjazdów [1/km]	1/12	-	11,19	13,74	13,65	15,48
ŚRODOWISKOWE							
K4	Kolizja z obszarem Natura 2000 „Jelonka” [ha]	1/12	-	1,52	1,72	1,85	5,2
K5	Zajętość terenu poza pasem drogowym [ha]	1/12	-	3,91	3,26	2,96	4,29
K6	Długość przebiegu drogi przez tereny leśne [km]	1/12	-	1,086	0,910	0,887	0,448
EKONOMICZNE							
K7	Koszty budowy [PLN]	1/8	-	5628000	5457000	5493000	6591000
K8	ENPV [PLN]	1/8	+	7156428	10842975	10280925	-7964185
SPOŁECZNE							
K9	Liczba budynków mieszkalnych w odległości 50m od osi drogi [liczba]	1/8	-	1	3	3	4
K10	Konflikty społeczne (liczba działek do wykupu)[liczba]	1/8	-	22	28	26	65

\* „-” destymulanty, „+” stymulanty

Tabela 3. Kryteria przyjęte do analizy obejścia miejscowości Juszkowy Gród.

Lp.	Kryteria	Wagi	*	W1G	W2G	W3G	W4G
TRANSPORTOWE							
K1	Długość drogi [km]	1/12	-	1,617	1,590	1,250	1,083
K2	Krętość drogi [°/km]	1/12	-	160	224	90	190
K3	Gęstość skrzyżowań i zjazdów [1/km]	1/12	-	9,89	13,84	12,80	14,77
ŚRODOWISKOWE							
K4	Kolizja z obszarem Natura 2000 „Puszcza Knyszyńska” [ha]	1/12	-	1,15	1,62	2,10	0,95
K5	Zajętość terenu poza pasem drogowym [ha]	1/12	-	3,41	1,75	2,39	1,77
K6	Długość przebiegu drogi przez tereny leśne [km]	1/12	-	0,425	0,210	0,140	0,265
EKONOMICZNE							
K7	Koszty budowy [PLN]	1/8	-	4851000	3975000	3750000	3276000
K8	ENPV [PLN]	1/8	+	7790902	2294992	19094488	23333585
SPOŁECZNE							
K9	Liczba budynków mieszkalnych w odległości 50m od osi drogi [liczba]	1/8	-	1	5	1	4
K10	Konflikty społeczne (liczba działek do wykupu)[liczba]	1/8	-	17	16	14	13

\* „-” destymulanty, „+” stymulanty

## 5. Wyniki obliczeń i ich analiza

W pierwszym etapie wyboru wariantu najkorzystniejszego wykonano obliczenia bez uwzględnienia wag kryteriów. Wyniki obliczeń oraz ranking wariantów obejścia miejscowości Jelonka przedstawiono w tabeli 4, a wariantów obejścia miejscowości Juskowy Gród w tabeli 5.

Tabela 4. Wyniki analizy wariantów obejścia miejscowości Jelonka bez uwzględnienia wag kryteriów.

Lp.	Metoda normalizacji	W1J	W2J	W3J	W4J
1	Van Delfta i Nijkampa (WN)	0,2783	0,2848	0,2869	0,1500
	Ranking	3	2	1	4
2	Weitendorfa (LN)	0,2991	0,3236	0,3344	0,0429
	Ranking	3	2	1	4
3	Peldschusa (NN)	0,2920	0,2730	0,2839	0,1511
	Ranking	1	3	2	4

Tabela 5. Wyniki analizy wariantów obejścia miejscowości Juskowy Gród bez uwzględnienia wag kryteriów.

Lp.	Metoda normalizacji	W1G	W2G	W3G	W4G
1	Van Delfta i Nijkampa (WN)	0,2293	0,2107	0,2822	0,2778
	Ranking	3	4	1	2
2	Weitendorfa (LN)	0,1735	0,1568	0,3263	0,3433
	Ranking	3	4	2	1
3	Peldschusa (NN)	0,2057	0,1693	0,2954	0,3296
	Ranking	3	4	2	1

Wyniki przeprowadzonych analiz bez uwzględnienia wag kryteriów nie wskazały jednoznacznie najkorzystniejszego wariantu zarówno obejścia miejscowości Jelonka jak i Juskowy Gród. Na ranking wariantów ma wpływ sposób normalizacji macierzy decyzyjnej. Najlepszym wariantem obejścia miejscowości Jelonka według normalizacji wektorowej i liniowej jest W3J natomiast normalizacji nieliniowej - wariant W1J. W analizie wariantów obejścia miejscowości Juskowy Gród najkorzystniejszym wariantem jest W3G według normalizacji wektorowej, a według normalizacji liniowej i nieliniowej wariant W4G.

W drugim etapie rozważań wykonano obliczenia z uwzględnieniem wag poszczególnych kryteriów. Przyjęto podejście o jednakowych wagach, tzn. każdej grupie kryteriów przypisano wagę 0,25. Takie samo podejście zastosowano w odniesieniu do kryteriów cząstkowych. Wyniki obliczeń oraz ranking wariantów obejść miejscowości Jelonka i Juskowy Gród przedstawiono w tabelach 6 i 7.

Tabela 6. Wyniki analizy wariantów obejścia miejscowości Jelonka z uwzględnieniem wag kryteriów.

Lp.	Metoda normalizacji	W1J	W2J	W3J	W4J
1	Van Delfta i Nijkampa (WN)	0,2864	0,2876	0,2892	0,1368
	Ranking	3	2	1	4
3	Weitendorfa (LN)	0,3107	0,3227	0,3313	0,0353
	Ranking	3	2	1	4
2	Peldschusa (NN)	0,3018	0,2715	0,2806	0,1461
	Ranking	1	3	2	4

Tabela 7. Wyniki analizy wariantów obejścia miejscowości Juskowy Gród z uwzględnieniem wag kryteriów.

Lp.	Metoda normalizacji	W1G	W2G	W3G	W4G
1	Van Delfta i Nijkampa (WN)	0,2316	0,2032	0,2851	0,2801
	Ranking	3	4	1	2
2	Weitendorfa (LN)	0,1699	0,1467	0,3321	0,3513
	Ranking	3	4	2	1
3	Peldschusa (NN)	0,2092	0,1634	0,2917	0,3357
	Ranking	3	4	2	1

Analiza wariantów z uwzględnieniem wag kryteriów także nie wskazała jednoznacznie najkorzystniejszego wariantu obejścia miejscowości Jelonka i Juskowy Gród przy przyjętych sposobach normalizacji. Zastosowanie podejścia o jednakowych wagach w obu przypadkach nie wpłynęło na zmianę uszeregowania wariantów w porównaniu z analizą bez uwzględnienia wag kryteriów.

W trzecim etapie analizy wykonano obliczenia przy zróżnicowanym układzie wag, dla czterech scenariuszy preferencji: transportowy, środowiskowy, ekonomiczny i społeczny (tabela 8). Wyniki obliczeń oraz ranking wariantów obejść miejscowości Jelonka i Juskowy Gród przedstawiono w tabelach 9 i 10.

Tabela 8. Wagi grup kryteriów w scenariuszach preferencji [%].

Lp.	Scenariusz preferencji	Grupy kryteriów			
		transportowe	środowiskowe	ekonomiczne	społeczne
1	transportowy	40	20	20	20
2	środowiskowy	20	40	20	20
3	ekonomiczny	20	20	40	20
4	społeczny	20	20	20	40
	Razem	100	100	100	100

Tabela 9. Uszeregowanie wariantów obejścia miejscowości Jelonka w scenariuszach preferencji

Lp.	Metoda normalizacji	Bez wag kryteriów	Podejście o jednakowych wagach	Scenariusz preferencji			
				transportowy	środowiskowy	ekonomiczny	społeczny
1	WN	W3J	W3J	W3J	W3J	W2J	W1J
2	LN	W3J	W3J	W3J	W1J	W3J	W1J
3	NN	W1J	W1J	W1J	W3J	W3J	W1J

Tabela 10. Uszeregowanie wariantów obejścia miejscowości Juskowy Gród w scenariuszach preferencji

Lp.	Metoda normalizacji	Bez wag kryteriów	Podejście o jednakowych wagach	Scenariusz preferencji			
				transportowy	środowiskowy	ekonomiczny	społeczny
1	WN	W3G	W3G	W3G	W4G	W4G	W3G
2	LN	W4G	W4G	W4G	W4G	W4G	W4G
3	NN	W4G	W4G	W3G	W4G	W4G	W4G

Na podstawie przeprowadzonych analiz w oparciu o różne scenariusze preferencji przy trzech sposobach normalizacji macierzy decyzyjnej stwierdzono pew-

ne różnice w wyborze najkorzystniejszego wariantu przebiegu obejść miejscowości Jelonka i Juskowy Gród.

Przy założeniu społecznego scenariusza preferencji, niezależnie od sposobu normalizacji, najkorzystniejszym rozwiązaniem obejścia miejscowości Jelonka okazał się wariant W1J, charakteryzujący się:

- najmniejszą gęstością skrzyżowań i zjazdów,
- najmniejszą kolizyjnością z obszarem Natura 2000,
- najmniejszym oddziaływaniem na zabudowę mieszkaniową,
- najmniejszą liczbą działek do wykupu.

Przy przyjęciu pozostałych scenariuszy preferencji, najkorzystniejszym wariantem obejścia Jelonki może być wariant W1J, W2J lub W3J w zależności od przyjętego sposobu normalizacji macierzy decyzyjnej.

W sytuacji wyboru obejścia miejscowości Juskowy Gród, przy środowiskowym i społecznym scenariuszu preferencji, niezależnie od sposobu normalizacji, najkorzystniejszym okazał się wariant W4G, charakteryzujący się:

- najmniejszą długością,
- najmniejszą kolizyjnością z obszarem Natura 2000,
- najwyższą wartością ekonomicznej wartości bieżącej netto (ENPV).

Przy przyjęciu transportowego i ekonomicznego scenariusza preferencji wybór najkorzystniejszego wariantu jest uzależniony od sposobu normalizacji.

Wyniki powyższej analizy wykazały jak ważne znaczenie przy wyborze najkorzystniejszego wariantu mają przyjęty scenariusz preferencji oraz sposób normalizacji macierzy decyzyjnej.

## 6. Podsumowanie

Wybór wariantu przebiegu tras drogowych jest problemem złożonym i wymaga uwzględnienia kryteriów o różnym znaczeniu. Analiza wielokryterialna może być bardzo przydatna przy ustaleniu najkorzystniejszego rozwiązania w zakresie kształtowania układu dróg wojewódzkich, projektowania obejść miejscowości. W wyniku przeprowadzonej analizy ustalono, że na ranking wariantów istotny wpływ ma przyjęty sposób normalizacji macierzy decyzyjnej oraz scenariusze preferencji, opisane poprzez wagę poszczególnych kryteriów.

W odniesieniu do rozważanych w artykule wariantów obejścia dwóch miejscowości sprawdzono możliwość zastosowania trzech sposobów normalizacji macierzy decyzyjnej (wektorowa, liniowa i nieliniowa normalizacja), a obliczenia wykonano przy różnych wagach kryteriów. Wykazano, że przy zastosowaniu tego samego scenariusza preferencji, niezależnie od sposobu normalizacji, w jednej sytuacji można w sposób jednoznaczny określić wariant najkorzystniejszy (scenariusz społeczny - wariant W1J), a w innym przypadku wybór wariantu najkorzystniejszego jest uzależnione od sposobu normalizacji (scenariusz społeczny - wariant W3G lub W4G). Oznacza to konieczność prowadzenia dalszych badań nad wpływem sposobu normalizacji macierzy i ustalania wag kryteriów oceny wariantów.



## Literatura

- [1] Geneletti D. *Multicriteria analysis to compare the impact of alternative road corridors: a case study in northern Italy*. Impact Assessment and Project Appraisal 23(2) (2005), 135-146.
- [2] Brauers W.K. M., Zavadskas E.K., Peldschus F., Turskis Z. Multi - objective decision – making for road design. Transport 23(3), (2008), 183-193.
- [3] Szwabowski J., Deszcz J. *Metody wielokryterialnej analizy porównawczej*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001.
- [4] Zavadskas E.K., Turskis Z. *A new logarithmic normalization method in games theory*. Informatica 19(2), (2008), 303-314.
- [5] Instrukcja oceny efektywności ekonomicznej przedsięwzięć drogowych i mostowych dla dróg wojewódzkich. Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa luty 2008.

## Selected aspects of multicriteria analysis in the design of bypass roads

Piotr Żabicki, Władysław Gardziejczyk

*Division of Road Engineering, Faculty of Civil and Environmental Engineering,  
Białystok University of Technology, e-mail: trafficpz@o2.pl, w.gardziejczyk@pb.edu.pl*

**Abstract:** The multicriteria analysis is a method of supporting the decision process in a situation where there are many road alignment variants analyzed. The paper presents two examples of choosing the most beneficial variant for bypassing a town, located in the course of regional roads. The analysis was conducted basing on normalization methods by Van Delft and Nijkamp, Weitendorf, Peldschus and the weight of the considered criteria. The considered criteria describing the analyzed variants are usually expressed in different units. The use of normalization is necessary to achieve the comparability of the criteria.

**Keywords:** multicriteria analysis, normalization of criteria, bypass, comparison of alternatives.

# **Praktyczne problemy i możliwości zastosowania nowych Planów Zadań Ochronnych dla obszarów Natura 2000 w opracowaniach środowiskowych w budownictwie komunikacyjnym**

Marlena Leszczyńska-Sędłak<sup>1</sup>, Janusz Bohatkiewicz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>EKKOM Sp. z o.o., *marlena.leszczynska-sedlak@ek-kom.pl*

<sup>2</sup>Politechnika Lubelska, Katedra Dróg i Mostów, *j.bohatkiewicz@pollub.pl*

**Streszczenie:** Artykuł określa podstawowe zagadnienia związane z obszarami Natura 2000 oraz wyjaśnia czym są sporządzane na potrzeby ochrony tych terenów – Plany Zadań Ochronnych (PZO). W opracowaniu zawarto również wynikające z praktyki informacje nt. głównych trudności, jakim muszą stawić czoło wykonawcy PZO, a także jak prawidłowo adaptować informacje zawarte w tych dokumentach do innych opracowań środowiskowych jakimi są raporty o oddziaływaniu przedsięwzięć komunikacyjnych na środowisko. W opisie przedstawiono jak praktycznie zastosować zakres merytoryczny Planów Zadań Ochronnych w analizach i opracowaniach środowiskowych wykonywanych w budownictwie komunikacyjnym.

**Słowa kluczowe:** Natura 2000, ochrona przyrody, Plan Zadań Ochronnych, opracowanie środowiskowe, opracowanie drogowe.

## **1. Wprowadzenie**

Obszary Natura 2000 są najmłodszą formą ochrony przyrody, jaką ustanowiono na terytorium Polski. Są również elementem Europejskiej Sieci Ekologicznej Natura 2000 - programu ochrony przyrody mającego na celu wyznaczenie i zastosowanie działań na rzecz zachowania bogactwa przyrodniczego Europy, poprzez wydzielenie sieci obszarów chronionych na terenie Unii Europejskiej. Obszary te są elementem ponadnarodowym i unikatowym w skali świata przedsięwzięciem, którego jednym z głównych celów jest ochrona różnorodności biologicznej UE. Obszary Natura 2000 można podzielić na tzw.:

- obszary specjalnej ochrony ptaków – tzw. OSO, tworzone na podstawie tzw. Dyrektywy Ptasiej dla ochrony gatunków ptaków oraz ich siedlisk,
- specjalne obszary ochrony siedlisk – tzw. SOO tworzone na podstawie tzw. Dyrektywy Siedliskowej (przedmiotami ochrony są zarówno siedliska, gatunki roślin oraz zwierząt – z wyłączeniem ptaków).

Podpisany przez Polskę 16 kwietnia 2003 roku Traktat Ateński [1] (podstawa prawna przystąpienia Polski do Unii Europejskiej), zobowiązywał swoimi zapisami do wyznaczenia na terenie państwa członkowskiego obszarów chronionych tworzących sieć Natura 2000. Przepisy unijne stanowiące podstawę dla tworzenia

analizowanych form ochrony przyrody zostały zaadaptowane do polskiego prawodawstwa poprzez Ustawę z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (Dz. U. z 2013 r., poz. 627, z późn. zm.)[2].

Geneza powołania pierwszych obszarów Natura 2000 budzi do dnia dzisiejszego wiele kontrowersji, a niekiedy sprzeciw społeczny wynikający ze swego rodzaju „narzucenia” społecznościom lokalnym oraz samorządom przez Unię Europejską obszarów sieci Natura 2000. Aby wyjaśnić zarysowany problem – należy przytoczyć, iż w 2004 roku, po przeprowadzeniu badań terenowych oraz konsultacji z samorządami lokalnymi, Ministerstwem Środowiska, a także Generalną Dyрекcją Lasów Państwowych – zgłoszono wiele zastrzeżeń oraz jawnych sprzeciwów dla objęcia ochroną prawną zaproponowanych obszarów, które miałyby stanowić sieć Natura 2000 w Polsce. W maju i lipcu 2004 roku rząd Polski, mając na uwadze rezultat przeprowadzonych konsultacji, przekazał do Komisji Europejskiej dość okrojona koncepcję sieci obszarów siedliskowych oraz ptasich. Niestety opinia społeczna nie pokrywała się ze zdaniem środowisk eksperckich i ekologicznych organizacji pozarządowych zaangażowanych wcześniej w tworzenie wyjściowej koncepcji obszarów proponowanych do utworzenia sieci Natura 2000. Efektem zaznaczonych rozbieżności poglądów była publikacja z grudnia 2004 r. zawierająca krytyczny przegląd zatwierdzonego przez polski rząd projektu oraz sugestie uzupełnienia sieci Natura 2000 o dodatkowe 152 obszary siedliskowe [3]. Natomiast w 2006 roku organizacje ekologiczne zaproponowały aktualizację „shadow list” o kolejne 130 obszarów [4]. Po zapoznaniu się z przesłanymi powiększonymi koncepcjami - Komisja Europejska postanowiła w większości przyjąć argumentację organizacji ekologicznych oraz wystosowała do rządu polskiego ostrzeżenie stanowiące, że jeśli nie zostaną zaktualizowane i powiększone listy proponowanych terenów do włączenia do sieci Natura 2000 – sprawa zostanie skierowana do Europejskiego Trybunału Sprawiedliwości.

Ostrzeżenie Komisji Europejskiej spowodowało, że do końca 2008 r. rząd Polski wyznaczył w drodze rozporządzenia, 141 obszary specjalnej ochrony ptaków oraz wysłał do Komisji Europejskiej 364 propozycje specjalnych obszarów ochrony siedlisk, które to zostały zatwierdzone przez Komisję Europejską jako obszary mające znaczenie dla Wspólnoty, stając się „pełnoprawnymi” obszarami Natura 2000. Zgodnie z informacją zawartą na stronie internetowej Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska [5] - aktualnie na terenie Polski funkcjonuje 849 obszarów mających znaczenie dla Wspólnoty (obszary „siedliskowe” - przyszłe specjalne obszary ochrony siedlisk) oraz 145 obszarów specjalnej ochrony ptaków.

## 2. Plany Zadań Ochronnych dla obszarów Natura 2000

Plan Zadań Ochronnych (PZO) dla obszaru Natura 2000 jest to swego rodzaju dokument planistyczny, zestawiający niezbędne dane i wytyczne, umożliwiające prawidłowe funkcjonowanie gatunków i siedlisk w obrębie jego granic. PZO ma na celu precyzować informacje w taki sposób zarządzać/utrzymywać obszar, aby został poprawiony lub przynajmniej zachowany właściwy stan ochrony siedlisk przyrodniczych oraz gatunków roślin i zwierząt (dla których ochrony wyznaczono obszar Natura 2000). PZO jest dokumentem, który sporządza się w ciągu 6 lat od dnia zatwierdzenia obszaru przez Komisję Europejską jako „obszaru mają-

cego znaczenie dla Wspólnoty” lub od dnia wyznaczenia OSO, czy też SOO. Projekt Planu Zadań Ochronnych jest zatwierdzany w drodze aktu prawa miejscowego w formie zarządzenia Dyrektora Regionalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska i obowiązuje przez najbliższe 10 lat.

Zgodnie z Ustawą o ochronie przyrody [2] (podającej zakres, jaki powinien zawierać PZO) oraz wytycznymi Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska, w lipcu 2013 roku zaktualizowano szablon, na podstawie którego sporządzane są Plany Zadań Ochronnych. Zgodnie z wyżej przytoczonymi informacjami projekt PZO powinien zawierać przede wszystkim informacje na temat:

- ogólnej charakterystyki terenu objętego Planem oraz granic obszaru Natura 2000,
- założeń do sporządzenia Planu,
- przedmiotów ochrony oraz ich stanu w obszarze (poza danymi uzyskanymi w wyniku prac terenowych, również zestawienia danych literaturowych),
- procesu komunikacji z członkami ZLW (Zespołu Lokalnej Współpracy), wniosków jakie były składane w czasie konsultacji społecznych,
- wykazu kluczowych instytucji działających na terenie lub w sąsiedztwie danego obszaru Natura 2000 oraz wskazań do dokumentów planistycznych, których zapisy są niezgodne z treścią zawartą w PZO,
- form zagospodarowania terenu, działalności ludzkiej oraz rodzaju własności gruntów,
- analizy zagrożeń - zidentyfikowanych głównych niebezpieczeństw istniejących i potencjalnych w odniesieniu do przedmiotów ochrony,
- celów oraz działań ochronnych - opracowanych dla potrzeby osiągnięcia właściwego stanu ochrony przedmiotów ochrony (dążenie do uzyskania wskaźników przyjętych w ogólnopolskim monitoringu gatunku lub siedliska – obowiązkowo stosowana metodyka zawarta w tzw. „podręcznikach GIOŚ”),
- ustalenia działań w zakresie monitoringu stanu ochrony przedmiotów ochrony;
- nowo proponowanego Standardowego Formularza Danych obszaru Natura 2000 oraz weryfikacji i ewentualnej korekty jego granic.

Szczegółowy tryb i zakres opracowania projektu Planu Zadań Ochronnych określa Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 17 lutego 2010 r. w sprawie sporządzania projektu Planu Zadań Ochronnych dla obszaru Natura 2000 (Dz. U. Nr 34, poz. 186, z późn. zm.), jednak uznano, że na potrzeby niniejszego artykułu ww. zakres Planu Zadań Ochronnych jest wystarczający.

### **3. Główne problemy przy sporządzaniu PZO – problem z weryfikacją i dokładnością danych**

Ze względu na fakt, iż pierwsze tereny zaklasyfikowane do obszarów Natura 2000 zatwierdzono w Polsce w 2004 roku, należy zwrócić uwagę na genezę ich powstania, a dokładniej – dokumentację na podstawie której dany obszar został powołany. Dokumentacja ta bowiem była głównym źródłem danych do sporządzenia Planów Zadań Ochronnych. Ze względu na obszerność informacji oraz złożoność

problemu w niniejszym rozdziale zostaną zaprezentowane trzy główne problemy wynikające z doświadczeń wykonania 17 PZO realizowanych w województwie lubelskim oraz małopolskim.

### 3.1. Błędnie zaadaptowane granice obszarów

Mimo, że od 2004 do 2006 roku znane były cyfrowe oraz przestrzenne analizy mapowe, to niestety w praktyce materiały przygotowywane na potrzeby ww. form ochrony przyrody wyglądały inaczej. Wyznaczając obszary sieci Natura 2000, wykorzystywano materiały topograficzne dostępne w Ośrodkach Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej. Były to w większości mapy topograficzne, w niektórych przypadkach materiały przygotowywano na czarnobiałych ortofotomapach lotniczych i zobrazowaniach satelitarnych. Podstawowym problemem była niemożliwość dokładnej identyfikacji granicy obszaru na dostępnych materiałach podstawowych. Pierwotne ręczne rysowanie granicy obszaru Natura 2000 na w/w materiały (często na mapach topograficznych w skali 1:50000 i 1:25000) sprawiało, że określenie dokładnego przebiegu granicy nowej formy ochrony, obarczone było błędem sięgającym niekiedy do kilku czy kilkunastu metrów. Przekazane przez Regionalne Dyrekcje Ochrony Środowiska (RDOŚ) warstwy GIS obszarów PZO, zostały przetworzone do formy cyfrowej, jednakże w wyniku wektoryzacji nie został zlikwidowany błąd pierwotny, czyli niedokładność wytyczenia granicy obszaru. W czasie konsultacji społecznych, przeprowadzanych na potrzeby przygotowania PZO, jednym z głównych zarzutów członków ZLW (Zespołu Lokalnej Współpracy) była dokładność i brak logicznego poprowadzenia granicy obszaru Natura 2000. Przedstawiciele społeczności lokalnych zaznaczali, że mimo, iż dane GIS cechują się znaczną dokładnością, to konieczna jest korekta poszczególnych granic, np. z powodu zaklasyfikowania do obszaru chronionego np. terenów zabudowy mieszkaniowej czy mieszkaniowo-zagrodowej. Błąd ten spowodowany był niewystarczającą dokładnością w czasie przetwarzania danych z wersji papierowej na dane elektroniczne. Mapa w wersji papierowej została zeskanowana, zortorektyfikowana i wektoryzowana w taki sposób, aby stanowiła podkład do wektoryzacji danych. Wrysowane dane na mapie pierwotnej w skali 1:50000 zaznaczone były linią o grubości np. 1,5 mm co w terenie odpowiadało 150 m. Zwektoryzowana granica obszaru Natura 2000 musiała być przerysowana za pomocą narzędzi oprogramowania GIS do oddzielnej warstwy. W warstwach GIS linia wytyczająca granicę jest bardzo cienka i precyzyjnie określa miejsca na mapie, a nie tak jak w przypadku map źródłowych – pas o szerokości 50-100 m. Główny błąd polegał na interpretacji przebiegu linii, precyzyjności poprowadzenia cienkiej granicy w warstwie GIS po środkowej części wektoryzowanej ręcznie rysowanej granicy obszaru Natura 2000. Dlatego też po otrzymaniu danych GIS wykonawcy PZO często musieli ponownie zweryfikować granicę obszaru Natura 2000 oraz ewentualnie zaproponować jej korektę, aby teren formy ochrony przyrody skupiał w sobie jedynie zasadne pod względem przyrodniczym miejsca. Dodatkowo w 2012 roku Regionalne Dyrekcje Ochrony Środowiska z polecenia Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska, wymagały od wykonawców PZO korekty granic obszarów Natura 2000 i poprowadzenie ich (tam gdzie było to możliwe) po granicy działek ewidencyjnych, wydzieleniach leśnych lub łatwo weryfikowalnych elementach w krajobrazie – np. po drodze. Dopiero tak zweryfikowane granice obszarów Natura 2000 można było uznać za wytyczone prawidłowo.

### 3.2. Standardowe Formularze Danych jako dane wyjściowe do sporządzenia PZO

Standardowy Formularz Danych (ang. Standard Data Form - SDF) można porównać do swoistej „wizytówki” obszaru Natura 2000. SDF zawiera bowiem podstawowe informacje o danym obszarze, a przede wszystkim zestawia listę przedmiotów ochrony obszaru oraz ich podstawową charakterystykę. Obowiązujące SDF były też załącznikami do Specyfikacji Istotnych Warunków Zamówień poszczególnych Planów Zadań Ochronnych. Wykonawcy od początku musieli bazować na podanej liście przedmiotów ochrony, a następnie zweryfikować, czy stan przedstawiony w SDF poszczególnych gatunków poprawił się, pozostał bez zmian, czy też uległ pogorszeniu.

Głównym problemem związanym w tym zagadnieniu było uchwalenie obszarów Natura 2000 m.in. na nieaktualnych (jak na tamte czasy) danych literaturowych, a co za tym idzie – zamieszczenie na listach przedmiotów ochrony, które w danych terenach już nie występowały, bądź nie miały prawa tam występować (z przyczyn braku odpowiednich siedlisk itp.). Można się tutaj posłużyć przykładem, jaki miał miejsce w jednym z opracowywanych Projektów Planów Zadań Ochronnych dla obszaru Natura 2000. Zgodnie z SDF na terenie wymienionej formy ochrony przyrody miał występować (i funkcjonować całkiem dobrze, ponieważ oceniono ten gatunek na ocenę B – ocena dobra) – głuszec (łac. *Tetrao urogallus*). Jedynym wyjściem w takiej sytuacji była możliwość zastosowania tzw. błędu naukowego. W dokumentacji dla obszarów Natura 2000 nie ma bowiem innej możliwości, na usunięcie danego gatunku z listy przedmiotów ochrony niż wyżej wymieniony sposób. Cała tematyka jest o tyle skomplikowana, że aby wykreślić dany gatunek należy przedstawić wyczerpującą argumentację, najlepiej popartą pozycjami literaturowymi, dowodzącą faktu braku występowania głuszca w czasie powoływania danego obszaru Natura 2000. Niestety takie rozwiązanie sprawy jest z zasady niemożliwe, ponieważ – nie spotyka się publikacji naukowych dowodzących, że dany gatunek nie występuje w analizowanym terenie. Ostatecznie wykonawcy musieli argumentację dowodzącą braku istnienia głuszca w terenie poprzeć opinią ekspercką osoby prowadzącej inwentaryzację w zakresie siedlisk przyrodniczych.

Poza wyżej wymienionymi błędami, w SDF wykonawcy mogli się też spotkać ze zbyt wygórowanymi ocenami ogólnymi dla poszczególnych gatunków. O ile w sporządzanych PZO podnoszenie ocen ogólnych gatunków jest dość łatwo akceptowane przez jednostkę zlecającą (RDOŚ), to w przypadku obniżenia oceny ogólnej – należy to wyczerpująco uzasadnić. Przykładem, obrazującym jak proces tworzenia PZO jest czasami niepotrzebnie utrudniany jest wykonany przykład innego Projektu Planu Zadań Ochronnych dla obszaru Natura 2000. W czasie wykonywania PZO dla tego obszaru z GDOŚ do RDOŚ (zamawiającego PZO) dotarła informacja o zmianie SDF oraz o działaniach zmierzających do powiększenia terenu omawianej formy ochrony przyrody. Sprawa budziła niezwykle opór społeczności lokalnej, ponieważ w czasie sporządzania PZO dla obszaru w pierwotnych granicach – lokalne samorządy nie zostały poinformowane o chęci powiększenia obszaru przez GDOŚ oraz nie zostały uwzględnione w przeprowadzonych w tym zakresie konsultacjach społecznych. Jak już wspomniano – nie dość, że powiększono obszar chroniony, to dodatkowo zmieniono oceny ogólne przedmiotów ochrony (nie konsultując oraz nie uwzględniając najnowszych danych z badań terenowych przeprowadzonych na



potrzeby rozpoczętych w 2012 r. PZO). Zdaniem wykonawców PZO oraz koordynatora z RDOŚ w nowo zatwierdzonym SDF wybrane oceny gatunków zostały bezzasadnie podwyższone. Niestety nawet pracownikom RDOŚ nie udało się uzyskać dokumentacji naukowej, na podstawie której były podejmowane poszczególne decyzje dotyczące aktualizacji nowego SDF. Jako przykład można tutaj podać gatunek kumaka górskiego (łac. *Bombina variegata*), który w wyjściowym SDF do sporządzenia PZO (z października 2009 r.) nie był wymieniony wśród przedmiotów ochrony, natomiast w SDF'ie zmienionym w listopadzie 2012 roku (w trakcie tworzenia PZO) widniał na liście przedmiotów ochrony z oceną ogólną B - dobrą. Ostatecznie dla podanego gatunku – wykonawcy PZO zaproponowali obniżenie tej oceny na kategorię D, argumentując to brakiem dogodnych siedlisk do występowania kumaka oraz nieznacznym udziałem procentowym w skali Polski.

### 3.3. Czas przeznaczony na badania terenowe PZO oraz ich metodyka

Kolejnym problemem zidentyfikowanym w czasie sporządzania Planów Zadań Ochronnych (zwłaszcza dla obszarów specjalnej ochrony ptaków) jest zbyt krótki ich czas wykonywania. W czasie konsultacji społecznych – członkowie ZLW podnosili argumenty zbyt późnego wyjścia w teren przez wykonawców PZO. Dopełnienie spraw formalnych spowodowało, że wyjście w teren ekipy badającej ptaki było możliwe dopiero w okolicach czerwca 2012 roku. Zakończenie projektu tego PZO zaplanowano natomiast na połowę listopada tego samego roku, więc nie było możliwe aby wykonawcy sami przeprowadzili wizję w czasie przelotów wiosennych oraz kulminacyjnego okresu gniazdowania poszczególnych przedmiotów ochrony.

Problemem, który wiąże się z tematyką wizji terenowych jest także brak ujednoliconej metodyki, na podstawie której powinien być oceniany stan przedmiotów ochrony w danym obszarze Natura 2000. Aspekt ten dotyczy przede wszystkim gatunków ptaków, dla których wykonawcy przykładowego Projektu PZO zaproponowali własną skalę ocen poszczególnych wskaźników. Niemniej jednak, dla innych obszarów Natura 2000 również starano się dostosować zaproponowaną przez GIOŚ metodykę. Zdaniem wielu ekspertów (m.in. w czasie spotkania w RDOŚ w Krakowie – warsztaty „Dotychczasowe doświadczenie z PZO” z dnia 22 lutego 2013 roku) zaadaptowanie metodyki Generalnego Inspektoratu Ochrony Środowiska do wszystkich obszarów Natura 2000 w Polsce generowała niepotrzebne „zafałszowania” w ocenie poszczególnych przedmiotów ochrony. Wynikało to z faktu specyfiki oraz unikatowości danego terenu chronionego, gdzie mimo iż stan siedliska oceniany był na prawidłowy – zgodnie z ogólną metodyką GIOŚ należało nadać mu ocenę U1 – niezadawalającą. Przykładem może być tutaj wskaźnik „udział martwego drewna”, który (zdaniem większości członków ZLW, a zwłaszcza pracowników Lasów Państwowych) w metodyce jest stanowczo zawyżony i bardzo ciężko znaleźć obszary, które zgodnie z metodyką otrzymałyby pod tym względem ocenę FV.

Na wspomnienie jeszcze zasługują dylematy odnośnie m.in.:

- wyznacznika najniższej ceny w przetargu na wykonawcę PZO,
- nieodpowiednio zestawione szablony PZO oraz zbyt ogólnikowe stosowanie skrótów i zapisów w szablonie PZO np. zgeneralizowane kody zagrożeń oraz sztywne, tabelaryczne układy zestawień danych, które często są trudne do zwerfikowania dla członków Zespołu Lokalnej Wspólpracy,
- błędna opinia w społeczeństwie stanowiąca o szeregu zakazów na obszarach

Natura 2000 oraz dosłowne rozumienie wymienianych w PZO zagrożeń jako sztywnych zakazów i barier dla rozwoju gospodarczego.

Plany Zadań Ochronnych to stosunkowo nowa forma opracowań planistycznych w ochronie przyrody i sposób ich tworzenia jest (jak się okazało w praktyce) procesem dość trudnym. Powyższe problemy to jedynie zarys utrudnień, jakim muszą sprostać zarówno wykonawcy, jak i pracownicy Regionalnych Dyrekcji Ochrony Środowiska. Brak doprecyzowanych reguł do sporządzania PZO, duży sprzeciw społeczny, niewielka liczba osób zasiadających w ZLW oraz niekiedy zbyt restrykcyjne propozycje zapisów proponowane przez organizacje ekologiczne sprawiają, że omawiane dokumenty planistyczne nie są poważnie traktowane przez społeczeństwo oraz poszczególne organizacje publiczne czy prywatne. Obszary Natura 2000 są w większości traktowane jak „zło konieczne”, a w skrajnych przypadkach żąda się ich usunięcia z list obszarów chronionych.

#### **4. Rola Planów Zadań Ochronnych w innych opracowaniach środowiskowych oraz opracowaniach dla budownictwa komunikacyjnego**

Jak opisano powyżej proces tworzenia PZO jest dość skomplikowany, ale jego efekt końcowy w postaci zatwierdzonego przez Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska zarządzenia oraz tekstu Planu jako załącznika, wraz z opracowaniami mapowymi oraz danymi w GIS/shp, może być bardzo przydatną dokumentacją, np. w tworzeniu innych dokumentów nie tylko planistycznych. Mimo, iż PZO powinno być brane pod uwagę przy aktualizacjach lub tworzeniu innych dokumentów planistycznych, tj. studiów uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego (SUiKZP), miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego (MPZP), planów urządzania lasów, uproszczonych planów urządzania lasów itp., konieczne jest wykorzystywanie wiedzy zawartej w PZO w opracowaniach projektowych, tj. chociażby w raportach o oddziaływaniu przedsięwzięć na środowisko (dalej ROS).

Szczegółowy zakres ROS podany jest w Ustawie o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na

środowisko [6]. Należy jednak nadmienić, że każdy raport ROS powinien wyczerpująco przedstawiać informacje nt. lokalizacji terenu na którym jest planowana inwestycja, odniesień obowiązujących miejscowych aktów prawnych, warunków przyrodniczych, gospodarczych oraz przede wszystkim ocenie oddziaływania na poszczególne elementy otoczenia.

PZO jest zatem doskonałą dokumentacją źródłową, z którą powinien zapoznać się każdy, kto bierze udział w tworzeniu danego raportu ROS przedsięwzięcia zlokalizowanego na terenie obszaru Natura 2000 lub znajdującego się w jego sąsiedztwie (w mniejszym stopniu dla terenów Natura 2000 znacznie oddalonych od inwestycji, gdzie oddziaływanie może być bardzo znikome). Twórcy podobnych opracowań (ROS) co prawda zdają sobie sprawę, z konieczności zawierania w raportach oceny oddziaływania na obszary Natura 2000 (o ile występuje taka konieczność [6]), jednak do tej pory do weryfikacji zasobów przyrodniczych tych form ochrony przyrody stosowano głównie Standardowe Formularze Danych.

W powyższym rozdziale opisano, jakie mogą wiązać się z tym zafałszowania i swoiste „przekoloryzowania” występujących na terenie Natury 2000 przedmiotów ochrony. Dlatego pomimo często negatywnej oceny, jaką są otoczone PZO należy wykorzystywać je jako główne źródło informacji do ewentualnej oceny oddziaływania przedsięwzięcia. Oczywiście niezbędne dla prawidłowego sporządzenia ROS jest przeprowadzenie dokładnej inwentaryzacji przyrodniczej, co pozwoli na porównanie zebranych danych terenowych do informacji zawartych w PZO.

Mając na uwadze uwzględnienie zakresu merytorycznego PZO w raportach ROS poniżej zaprezentowano przykładowe informacje oraz spostrzeżenia, które mogą być pomocne w początkowej fazie tworzenia raportu ROS:

- Jeśli planowana inwestycja jest zlokalizowana na terenie lub części Natury 2000 można zastosować wyszczególnione w PZO wykazy obowiązujących dokumentów planistycznych oraz strategicznych, tj. MPZP, SUiKZP, Plany Urządzenia Lasu, Strategie Rozwoju Gmin, Programy Ochrony Środowiska itp. Autorzy powstającego opracowania posiadają więc odniesienie do najaktualniejszych danych, jakie były związane np. z zagospodarowaniem przestrzennym terenu w czasie sporządzania PZO. Dodatkowo, PZO zawiera analizę zapisów w powyższych opracowaniach planistycznych i strategicznych – czy ich brzmienie nie jest sprzeczne z postulowaną treścią w PZO oraz czy w związku z tym nie proponuje się ich zmiany tak, aby np. naniesione planowane zagospodarowanie terenu, jako zabudowa mieszkalna w miejscach występowania przedmiotów ochrony zostało zamienione na formę użytkowania terenu nie pogarszającą stanu gatunków/siedlisk chronionych.
- W tekście PZO powinny być również zawarte instytucje sprawujące funkcje na danym terenie oraz zestawienia publikowanych i niepublikowanych danych literaturowych, które mogą być doskonałym źródłem wiedzy o obszarze. Dodatkowo w PZO podawana jest ich szczegółowość oraz ocena, czy ich wartość merytoryczna jest duża, średnia, czy też znikoma. Takie dane (oraz sam tekst PZO) potrafią przedstawiać informacje na temat szlaków migracyjnych zwierząt, położenia w aspekcie fizycznogeograficznym, botanicznym, hydrologicznym itp.
- W czasie sporządzania ROS bardzo duże znaczenie będą miały informacje uwzględniające w PZO dane z inwentaryzacji zasobów przyrodniczych. W dokumentacji dla obszaru Natura 2000 pomimo szczegółowej charakterystyki zidentyfikowanych na danym terenie gatunków roślin, zwierząt oraz siedlisk można zweryfikować ich występowanie w terenie (załączniki mapowe oraz warstwy shp). Na załącznikach graficznych uwzględniających dane z badań obszaru na potrzeby tworzenia PZO, można sprawdzić gdzie dokonano stwierdzenia danego gatunku lub w którym miejscu znajduje się dane siedlisko przyrodnicze. Ponadto załączniki mapowe oraz dane GIS będą przedstawiały lokalizację głównych zagrożeń dla przedmiotów ochrony, miejsca prowadzenia działań ochronnych, monitoringowych oraz tereny objęte innymi formami ochrony przyrody. Dołączone natomiast do warstw SHP pliki DBF (tabele atrybutowe zestawiające najważniejsze informacje o każdym przedmiocie ochrony) pozwalają np. na analizę liczebności populacji danego gatunku bez konieczności zagłębiania się w tekst PZO. Już pobieżna analiza tych materia-

- łów z prac terenowych pozwoli ocenić, czy dana inwestycja będzie znacząco oddziaływała na teren chroniony prawnie (np. zaplanowany przebieg projektowanej drogi nie przecina siedlisk przyrodniczych, czy miejsc występowania gatunków roślin i zwierząt) i czy będzie mogła zostać przeprowadzona.
- Pomimo, że informacje o środowisku oraz dostępność danych zawartych w PZO jest ogromna – w wyjątkowych przypadkach należy do nich dość podchodzić z dużą ostrożnością. Taka konieczność występuje tylko w przypadkach bardzo rzadkich gatunków roślin oraz zwierząt, które mogą się stać częścią tzw. ekobiznesu. Ze względu na wielką unikatowość gatunku, dane na jego temat w PZO mogą zostać oznaczone jako tzw. „informacje/dane wrażliwe”. Oznacza to, że informacje podane zwłaszcza na załącznikach graficznych (dane lokalizacyjne) mogły zostać w odpowiedni sposób wektoryzowane (i znany tylko dla wykonawców PZO oraz RDOŚ). Takie działania mają na celu ochronę unikatowych gatunków w skali świata, jeżeli publiczny dostęp do informacji o gatunku mógłby stanowić zagrożenie dla jego ochrony np. z powodu nielegalnego kolekcjonowania okazów. W przypadku uznania gatunku za wrażliwy informacja o jego występowaniu nie zostanie ujawniona opinii publicznej przez Komisję Europejską z jej własnej inicjatywy np. przez umieszczenie jej na publicznej witrynie internetowej [8]. Jako przykład można tutaj podać *sówkę puszczykówkę* zinwentaryzowaną w jednym z nadbużańskich obszarów Natura 2000. Okazy kolekcjonerskie tego małego motyla mogą bowiem osiągać zawrotną cenę, a podanie jego dokładnej lokalizacji wiązałoby się z dużym zagrożeniem, jakim byłby zbiór kolekcjonerski. Dlatego też przed kompleksowym zaadaptowaniem danych z PZO należy uzyskać informację z RDOŚ, czy przekazane dane nie są obarczone specjalnie wygenerowanym „błędem”.
  - Oczywiście udogodnieniem w czasie sporządzania raportu ROS jest także skład autorski opracowania Planu Zadań Ochronnych. W przypadku wątpliwości lub trudnej jednoznacznej oceny, czy inwestycja będzie oddziaływała na dany przedmiot ochrony bardzo dobrym rozwiązaniem jest skontaktowanie się z wykonawcami PZO lub bezpośrednim koordynatorem Planu (informacje nt. koordynatorów dostępne są w RDOS).

Analizując zarządzenie w sprawie PZO oraz załączoną dokumentację (w tym szablon PZO) można stwierdzić, że każdy rozdział zawiera pomocną informację, jaka może być zweryfikowana w sporządzaniu dokumentów projektowych danej inwestycji. Niemniej jednak głównym i najważniejszym czynnikiem determinującym raport o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko powinna być przeprowadzona szczegółowa inwentaryzacja przyrodnicza weryfikująca dane zawarte w PZO oraz zaktualizowanym na jego podstawie SDF, który w odróżnieniu od SDF sprzed sporządzenia PZO nie powinien zawierać zawyżonych i błędnych ocen przedmiotów ochrony.

## 5. Wnioski

Zgodnie z ustawą o ochronie przyrody [2] oraz ustawą o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko [6] podstawowym warunkiem przeprowadzenia danej inwestycji jest uzyskanie decyzji o środowiskowych

uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia (DUS). Szczegółowe analizy materiałów zawartych w PZO oraz dokładna argumentacja przedstawiająca ciąg przyczynowo-skutkowy o braku, bądź występowaniu oddziaływania na przedmioty ochrony obszaru Natura 2000 zwiększy wiarygodność raportu oraz (w pewnym sensie) zwizualizuje pracownikom instytucji wydającej decyzję (DUS), iż przeanalizowano wszystkie dostępne materiały, aby prawidłowo ocenić prognozowany wpływ inwestycji na obszar Natura 2000. Rzetelnie przeprowadzona inwentaryzacja przyrodnicza, skupiająca dane z badań terenowych na potrzeby PZO pozwoli na precyzyjne oraz adekwatne zaprojektowanie wariantów przedsięwzięcia (o ile to możliwe omijających siedliska i gatunki chronione) z oraz urządzeń niwelujących wpływ na przedmioty ochrony (np. w przypadku dróg odpowiednie przejścia pod lub nad powierzchnią drogi).

W kwestiach problemowych (jeżeli istnieją wątpliwości, czy inwestycja negatywnie oddziałuje na dany przedmiot ochrony) w wielu przypadkach możliwy jest również kontakt oraz wykonanie opinii eksperckiej przez wykonawców PZO. Takie postępowanie umożliwi na ograniczenie zarówno wątpliwości autorów OOS na temat potencjalnego negatywnego oddziaływania oraz (jako załącznik do raportu) a także będzie stanowiło dokument popierający określone rozwiązanie/argumentację w raporcie ROS.

Mając na uwadze powyższe szczegółowo przeanalizowane PZO może warunkować prostsze uzyskanie decyzji środowiskowej lub chociażby wpływać na zmniejszoną liczbę uwag oraz warunków, jakie należy spełnić w czasie oraz po wykonanym przedsięwzięciu. W niektórych przypadkach PZO umożliwi wcześniejsze wycofanie się z nietrafionego pomysłu o lokalizacji inwestycji komunikacyjnej w danym terenie bez konieczności ponoszenia kosztów na późniejszych etapach wykonywania dokumentacji i analiz.

### Literatura:

- [1] „Traktat Ateński”, 2003. <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20040900864> (marzec 2014).
- [2] Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 14 maja 2013 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o ochronie przyrody (Dz. U. 2013, poz. 627).
- [3] Propozycja optymalnej sieci obszarów Natura 2000 w Polsce – „Shadow List”, Szczegółowa analiza wdrożenia Dyrektywy Siedliskowej oraz Syntetyczne ujęcie wdrożenia Dyrektywy Ptasiej, Paweł Pawlaczyk, Andrzej Kepel, Radosław Jaros, Radosław Dzieciołowski, Przemysław Wylegała, Agnieszka Szubert, Paweł Olaf Sidło; Warszawa 2004
- [4] Aktualizacja Shadow List obszarów siedliskowych sieci Natura 2000 w Polsce, Aneks do raportu na temat reprezentatywności ujęcia gatunków i siedlisk przyrodniczych z Dyrektywy Siedliskowej; Poznań, Świebodzin, Klub Przyrodników, Salamandra – Polskie Towarzystwo Ochrony Przyrody, WWF, Warszawa 2006;
- [5] <http://natura2000.gdos.gov.pl/> (marzec 2014 r.)
- [6] Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 26 sierpnia 2013 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko.
- [7] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. 2010 nr 213, poz. 1397).

[8] Instrukcja wypełniania Standardowego Formularza Danych obszaru Natura 2000; Wersja 2012.1; [http://www.gdos.gov.pl/Articles/view/1914/Baza\\_danych](http://www.gdos.gov.pl/Articles/view/1914/Baza_danych) (marzec 2104 r.).

## **Practical problems and possibilities related to the use of new Plans of Protection Tasks for Natura 2000 sites in environmental studies in the field of transport infrastructure engineering.**

Marlena Leszczyńska-Sędlak<sup>1</sup>, Janusz Bohatkiewicz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*EKKOM Sp. z o.o. marlena.leszczynska-sedlak@ek-kom.pl*

<sup>1</sup>*Department of Road and Bridge, Faculty of Civil Engineering and Architecture,  
Lublin University of Technology, j.bohatkiewicz@pollub.pl*

**Abstract:** The present paper deals with the basic aspects of Natura 2000 sites and explains the nature of the Plans of Protection Tasks (PZO) that are designed to protect them. The article also contains practical information on main difficulties that must be overcome by experts who develop the PZOs and illustrates how to apply correctly the contents of PZOs in preparing other environmental documentation, such as environmental impact assessment reports for transport infrastructure projects. The paper demonstrates in which manner the information contained in PZOs can be put into practical use while preparing ecological analyses and documentation performed in the field of transport infrastructure engineering.

**Keywords:** Natura 2000, environmental protection, Plan of Protection Tasks, environmental documentation, roads documentation.





## **Wpływ uspokojenia ruchu na klimat akustyczny w otoczeniu ulic**

**Janusz Bohatkiewicz<sup>1</sup>, Wioleta Czarnecka<sup>1</sup>,  
Krzysztof Jamrozik<sup>2</sup>, Sebastian Biernacki<sup>2</sup>, Maciej Hałucha<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Katedra Budowy Dróg i Mostów, Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Lubelska,  
e-mail: j.bohatkiewicz@pollub.pl, w.czarnecka@pollub.pl*

<sup>2</sup>*EKKOM Sp. z o.o., e-mail: krzysztof.jamrozik@ek-kom.pl, sebastian.biernacki@ek-kom.pl,  
maciej.halucha@ek-kom.pl*

**Streszczenie:** W referacie przedstawiono sposoby poprawy bezpieczeństwa i jakości życia osób mieszkających w sąsiedztwie tras komunikacyjnych i użytkowników ruchu związane z zastosowaniem środków uspokojenia ruchu. Skupiono się na korzystnym wpływie zastosowania środków uspokojenia ruchu na stan klimatu akustycznego na terenach otaczających drogi. W referacie przedstawiono również charakterystykę wybranych oddziaływań ruchu drogowego na środowisko oraz informacje wprowadzające, które dotyczą uspokojenia ruchu jako sposobu na łagodzenie tych uciążliwości. Przeanalizowano również możliwości kształtowania klimatu akustycznego i łagodzenia uciążliwości transportu za pomocą różnych metod uspokojenia ruchu. Następnie, na przykładzie studium przypadku (droga wojewódzka nr 824 w Puławach), określono skuteczność konkretnych rozwiązań kompleksowego uspokojenia ruchu, pod względem redukcji prędkości i zmniejszenia emisji hałasu. W analizach posłużono się wynikami wykonanych pomiarów (natężenia ruchu, prędkości pojazdów i poziomu hałasu) oraz obliczeń akustycznych realizowanych w ramach badań własnych autorów (wewnętrzny program badawczo-rozwojowy firmy EKKOM). Na podstawie wyników pomiarów oraz obliczeń omówiono także problem braku uwzględnienia w modelu obliczeniowym współczynników korygujących z uwagi na charakter ruchu uspokojonego oraz błędów w modelowaniu hałasu dla analizowanego przykładu.

**Słowa kluczowe:** Uspokojenie ruchu, bezpieczeństwo ruchu, prędkość, ochrona środowiska, ochrona przed hałasem, hałas.

### **1. Wprowadzenie**

Bezpieczeństwo ruchu drogowego i ochrona środowiska to dwie różne dziedziny, które mają wspólny obszar oddziaływania. Tym obszarem, w którym koncentrują się one na wspólnym celu, jest ochrona zdrowia i życia człowieka. Bezpieczeństwo ruchu drogowego ma za zadanie zapewnić fizyczną ochronę człowieka przed bezpośrednimi zagrożeniami, jakie wynikają z ruchu pojazdów po drogach: uchronić go przed wypadkami drogowymi i obrażeniami ciała. Ochrona środowiska jest ukierunkowana na łagodzenie pośrednich uciążliwości pochodzących od

ruchu samochodów, które oddziałują niekorzystnie na człowieka: zaliczamy do nich przede wszystkim hałas, jako najbardziej odczuwalny, ale również zanieczyszczenie powietrza, gleb czy wód powierzchniowych i podziemnych. Głównymi czynnikami, które decydują o zagrożeniu wypadkami, emisji hałasu i pozostałych zanieczyszczeń są prędkość pojazdów i natężenie ruchu. Na obydwie te czynniki jednocześnie można wpływać poprzez zastosowanie środków uspokojenia ruchu drogowego. Wpływ wprowadzenia strefy ruchu uspokojonego na poprawę bezpieczeństwa i zmniejszenie oddziaływań akustycznych przedstawiono w niniejszym referacie na podstawie badań i analizy wybranego przypadku – odcinka drogi wojewódzkiej nr 824 w Puławach.

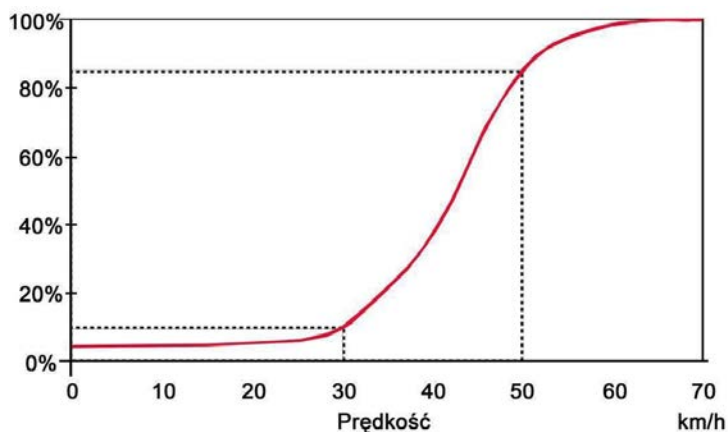
## 2. Wpływ ruchu pojazdów na jakość życia ludzi w otoczeniu drogi

Rozwój sieci dróg i transport drogowy stanowią nieodłączne elementy naszej cywilizacji i są przejawem pozytywnych zjawisk takich jak wzrost gospodarczy i postęp społeczny. Jednocześnie ruch pojazdów powoduje negatywne oddziaływania i zagrożenie dla człowieka. Najważniejszym z nich jest ryzyko utraty życia lub zdrowia w wyniku wypadku. Pod tym względem głównym zagrożeniem w ruchu drogowym jest nadmierna prędkość pojazdów. Im jest ona większa tym trudniej uniknąć wypadku i tym poważniejsze są obrażenia u ofiar.

W Polsce zbyt duża prędkość jest przyczyną ok. 30% wypadków śmiertelnych. W 2012 r. wypadki, w których uczestniczący w nich kierowcy jechali z prędkością niedostosowaną do warunków ruchu stanowiły 27% wypadków na drogach powiatowych, 25% wypadków na drogach krajowych i 21% wypadków na drogach wojewódzkich [1]. Przekraczanie dozwolonej prędkości w dalszym ciągu jest w Polsce zjawiskiem powszechnym. Zgodnie z raportem wykonanym na zlecenie Krajowej Rady Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego w 2013 r. na drogach miejskich z ograniczeniem prędkości do 50 km/h w dzień i do 60 km/h w nocy oraz na ulicach dwujezdniowych w miastach średnio w ciągu doby 80% kierowców przekraczało dozwoloną prędkość, przy czym 16% stanowiły przekroczenia o więcej niż 20 km/h. Z kolei, na przejściach dróg krajowych przez miasta i wsie, kierowcy przekraczający limit prędkości stanowili średnio w ciągu doby 83%, a przekroczenia o więcej niż 20 km/h stanowiły 26% [2].

Nagminne przekraczanie ograniczeń prędkości jest zagrożeniem zwłaszcza dla niechronionych uczestników ruchu: pieszych i rowerzystów. Polska niestety przoduje w tej niechlubnej statystyce: w naszym kraju piesi stanowią ok. 32% zabitych w wypadkach (dla porównania średnia w Unii Europejskiej wynosi 20%). Przykładowo, przy potrąceniu pieszego przez samochód jadący z prędkością 50 km/h prawdopodobieństwo, że poniesie on śmierć, jest bliskie 90%. Natomiast jeśli do potrącenia dojdzie przy prędkości 30 km/h pieszy ma 90% szans na przeżycie. Zależność tę ilustruje rys. 1 poniżej.

Sąsiedztwo drogi lub ulicy, po której poruszają się samochody z dużymi prędkościami powoduje niekorzystne oddziaływania środowiskowe, które są przyczyną pogorszenia kondycji zdrowotnej osób mieszkających w ich otoczeniu. Do tych oddziaływań należą przede wszystkim hałas, ale również zanieczyszczenia powietrza, gleby czy wód powierzchniowych i podziemnych.



Rys. 1. Zależność pomiędzy prędkością pojazdu i prawdopodobieństwem śmierci pieszego [6]

Według raportu Europejskiej Agencji Środowiska [3] około 40% ludności mieszkającej w największych miastach Unii Europejskiej może być narażona na średnie długookresowe poziomy hałasu generowanego przez ruch drogowy, które przekraczają 55 dB. Natomiast prawie 34 mln osób może być narażonych na długookresowe poziomy hałasu generowanego przez ruch drogowy, które przekraczają 50 dB w porze nocy. Są to wartości uznawane za dokuczliwe dla człowieka.

Hałas, jaki powstaje podczas ruchu drogowego generowany jest m.in. przez: silnik i układ napędowy pojazdu, oddziaływanie opon z nawierzchnią drogi, opory aerodynamiczne wytwarzane przez krawędzie pojazdu oraz uderzające o siebie elementy samochodów (głównie ciężarowych) i przewożonego ładunku. Parametrami decydującymi o poziomie hałasu są przede wszystkim: natężenie ruchu, prędkość pojazdów oraz udział w potoku ruchu tzw. pojazdów hałaśliwych - samochodów ciężarowych i motocykli. Bardzo istotne znaczenie na wielkość generowanego hałasu ma prędkość jazdy. Należy dodać, że jest to czynnik pozostający pod największą kontrolą zarządców dróg. Nie mają oni natomiast dużego wpływu na strukturę rodzajową ruchu czy na stan techniczny pojazdów poruszających się po drogach.

Należy również wspomnieć, że ruch drogowy jest również źródłem emisji substancji szkodliwych do powietrza: głównie dwutlenku węgla, tlenków azotu, węglowodorów aromatycznych, metali ciężkich oraz pyłów zawieszonych (PM10 i PM2.5). Powodują one takie choroby, jak: rak płuc, astma czy choroby układu krążenia. Według raportu [3] od 13% do 62% społeczeństwa Europy mieszkającego w obszarach miejskich jest narażona na stężenia pyłu zawieszonego w powietrzu większe od wartości dopuszczalnych. Również drgania generowane przez ruch pojazdów są jednym z wielu rodzajów oddziaływań mających wpływ na zdrowie oraz komfort życia osób mieszkających w bezpośrednim sąsiedztwie dróg. Są one najbardziej odczuwalne w zabudowaniach zlokalizowanych blisko drogi, a ich intensywność i szkodliwość jest pochodną prędkości, struktury rodzajowej ruchu (głównie udziału pojazdów ciężkich), stanu nawierzchni, zdolności podłoża do przenoszenia drgań oraz materiałów, z których wykonane są budynki.

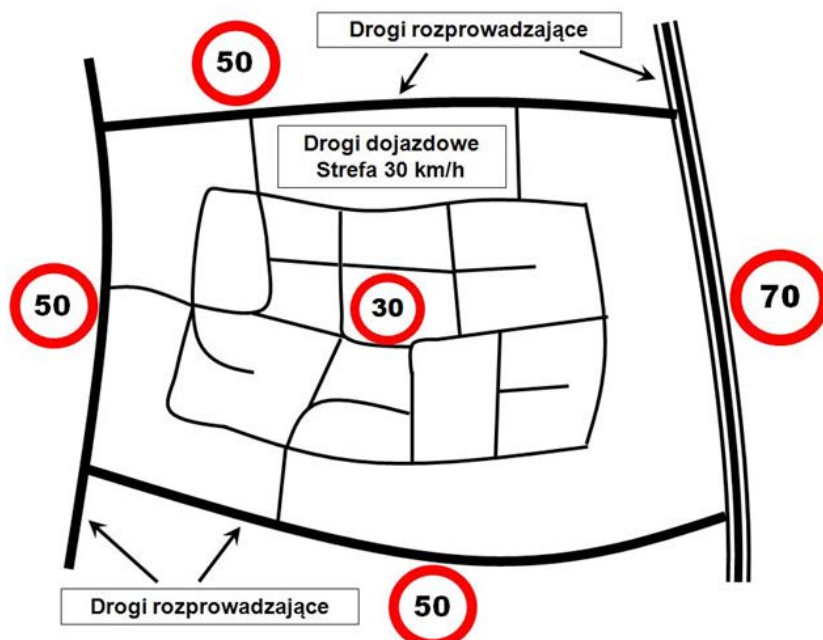
### 3. Uspokojenie ruchu jako sposób na poprawę bezpieczeństwa i stanu klimatu akustycznego

Jak powszechnie wiadomo, wprowadzenie oznakowania określającego prędkość dopuszczalną na danym odcinku drogi nie gwarantuje, że kierowcy będą przestrzegać tego ograniczenia. Ponieważ samo oznakowanie jest niewystarczające, wprowadza się dodatkowe elementy, które są w stanie w sposób automatyczny wyegzekwować przestrzeganie określonej prędkości. W zależności od tego, jaką funkcję ma pełnić droga lub ulica, poza wprowadzeniem odpowiedniego oznakowania informującego o maksymalnej prędkości dopuszczalnej, powinny się pojawić odpowiednie ukształtowanie geometrii oraz elementy wyposażenia drogi lub ulicy, które spowodują faktyczne ograniczenie prędkości. Jest to tzw. fizyczne uspokojenie ruchu za pomocą środków technicznych, które wywołuje pożądane zachowania uczestników ruchu, a jednocześnie zapobiega zachowaniom niepożądanym poprzez uniemożliwienie lub znaczące utrudnienie określonych zachowań, takich jak jazda z prędkością wyższą od dopuszczalnej, wyprzedzanie, skręcanie z niewłaściwego pasa ruchu itp.

Uspokojenie ruchu polega na takim kształtowaniu środowiska drogowego za pomocą środków planistycznych i inżynierskich, które pozwoli na osiągnięcie kompleksowego efektu poprawy bezpieczeństwa ruchu użytkowników dróg, zmniejszenia uciążliwości transportu i polepszenia funkcjonowania przestrzeni publicznej w obszarach zabudowanych. Zasadniczym i podstawowym sposobem na poprawę bezpieczeństwa jest zapewnienie odpowiednio niskiej prędkości ruchu pojazdów. Należy zwrócić uwagę, że w większości przypadków rozwiązania te mają na celu przede wszystkim doprowadzenie prędkości pojazdów do wartości zgodnej z ograniczeniami obowiązującymi na danym odcinku drogi, ulicy lub na danym obszarze.

Drugim ważnym elementem uspokojenia jest poprawa płynności ruchu. Polega ona na stworzeniu warunków umożliwiających utrzymanie w miarę jednostajnej, bezpiecznej prędkości jazdy, dzięki zmniejszeniu liczby spowolnień i przyspieszeń pojazdu. Działania te są ukierunkowane na zmniejszenie zagrożenia wszystkich uczestników ruchu, a jednocześnie na ograniczenie oddziaływań środowiskowych i w efekcie na poprawę jakości życia ludzi.

Uspokojenie ruchu jest z reguły wprowadzane na znacznym obszarze miasta i polega na skoordynowanym stosowaniu fizycznych środków inżynierii drogowej i organizacji ruchu w celu zwiększenia bezpieczeństwa, zapewnienia przestrzegania przepisów, poprawy warunków środowiskowych i ładu przestrzennego oraz waloryzacji otoczenia. Jest to jednocześnie działanie z dziedziny zarządzania siecią drogową, zarządzania prędkością oraz zagospodarowania przestrzennego. Obejmuje ono wprowadzanie funkcjonalnej hierarchizacji układu drogowego (różnicowanie sieci drogowej w zależności od funkcji jaką pełni droga na danym obszarze) na terenie zabudowanym. Jednocześnie na całym obszarze wprowadza się fizyczne rozwiązania z zakresu inżynierii ruchu drogowego i organizacji ruchu, które mają za zadanie wyegzekwować na kierujących pojazdami przestrzeganie przepisowych ograniczeń prędkości, zakazów wyprzedzania i innych niebezpiecznych i nieprzepisowych zachowań poprzez stosowanie fizycznych środków technicznych. Schemat funkcjonalnie zhierarchizowanej sieci drogowo-ulicznej przedstawiono poniżej na rys. 2.



Rys. 2. Przykładowy schemat funkcjonalnej hierarchizacji sieci drogowej – ulicznej wraz z zarządzaniem dostępnością i strefami prędkości [12].

W przypadku miast doprowadzenie prędkości pojazdów do wartości wynikających z przepisowych ograniczeń (czyli urealnienie prędkości ruchu) oraz wykształcenie takich warunków, aby ruch pojazdów odbywał się w sposób jak najbardziej płynny, powoduje dodatkowy efekt jakim jest znaczące obniżenie emisji hałasu. Jak wykazują badania, najniższa emisja hałasu występuje, gdy pojazdy poruszają się z prędkościami w przedziale od 30 – 50 km/h [7]. Dlatego też można przyjąć, iż prędkości, które występują po zastosowaniu środków uspokojenia ruchu (30-50 km/h), z punktu widzenia oddziaływania na klimat akustyczny są prędkościami optymalnymi. Należy natomiast wspomnieć, iż efekt ten nie zawsze jest odzwierciedlony w algorytmach modeli obliczeniowych, o czym wspomniano szerzej w dalszej części opisu.

#### 4. Wpływ uspokojenia ruchu na stan klimatu akustycznego w otoczeniu dróg i ulic

Zestaw metod planistycznych i środków technicznych zwany uspokojeniem ruchu w praktyce powoduje poprawę kilku parametrów ruchu, które mają bezpośredni wpływ na kształtowanie klimatu akustycznego w otoczeniu dróg. Są to m.in.: poprawa płynności ruchu, obniżenie natężenia ruchu, ograniczenie ruchu pojazdów ciężkich oraz redukcja prędkości ruchu.

**Poprawa płynności ruchu** polega na zmniejszeniu liczby hamowań i przyspieszeń. Oprócz poprawy bezpieczeństwa użytkowników dróg, ma również zauważalny wpływ ograniczenie poziomu hałasu. Wyniki badań potwierdzają, że 1 samochód poruszający się z prędkością obrotową silnika równą 2000 obr/min



powoduje taki sam hałas jak 32 samochody poruszające się z tą samą prędkością ruchu, ale z prędkością obrotową silnika równą 4000 obr/min [8]. Zmiana stylu jazdy kierowców i poprawa płynności ruchu mogą mieć zatem bardzo wymierny wpływ na stan klimatu akustycznego, co można również zauważyć analizując dane przedstawione poniżej w tabeli 1. Odpowiednie działania, w tym przypadku obszarowe sterowanie ruchem powodujące jego upłynnienie, mogą zatem skutecznie zapobiegać zwiększaniu emisji hałasu.

Tabela 1. Wpływ ruchu z przyspieszeniem przy prędkości 30 km/h i 50 km/h na emisję hałasu w podziale na poszczególne kategorie pojazdów [8].

Rodzaj pojazdu	Przyspieszanie przy prędkości 30 km/h	Przyspieszanie przy prędkości 50 km/h
Samochód osobowy	+ 2,0 dB	+ 1,4 dB
Samochód dostawczy	+ 3,5 dB	+ 2,3 dB
Samochód ciężarowy (zależnie od mocy silnika)	od + 3,5 dB do + 4,4 dB	od + 2,7 dB do + 3,5 dB

**Obniżenie natężenia ruchu** w wybranych obszarach miasta odbywa się głównie na poziomie planistycznym. Poprzez odpowiednią politykę parkingową i ograniczenie dostępności centralnych obszarów (np. płatne parkowanie, opłaty za wjazd do centrum, zamknięcie niektórych obszarów dla ruchu), a także poprzez odpowiednie uprzywilejowanie komunikacji zbiorowej, zapewnienie dobrych warunków ruchu pieszym oraz promowanie wykorzystania roweru, można w istotny sposób wpłynąć na zmniejszenie ruchu pojazdów w wybranych strefach. Ma to bezpośredni wpływ na emisję dźwięku. Można tym sposobem (w zależności od wielkości redukcji natężenia ruchu) ograniczyć hałas nawet o ok. 6 dB [9], co jest bardzo znaczącą zmianą. Jednak, jak już wspomniano powyżej, aby uzyskać redukcję natężenia ruchu na wybranym obszarze na poziomie np. 75% trzeba koniecznie wprowadzić alternatywne sposoby dla zapewnienia odpowiedniej obsługi komunikacyjnej tego obszaru. Poniżej w tabeli 2. przedstawiono, jaki wpływ na redukcję poziomu hałasu ma ograniczenie natężenia ruchu.

Tabela 2. Wpływ redukcji natężenia ruchu na zmniejszenie poziomu hałasu [9].

Spadek natężenia ruchu	Zmniejszenie poziomu hałasu ( $L_{Aeq}$ )
10%	0,5 dB
20%	1,0 dB
30%	1,6 dB
40%	2,2 dB
50%	3,0 dB
75%	6,0 dB

**Ograniczenie ruchu pojazdów ciężkich** jest jedną z metod poprawy zarówno bezpieczeństwa, jak i klimatu akustycznego. Zarządzanie dostępnością dróg i zakazy poruszania się określonych kategorii pojazdów powinny dotyczyć przede wszystkim pojazdów szczególnie hałaśliwych, które wywierają najbardziej niekorzystny wpływ na klimat akustyczny: ciężarówek i motocykli. Również zarządzanie dostępnością wybranych obszarów może odbywać się w sposób dynamiczny i można je uzależnić od zmiennych, takich jak określony dzień tygodnia, pora dnia lub roku. Poniżej

przedstawiono jak redukcja liczby pojazdów ciężkich w potoku ruchu wpływa na zmniejszenie emisji hałasu (tabela 3).

Tabela 3. Wpływ zmniejszenia udziału w ruchu pojazdów ciężkich na redukcję hałasu [9].

Zmniejszenie udziału w ruchu pojazdów ciężkich	Prędkość 50 km/h	Prędkość 80 km/h
z 5% do 0	- 0,7 dB	- 1,0 dB
z 10% do 0	- 1,4 dB	- 1,9 dB
z 15% do 0	- 2,0 dB	- 2,6 dB

**Redukcja prędkości** i doprowadzenie jej do wartości zgodnych z obowiązującymi ograniczeniami odbywa się poprzez kompleksowe zastosowanie fizycznego uspokojenia ruchu na wybranych obszarach (obszarowe uspokojenie ruchu) i ciągach ulic (liniowe uspokojenie ruchu). Zastosowanie kompleksowe oznacza, że nie stosuje się rozwiązań odosobnionych np. progów spowalniających na fragmencie jednej ulicy, tylko na większym obszarze: np. na całym osiedlu lub całym ciągu ulic wprowadza się szereg różnych rozwiązań, które przede wszystkim mają na celu fizyczne wyegzekwowanie na kierujących jazdy z prędkością zgodną z obowiązującym ograniczeniem.

Oprócz poprawy bezpieczeństwa wprowadzenie takiego ukształtowania i organizacji ruchu na sieci ulic, które wymusza jazdę z niższą prędkością, ma również pozytywny efekt w postaci obniżenia hałasu. W tym przypadku zmniejszenie oddziaływania akustycznego dotyczy całego ciągu ulicy, a nawet całego obszaru, ponieważ nie jest to rozwiązanie punktowe i odosobnione, tylko zastosowane kompleksowo dla większego obszaru.

Coraz bardziej powszechnym rozwiązaniem z dziedziny obszarowego uspokojenia ruchu, będącym jednocześnie sposobem na poprawę bezpieczeństwa i klimatu akustycznego, jest strefa ograniczenia prędkości do 30 km/h. Rozwiązanie to zdobywa coraz większą popularność również w Polsce. Strefa ta może być wprowadzana w ciągu drogi przechodzącej przez ścisłe centrum miejscowości, jak również jako układ dedykowany dla całej części miasta lub miejscowości. Obserwując ich wdrażanie można zauważyć, że w początkowym okresie (na etapie koncepcji i projektu oraz podczas realizacji) odbiór społeczny nie zawsze jest pozytywny. W większości przypadków wynika to z faktu, że kierowcy zbyt często odbierają sam fakt wprowadzenia strefy ograniczenia prędkości do 30 km/h jako restrykcję, mimo, że jeszcze przed jej wprowadzeniem rzeczywista prędkość pojazdów może być niższa niż 30 km/h. Jednocześnie zbyt mało eksponuje się korzyści dla niechronionych użytkowników dróg - pieszych i rowerzystów. Jednak z reguły po oddaniu do ruchu (czasem nawet po kilkumiesięcznym funkcjonowaniu), jeżeli wprowadzone rozwiązania są skuteczne, odbiór społeczny poprawia się na tyle, że przy kolejnych przebudowach ulic mieszkańcy wręcz wymuszają na władzach miasta wprowadzenie tego typu rozwiązań. Badania przeprowadzone w różnych krajach Europy dowodzą, że dzięki wprowadzeniu strefy ograniczenia prędkości do 30 km/h można osiągnąć spadek liczby wypadków i ofiar nawet o 70% [12]. Oprócz tego przyjmuje się, że rozwiązanie w postaci strefy 30 wpływa na obniżenie hałasu o kilka decybeli [13], co niewątpliwie stanowi istotną wartość dodaną tego typu realizacji.

## 5. Analiza skuteczności uspokojenia ruchu pod względem redukcji prędkości i emisji hałasu: studium przypadku na drodze wojewódzkiej nr 824 w Puławach

Uspokojenie ruchu na drodze wojewódzkiej nr 824 w Puławach zostało wprowadzone w ramach projektu „Miasteczko Holenderskie” zrealizowanego na obszarze osiedla Włostowice. Podstawowym celem pracy ukończonej w zimie 2009 r. było uzyskanie poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego na terenie osiedla Włostowice oraz na odcinku drogi wojewódzkiej przebiegającej na obrzeżu tego osiedla.

Miejski odcinek drogi wojewódzkiej nr 824 tworzą ulice Kazimierska i Włostowicka. Stanowi on główną oś układu drogowo-ulicznego południowej części Puław, a zarazem jest najczęściej wykorzystywaną drogą dojazdową do Kazimierza nad Wisłą, popularnej miejscowości rekreacyjno-wypoczynkowej. Z tego powodu główne założenia uspokojenia ruchu na miejskim odcinku drogi wojewódzkiej nr 824 były następujące:

- zachowanie dotychczasowej tranzytowej funkcji drogi, jednak przy nadaniu jej cech egzekwujących ograniczenia prędkości,
- weryfikacja dostępności do drogi i ograniczeń prędkości oraz zapewnienie ich egzekwowania za pomocą środków inżynierskich,
- zniechęcanie ruchu tranzytowego do przejeżdżania przez teren osiedla (zjeżdżania z drogi wojewódzkiej w głąb obszarów zabudowanych) – poprzez zastosowanie obszarowego uspokojenia ruchu na terenie całego osiedla.

Na miejskim odcinku drogi wojewódzkiej (ul. Kazimierska i ul. Włostowicka) wprowadzono kompleksowe uspokojenie ruchu od granicy miasta Puławy do skrzyżowania ul. Kazimierskiej z ul. Głęboką i ul. Skowieszyńską. Znajdują się na nim typowe elementy dla liniowego uspokojenia ruchu:

- bramy wjazdowe do miejscowości (obszaru zabudowanego) z kierunku południowego;
- wyniesione powierzchnie skrzyżowań;
- skrzyżowania z wydzielonymi pasami do skrętów w lewo;
- środkowy pas wyniesiony i brukowany o zmiennej szerokości (przejezdny);
- ścieżka rowerowa powiązana z siecią dróg rowerowych w mieście;
- nowe zatoki autobusowe na przystankach.

Poniżej przedstawiono krótką charakterystykę najważniejszych środków uspokojenia ruchu zastosowanych na analizowanym odcinku drogi wojewódzkiej, które mają wpływ zarówno na redukcję prędkości, jak i hałasu na sąsiadujących terenach podlegających ochronie akustycznej.

Pierwszym z nich jest **brama wjazdowa** do miejscowości. Stanowi ona rodzaj wyspy środkowej, powodującej odgięcie torów jazdy pojazdów wjeżdżających i wyjeżdżających z miasta (obszaru zabudowanego). Odgięcie to wymusza redukcję prędkości, co w połączeniu ze zmianą zagospodarowania terenu i zmianą wystroju otoczenia drogi wyraźnie wskazuje kierującemu na wjazd do strefy o ograniczonej prędkości, w której występuje wzmożony ruch pieszy, rowerowy, większa gęstość skrzyżowań itd. Jedna brama jest zlokalizowana na granicy administracyjnej mia-

sta, w miejscu gdzie zwiększa się intensywność zabudowy i pojawiają się chodniki. Druga brama znajduje się natomiast na początku odcinka drogi w miejscu, gdzie zaczyna się odcinek ruchu uspokojonego (fot. 1).



Fot. 1. Brama wjazdowa na drodze wojewódzkiej nr 824 w Puławach.

**Wyniesione powierzchnie skrzyżowań** (fot. 2) poprawiają ich dostrzegalność, porządkują ruch i wymuszają zmniejszenie prędkości przy wjeździe na skrzyżowanie z każdego kierunku. Dodatkowo poprawiają bezpieczeństwo i komfort poruszania się pieszych, ponieważ powierzchnia wyniesiona tarczy skrzyżowania zrównana jest z poziomem chodników, a bezpośrednio przed przejściem dla pieszych znajduje się najazd spowalniający pojazdy. Na niektórych wyniesionych skrzyżowaniach znajdują się wydzielone pasy do skrętów w lewo. Wyniesione powierzchnie skrzyżowań są powiązane ze środkowym pasem brukowanym i znajdują się na najważniejszych skrzyżowaniach na przedmiotowym odcinku. Na wyniesionych skrzyżowaniach oraz na innych wyniesionych powierzchniach spowalniających ruch zastosowanych na obszarze „Miasteczka Holenderskiego” bardzo istotną rolę odgrywają rampy najazdowe o profilu sinusoidalnym. Dzięki takiemu ukształtowaniu najazdu nie występuje efekt podrzutu, a jednocześnie możliwe jest dostosowanie najazdu do różnych wartości prędkości, co znacznie rozszerza możliwość stosowania wyniesionych elementów spowalniających ruch. Sinusoidalny przekrój rampy powoduje również mniejszy hałas przejeżdżających po nim pojazdów.





Fot. 2. Wyniesiona powierzchnia skrzyżowania na drodze wojewódzkiej nr 824 w Puławach

**Środkowy pas wyniesiony** to kolejny środek uspokojenia ruchu zastosowany w ciągu drogi wojewódzkiej nr 824. Jest on wykonany z kostki betonowej, wyniesiony ponad poziom nawierzchni bitumicznej oraz obramowany krawężnikiem leżącym. Pas ten dopuszcza przejazd pojazdów, ale tylko w określonych celach, tj. dojazdy do posesji, wyprzedzanie pojazdów wolnobieżnych, omijanie pojazdów które uległy awarii itd. Pas brukowany powoduje separację przeciwnych kierunków ruchu, a co za tym idzie ogranicza niebezpieczne wyprzedzanie. Ponieważ podstawowe pasy ruchu zostały zawężone do minimalnych dopuszczalnych szerokości, obecność dodatkowego pasa dodatkowo optycznie zawęży pasy ruchu i ma wpływ na skuteczniejsze ograniczenie prędkości. Pas brukowany ma zmienną szerokość, dostosowaną do warunków miejscowych, istniejącej zabudowy i potrzeb wynikających z geometrii drogi. Fragment tego rozwiązania przedstawiono poniżej na fot. 3.

W ramach badań poziomu hałasu wykonano pomiary pilotażowe hałasu w kilku charakterystycznych punktach zlokalizowanych w sąsiedztwie odcinka drogi wojewódzkiej nr 824 w Puławach. Na podstawie analizy wyników pomiarów możliwe było określenie poziomu dźwięku w miejscach, w których zastosowano różnego rodzaju metody uspokojenia ruchu. Czas w jakim wykonano każdy pomiar w sąsiedztwie ul. Włostowickiej i Kazimierskiej był równy 15 minut, co umożliwiło późniejszą weryfikację modelu obliczeniowego. Nie można natomiast na podstawie analizy wyników tych pomiarów stwierdzić czy poziom dźwięku w poszczególnych miejscach przekracza wartości dopuszczalne (nie było to celem niniejszego badania i pomiarów pilotażowych).



Fot. 3. Środkowy pas wyniesiony na drodze wojewódzkiej nr 824 w Puławach

W każdym przypadku wraz z pomiarami hałasu wykonywano również pomiary natężenia ruchu i prędkości pojazdów. Są to jedne z najważniejszych (oprócz udziału pojazdów ciężkich w potoku ruchu) parametrów, które decydują o poziomie hałasu w sąsiedztwie tras komunikacyjnych. Łączna analiza tych parametrów (równoważny poziom dźwięku, natężenie ruchu, prędkość pojazdów), umożliwiła sformułowanie kompleksowych wniosków dotyczących wpływu uspokojenia ruchu na stan klimatu akustycznego w sąsiedztwie drogi wojewódzkiej nr 824. Należy zaznaczyć, że efekt redukcji hałasu związany z zastosowaniem środków uspokojenia ruchu nie jest związany tylko z obniżeniem prędkości, co jest głównym celem stosowania tego typu rozwiązań. Równie istotna jest zmiana stylu jazdy kierowców, co w połączeniu z redukcją prędkości może spowodować znaczne ograniczenia poziomu dźwięku. Zagadnienie to opisano nieco szerzej w dalszej części opisu. Poniżej w tabeli 4 przedstawiono charakterystykę miejsc, w których wykonywano pomiary.



Tabela 4. Charakterystyka miejsc zlokalizowanych w sąsiedztwie drogi wojewódzkiej nr 824 w Puławach, dla których wykonano pomiary hałasu i obliczenia akustyczne.

Lp.	Opis przekroju pomiarowego (zastosowane sposoby uspokojenia ruchu drogowego)
1	Przejazd pojazdów przed strefą ruchu uspokojonego na granicy administracyjnej miasta Puławy.
2	Przejazd pojazdów przez bramę nr 1 zlokalizowaną za granicą administracyjną miasta Puławy
3	Przejazd pojazdów pomiędzy bramą nr 1 i 2
4	Przejazd pojazdów przez bramę nr 2 zlokalizowaną bezpośrednio przed początkiem strefy uspokojenia ruchu.
5	Przejazd pojazdów pomiędzy bramą nr 2 i skrzyżowaniem z wyniesioną tarczą ul. Włostowickiej i Kowalskiej
6	Najazd pojazdów na skrzyżowanie z wyniesioną tarczą ul. Włostowickiej i Kowalskiej
7	Przejazd przez skrzyżowanie z wyniesioną tarczą ul. Włostowickiej i Kowalskiej
8	Przejazd pomiędzy skrzyżowaniem z wyniesioną tarczą ul. Włostowickiej i Kowalskiej i progiem zwalniającym
9	Przejazd przez próg zwalniający

Poniżej w tabeli 5 przedstawiono wyniki pomiarów równoważnego poziomu dźwięku, natężenia ruchu i prędkości pojazdów. Pomiary hałasu wykonywane były w punktach zlokalizowanych w odległości 10 m od krawędzi jezdni i na wysokości 4 m nad poziomem terenu. Należy zaznaczyć, że z uwagi na uwarunkowania terenowe, pomiar hałasu w punkcie nr 9 (przejazd przez próg) wykonany został w odległości bliższej – 4.3 m od krawędzi jezdni. W celu porównania wyników tego pomiaru z innymi, obliczono przy użyciu modelu, poziom dźwięku w tym samym przekroju, ale w punkcie oddalonym o 10 m od krawędzi drogi. Otrzymano w ten sposób poprawkę z uwagi na zwiększenie odległości punktu od źródła dźwięku i w dalszej części referatu przyjmowano wyniki w tym punkcie z uwzględnieniem korekcji.

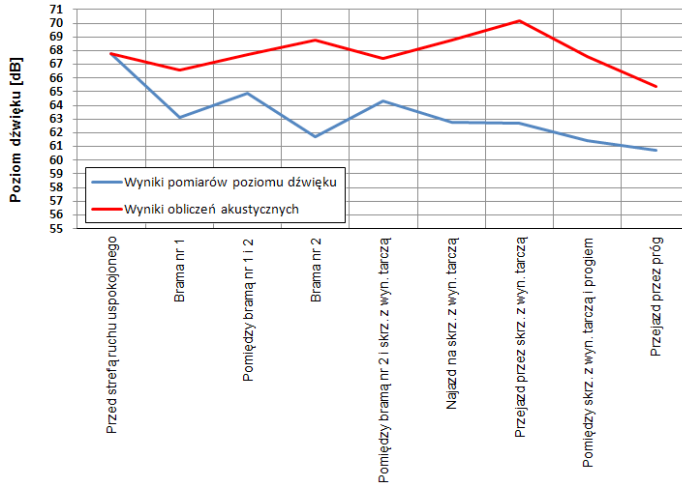
Tabela 5. Zestawienie wyników pomiarów poziomu dźwięku, natężenia ruchu i prędkości pojazdów w miejscach, w których zastosowano różne sposoby uspokojenia ruchu.

Nr punktu pomiarowego	Natężenie ruchu w czasie, w którym wykonywano pomiary hałasu (15 minut)		Średnia prędkość pojazdów [km/h], zmierzona w trakcie wykonywania pomiarów hałasu.		Zmierzony równoważny poziom dźwięku [dB A]
	Pojazdy lekkie	Pojazdy ciężkie	Pojazdy lekkie	Pojazdy ciężkie	
1	102	7	69	68	67.8
2	120	6	45	36	63.1
3	118	9	59	56	64.9
4	126	8	27	23	61.7
5	132	9	49	48	64.3
6	159	6	27	19	62.8
7	148	8	24	24	62.7
8	176	7	35	30	61.4
9	195	5	27	16	63.6 (60.7)*

\*) Z uwagi na ograniczenia związane z zagospodarowaniem terenu, punkt pomiarowy był zlokalizowany w odległości 4.3 m od krawędzi jezdni. Poziom dźwięku równy 63.6 dB to wynik pomiaru, natomiast na potrzeby referatu uwzględniono korekcję równą 2.9 dB (na podstawie wyników obliczeń w punkcie zlokalizowanym w tym samym przekroju, ale odległym od krawędzi jezdni o 10 m) i do dalszych analiz przyjmowano poziom 60.7 dB.

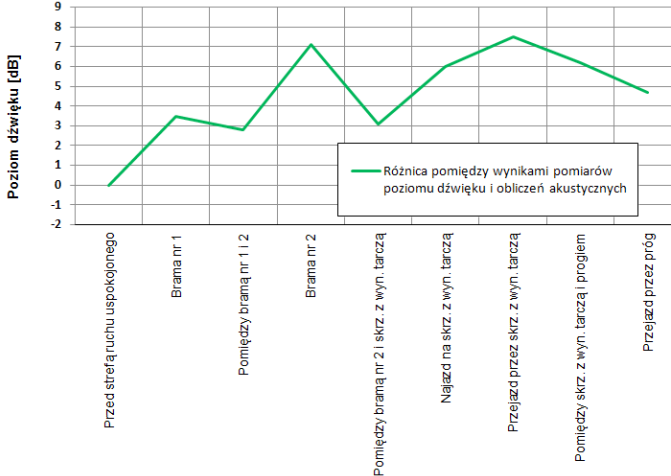
Analizując wyniki pomiarów przedstawione w powyższej tabeli, należy w pierwszej kolejności zwrócić uwagę, na zwiększające się natężenie ruchu pojazdów w każdym kolejnym przekroju pomiarowym zlokalizowanym coraz bliżej centrum Puław (w punkcie nr 1 natężenie ruchu jest najmniejsze, a w punkcie nr 9 największe). Wpływ na to może mieć różny czas, w którym wykonywano pomiary oraz zmiana charakteru ruchu, który w przekrojach zlokalizowanych najbliżej centrum miasta, miał charakter coraz bardziej lokalny, a mniej tranzytowy. Poziom dźwięku przyjmuje natomiast największą wartość w przekroju nr 1, w którym natężenie ruchu pojazdów było najmniejsze. Punkt ten, jako jedyny zlokalizowany był poza strefą ruchu uspokojonego. Prędkości pojazdów były w tym przypadku największe (blisko 70 km/h zarówno dla pojazdów lekkich, jak i ciężkich). W każdym kolejnym punkcie zmierzona prędkość pojazdów była mniejsza, co wiązało się oczywiście z istniejącą strefą uspokojenia ruchu. Pomimo wzrostu natężenia ruchu o prawie 100% (różnica pomiędzy punktem nr 1 i 9), poziom dźwięku w każdym punkcie, zlokalizowanym w strefie uspokojenia ruchu był niższy niż w punkcie nr 1. Maksymalna różnica wyniosła ponad 7 dB. Należy podkreślić, że pomiary poziomu dźwięku były wykonywane w czasie 15 minut, o czym wspomniano już powyżej. W związku z tym ich wyniki należy traktować orientacyjnie. Niemniej redukcja poziomu dźwięku w każdym punkcie o co najmniej 3 dB (maksymalnie ponad 7 dB), świadczy o znacznym i bardzo korzystnym wpływie zastosowania strefy ruchu uspokojonego na stan klimatu akustycznego w sąsiedztwie drogi wojewódzkiej nr 824 w Puławach. Należy podkreślić, że w sytuacjach, w których zastosowanie innych działań mających na celu poprawę klimatu akustycznego (np. ekrany akustyczne, nawierzchnia o obniżonej hałaśliwości, itp.) może być niemożliwe, uspokojenie ruchu może być najlepszym i bardzo skutecznym sposobem na obniżenie poziomu dźwięku. Zastosowanie tego typu działań może być bardzo dobrym rozwiązaniem szczególnie w centrach miast lub na terenach obszarów zabudowanych – osiedli mieszkaniowych, gdzie oprócz obniżenia hałasu, nastąpi również poprawa bezpieczeństwa ruchu drogowego związana z obniżeniem prędkości pojazdów i zmianą stylu jazdy kierowców na mniej agresywny.

W ramach niniejszego referatu wykonano również obliczenia akustyczne w tych samych punktach, w których wykonywane były pomiary hałasu „in situ”. W tym celu wykorzystano francuski model obliczeniowy NMPB Routes-96 (Guide du Bruit). Przekrój nr 1, zlokalizowany poza strefą ruchu uspokojonego, przyjęto jako referencyjny, a model akustyczny skalibrowano w tym punkcie do wyników pomiarów. Wyniki pomiarów hałasu i obliczeń przedstawiono poniżej na rys. 4.



Rys. 4. Wyniki pomiarów poziomu dźwięku i obliczeń akustycznych w punktach zlokalizowanych w strefie uspokojonego ruchu w ciągu drogi wojewódzkiej nr 824 w Puławach.

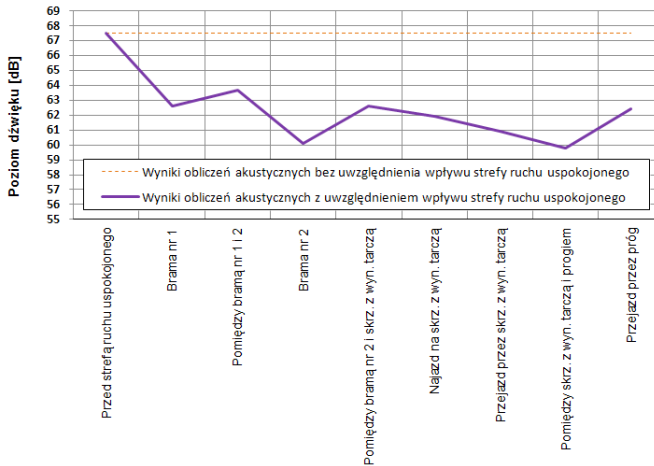
Analizując dane przedstawione na powyższym rysunku należy zauważyć znaczne rozbieżności pomiędzy wynikami pomiarów hałasu i obliczeń akustycznych we wszystkich punktach, które znajdowały się w strefie ruchu uspokojonego. W każdym miejscu poziom dźwięku zmierzony w warunkach rzeczywistych był mniejszy niż poziom otrzymany z obliczeń akustycznych. Różnicę tę przedstawiono dodatkowo na rys. 5 poniżej.



Rys. 5. Różnica pomiędzy wynikami pomiarów poziomu dźwięku i wynikami obliczeń akustycznych wykonanych w sąsiedztwie drogi wojewódzkiej nr 824 w Puławach (wartość dodatnie oznaczają, że poziom dźwięku zmierzony w warunkach rzeczywistych jest mniejszy niż poziom dźwięku otrzymany z obliczeń).

Francuski model obliczeniowy NMPB Routes-96 uwzględnia w obliczeniach podstawowe parametry ruchu decydujące o poziomie dźwięku (natężenie ruchu, prędkości pojazdów, udział procentowy pojazdów ciężkich). Znaczne rozbieżności powstałe pomiędzy wynikami pomiarów i obliczeń mogą być w tym przypadku spowodowane brakiem uwzględnienia w wystarczający sposób w algorytmach modelu obliczeniowego korekcji związanych ze stylem jazdy kierowców w strefie ruchu uspokojonego. Brak gwałtownych manewrów przyspieszania i hamowania, który charakteryzuje uspokojony ruch, powoduje mniejszą emisję hałasu, co nie zostało w rzeczywisty sposób uwzględnione w modelu pomimo tego, że zakłada on kilka uproszczonych stylów jazdy. W strefie ruchu uspokojonego utworzonej w ciągu drogi wojewódzkiej nr 824 prędkość z jaką poruszają się kierowcy kształtuje się w większości przypadków w przedziale 20 – 50 km/h. Model francuski charakteryzuje się natomiast wzrostem poziomu dźwięku dla prędkości mniejszej niż 50 km/h, co nie oddaje w rzeczywisty sposób poziomu dźwięku, jaki jest emitowany przez pojazdy poruszające się z niższymi prędkościami. W związku z powyższym należy pamiętać, aby każdorazowo wyniki obliczeń akustycznych wykonanych w celu określenia klimatu akustycznego na terenach sąsiadujących ze strefą uspokojonego ruchu weryfikować z wynikami pomiarów hałasu wykonanymi w warunkach rzeczywistych. Celowe wydaje się również kontynuowanie badań w celu oszacowania współczynników korekcyjnych, które będzie można kompleksowo uwzględniać w modelach podczas wykonywania obliczeń dla odcinków dróg, na których zastosowano różne metody uspokojenia ruchu.

W każdym punkcie, w którym wykonywano pomiary hałasu na potrzeby niniejszego referatu natężenie ruchu pojazdów było różne. Utrudniało to określenie wprost redukcji poziomu dźwięku jaka nastąpiła w każdym analizowanym miejscu, w którym zastosowano poszczególne metody uspokojenia ruchu. W związku z tym, w ramach niniejszego referatu, wykonano ponownie obliczenia akustyczne, ale tym razem założono w obliczeniach i modelowaniu, że na całym analizowanym odcinku drogi natężenie ruchu jest stałe (przyjęto wartości średnie otrzymane z wszystkich punktów pomiarowych). Obliczenia wykonano w dwóch wariantach (rys. 6). W pierwszym z nich założono hipotetycznie, że strefa ruchu uspokojonego nie istnieje (na całym analizowanym odcinku natężenie ruchu i prędkości pojazdów są stałe). W drugim wariantcie obliczeniowym założono natomiast redukcję prędkości, jaka nastąpiła w związku z zastosowaniem strefy uspokojonego ruchu. Dodatkowo w każdym punkcie zastosowano korekcję wynikającą z wpływu strefy na podstawie porównań wykonanych w ramach niniejszego referatu (wartości tych korekcji przedstawia rys. 5 powyżej).



Rys. 6. Wyniki obliczeń akustycznych przy uwzględnieniu i braku uwzględnienia korekcji dotyczącej wpływu strefy ruchu uspokojonego na wielkość poziomu dźwięku.

Analizując wyniki obliczeń akustycznych przedstawionych powyżej można zauważyć, że wprowadzenie strefy ruchu uspokojonego ma bardzo korzystny wpływ na emisję hałasu do środowiska. Redukcja poziomu dźwięku w niektórych przekrojach była większa niż 7 dB. W każdym przypadku poziom hałasu jest zdecydowanie mniejszy niż w hipotetycznej sytuacji, w której nie uwzględniono wpływu strefy ruchu uspokojonego. Jak wspomniano powyżej uspokojenie ruchu jest bardzo korzystne pod kątem ochrony przeciwdźwiękowej terenów, które są narażone na oddziaływanie hałasu o wysokim poziomie dźwięku i dla których zastosowanie innych działań może być bardzo utrudnione lub wręcz niemożliwe.

## 6. Podsumowanie

W niniejszym opisie wskazano na wpływ zastosowania środków uspokojenia ruchu na bezpieczeństwo użytkowników dróg i mieszkańców terenów zlokalizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie tras komunikacyjnych. Na podstawie wyników pomiarów pilotażowych i obliczeń akustycznych wykonanych dla odcinka drogi wojewódzkiej nr 824 w Puławach przedstawiono w jaki sposób wprowadzenie strefy ruchu uspokojonego wpłynęło na poprawę stanu klimatu akustycznego na sąsiadujących terenach. Redukcja poziomu dźwięku w niektórych przekrojach tego odcinka była większa niż 7 dB. Wynik ten należy odnosić do prawidłowo stosowanych środków uspokojenia ruchu oraz z góry przewidywanych efektów związanych z płynnym przejazdem pojazdów – np. do tej pory stosowane progi w kraju są progami podrzutowymi, które mogą być przyczyną zwiększonej emisji hałasu, natomiast w przypadku tej drogi zastosowano progi o płynnym najjeździe i zjeździe o kształcie sinusoidalnym. Uspokojenie ruchu jest zatem bardzo dobrym środkiem powodującym redukcję poziomu hałasu, a dodatkowo może być stosowane w przypadkach, w których realizacja innych działań (np. ekrany akustyczne czy nawierzchnie o obniżonej hałaśliwości) może być bardzo utrudniona lub wręcz niemożliwa (centra miast).

W ramach niniejszych analiz zwrócono również uwagę na rozbieżności pomiędzy wynikami obliczeń i pomiarów wykonanych w tych samych punktach zlokalizowanych w granicach strefy ruchu uspokojonego. Brak weryfikacji wyników obliczeń akustycznych z wynikami pomiarów może prowadzić do sytuacji, w której wyniki obliczeń będą znacznie różniły się w stosunku do rzeczywistości. Dla środków zastosowanych w ciągu drogi wojewódzkiej nr 824 w Puławach oszacowano wartości różnic pomiędzy wynikami pomiarów a obliczeń, które wskazują na brak dopasowania wskazań modelu obliczeniowego do rzeczywistości. Wartości tych różnic nie można natomiast wprost odnosić do innych stref ruchu uspokojonego, dla których redukcja poziomu dźwięku może różnić się od badanego przypadku. Istnienie zatem potrzeba prowadzenia dalszych, bardziej szczegółowych badań w celu oszacowania współczynników korekcyjnych, które będzie można przyjmować kompleksowo w tego typu sytuacjach.

## Literatura

- [1] Stan bezpieczeństwa ruchu drogowego w Polsce w 2012 roku, Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej Sekretariat Krajowej Rady Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego, Warszawa 2013.
- [2] Prędkość pojazdów w Polsce. Raport z badań 2013 wykonany na zlecenie Sekretariatu Krajowej Rady Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego, Gdańsk, Kraków, Warszawa, 2014 r.
- [3] Europejska Agencja Środowiska. Środowisko Europy 2010. Stan i prognozy – synteza. Kopenhaga 2010
- [4] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 października 2012 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku Dz.U. 2012 nr 0 poz. 1109 z dnia 1 października 2012 r.
- [5] Ustawa Prawo ochrony środowiska Dz. U. Nr 62, poz. 627 z dnia 27 kwietnia 2001 roku z późniejszymi zmianami.
- [6] J. Bohatkiewicz, S. Biernacki i inni. *Zasady uspokajania ruchu na drogach za pomocą fizycznych środków technicznych*. Ministerstwo Infrastruktury 2008.
- [7] J. Bohatkiewicz „*Wpływ geometrii, warunków i organizacji ruchu na klimat akustyczny w otoczeniu skrzyżowań*” - praca doktorska. Politechnika Krakowska, Kraków, 2000 r.
- [8] Local Noise Action Plans – Sixth Framework Programme 2008.
- [9] Lars Ellebjerg, Danish Road Institute, *Controlling Traffic Noise through Traffic Management, Results of a literature study in SILENCE WP H1*, Brussels, 2007, opracowanie własne.
- [10] Senior Researcher Hans Bendtsen, Hans Jorgen Ertman Larsen, *Traffic Management and Noise, Road Directorate*, Danish Road Institute, 2007, opracowanie własne.
- [11] [www.cohsubdivisions.blogspot.com](http://www.cohsubdivisions.blogspot.com).
- [12] EKKOM Sp z o.o. Kurs szkoleniowy z zasad uspokojenia ruchu w obszarach zabudowanych na drogach samorządowych - Puławy 2013.
- [13] H Bendtsen i inni SILVIA PROJECT DELIVERABLE - Traffic Management and Noise Reducing Pavements - Recommendations on Additional Noise Reducing Measures.
- [14] Janusz Bohatkiewicz, Sebastian Biernacki, Krzysztof Jamrozik, EKKOM Sp. z o.o. *Wpływ wprowadzenia środków uspokojenia ruchu na hałas komunikacyjny w miastach*. Referat zaprezentowany podczas konferencji TRANSNOISE 2013, Zakopane, 2013.



## **Impact of traffic calming on acoustic climate in street surrounding**

**Janusz Bohatkiewicz, Wioleta Czarnecka<sup>1</sup>,  
Krzysztof Jamrozik, Sebastian Biernacki, Maciej Hałucha<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Katedra Budowy Dróg i Mostów, Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Lubelska,  
e-mail: j.bohatkiewicz@pollub.pl, w.czarnecka@pollub.pl*

<sup>2</sup>*EKKOM Sp. z o.o. , e-mail: krzysztof.jamrozik@ek-kom.pl, sebastian.biernacki@ek-kom.pl,  
maciej.halucha@ek-kom.pl*

**Abstract:** The paper presents the methods to improve safety and quality of life of people living in the neighborhood of roads and the situation of road users by means of traffic calming. The focus is kept on positive impact of traffic calming measures on acoustic climate in the surrounding of roads. The paper also contains the characteristics of selected impacts of road traffic on the environment together with a general outline of traffic calming as an instrument to mitigate the negative influence. Various possibilities to frame the acoustic climate and reduce transport-related inconvenience by means of different traffic calming methods are present as well. Then a case study (regional road No 824 in Puławy) is used to assess the effectiveness of specific solutions of comprehensive traffic calming with regard to speed reduction and abatement of noise emissions. Analyses are based on measurements' results (traffic volumes, driving speeds and noise levels) and on acoustic calculations performed by the authors as part of their own study (internal research & development program of EKKOM). On the basis of measurements' results and calculations the paper also addresses the problem of lack of correction factors related to traffic calming in the calculation model and the one of errors in noise modeling while preparing the case study.

**Keywords:** Traffic calming, road safety, speed, environmental protection, noise control, noise.

## **Ochrona środowiska na drodze ekspresowej S17**

**Maciej Kowal<sup>1</sup>**

*Katedra Dróg i Mostów, Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Lubelska,  
e-mail: m.kowal@pollub.pl*

**Streszczenie:** W artykule opisano aspekty ochrony środowiska drogi ekspresowej S17 oraz przedstawiono dwa lubelskie, przyległe do siebie odcinki tej drogi, tj., „Kurów Zachód” – „Jastków” oraz „Jastków” – „Lublin Sławin”. Przedstawiono wymagania ochrony środowiska postawione projektantom przy przygotowaniu dokumentacji oraz wykonawcy podczas realizacji budowy. Opisano prace wykonane w celu ochrony środowiska terenów przyległych do trasy. Zestawione zostały koszty poniesione bezpośrednio i pośrednio na prace i urządzenia zapewniające ochronę środowiska naturalnego w pobliżu drogi ekspresowej.

**Słowa kluczowe:** ochrona środowiska, koszty ochrony środowiska, droga ekspresowa S17

### **1. Wprowadzenie**

Droga krajowa nr 17 jest jedną z najważniejszych dróg województwa lubelskiego, prowadzącą od Lublina na zachód w kierunku stolicy i południowy wschód do Hrebennego oraz w kierunku Ukrainy. W 2010 roku rozpoczęto budowę prawie 67 km drogi ekspresowej wraz z północno-wschodnią obwodnicą Lublina, podzieloną na pięć odcinków. Poniżej opisano elementy związane z ochroną środowiska naturalnego na dwóch przyległych do siebie odcinkach drogi ekspresowej, „Kurów Zachód” – „Jastków” oraz „Jastków” – „Lublin Sławin”.

Poprowadzenie trasy drogi ekspresowej po nowym przebiegu wymusiło na projektantach dostosowanie elementów trasy oraz typu, liczby i formy architektonicznej obiektów inżynierskich do otaczającego krajobrazu oraz występujących na trasie przeszkód. Przebieg często po nowych terenach wymusił wykonanie prac niezbędnych do ochrony fauny i flory w pobliskim otoczeniu nowego elementu krajobrazu jakim miała być droga ekspresowa.

Odcinki nowej drogi ekspresowej zostały podzielone na Zadania. W Zadaniu 1 (długości 24,8 km) oraz w Zadaniu 2 (długości niespełna 10 km) występują trzy niewielkie rzeki, Białka, Kurówka i Ciemięga, ciek bez nazwy, drogi lokalne, istniejąca DK17, szlaki migracji dzikiej zwierzyny oraz przemieszczania się płazów. Spowodowało to budowę 28 obiektów mostowych oraz wielu pomniejszych przejść dla płazów i małych zwierząt a także inne działania ochronne, jak np. nasadzenia dodatkowej zieleni – rys. 1, 2, 3, 4.

<sup>1</sup> Uczestnik projektu „Kwalifikacje dla rynku pracy - Politechnika Lubelska przyjazna dla pracodawcy” współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



Rys. 1. Przykład obiektu w Zadaniu 1 – most nad rzeką Kurówką z przejściem dla dużych zwierząt (fot. M.Kowal).



Rys. 2. Przykład obiektu w Zadaniu 2 – przejście dla małych zwierząt (fot. M.Kowal).



Rys. 3. Nasadzenia zieleni na węźle „Lublin Sławin” (fot. M.Kowal).



Rys. 4. Zbiornik ekologiczny dla płazów (Zadanie 2) (fot. M.Kowal).

Opisane odcinki drogi ekspresowej S17 są zlokalizowane w granicach administracyjnych województwa lubelskiego, w powiatach puławskim (gminy Końskowola, Kurów i Markuszów) i lubelskim w gminy (Garbów i Jastków). Trasa została poprowadzona po nowym przebiegu w stosunku do istniejącej drogi krajowej nr 12/17.

Potrzeba budowy drogi ekspresowej S17 wynikała przede wszystkim z niezadowalającej przepustowości istniejącej drogi krajowej DK12/17, niedostosowania w pełni jej elementów do wymogów klasy GP [1], jak również dużego ruchu tranzytowego, który przechodził przez tereny zabudowane. Wysokie natężenie ruchu pojazdów powodowało duże zagrożenie dla pieszych.

Obszar inwestycji położony jest w obrębie terenów otwartych z rozproszoną zabudową mieszkaniową. Na przebiegu drogi ekspresowej występują głównie grunty rolne, łąki, pastwiska, tereny leśne oraz okolice kilku mniejszych miejscowości z rozproszoną zabudową zagrodową. Przy przebiegu przez bardziej zurbanizowane okolice na opisywanych odcinkach niezbędne okazało się wyburzenie 29 budynków mieszkalnych i 68 budynków gospodarczych.

Szerokość korony nasypu na odcinkach międzywęzłowych wynosi na obu odcinkach około 34,00 m. Przekrój poprzeczny drogi ekspresowej stanowią: dwie jezdnie po dwa pasy ruchu z pasami awaryjnymi, opaskami wewnętrznymi, ziemnym pasem dzielącym z rezerwą terenu pod trzecie pasy ruchu oraz pobocza gruntowe.

## 2. Wymagania odnośnie ochrony środowiska

Zgodnie z [2], dla zwierząt dziko żyjących powinno być zapewnione bezkolizyjne przemieszczanie się ich z jednej na drugą stronę drogi klas A, S, GP i G, w miejscach nasilonej migracji, a w szczególności w większych kompleksach leśnych oraz obszarach bagiennych i innych przeciętych drogą siedliskach rzadkich i zagrożonych gatunków.

Na terenie, przez który przebiega opisywany odcinek drogi ekspresowej nie występują obszary parków narodowych oraz obszary Natura 2000. Przy wykonaniu projektu i budowie drogi ekspresowej musiały być jednak uwzględnione i przestrzegane zapisy decyzji o uwarunkowaniach środowiskowych [3, 4, 5, 6] oraz przepisy ustawy o ochronie środowiska [7].

Zezwolenia na realizację inwestycji drogowej (ZRID) dla obydwu Zadań wymagały ochrony środowiska na wielu płaszczyznach w trakcie budowy drogi i długofalowo po jej oddaniu do użytkowania, w tym w zakresie ochrony wód, ochrony powietrza, ochrony przed hałasem, ochrony zwierząt poprzez umożliwienie przemieszczania się zwierząt i płazów w poprzek drogi, ochronę siedlisk oraz zabezpieczenie przed możliwym wtargnięciem zwierząt na trasę. W treściach ZRID znajdowały się wymogi przestrzegania zapisów o prowadzeniu prac budowlanych w sąsiedztwie terenów objętych ochroną przed hałasem wyłącznie w porze dziennej, odpowiedniej lokalizacji zapleczy budów od budynków mieszkalnych i poza dolinami rzek Kurówki, Białki i Ciemięgi oraz innych większych cieków bez nazwy, rejonami ujęć wód podziemnych oraz ich stref ochronnych. Wymagania nakazywały, aby tereny przeznaczone na zaplecza budowy oraz bazy materiałowe były zorganizowane w sposób zapewniający zabezpieczenie środowiska gruntowo-wodnego przed wnikaniem węglowodorów ropopochodnych, innych substancji szkodliwych oraz ścieków bytowych.

Ograniczeniami i nakazami objęte były również prace terenowe w trakcie budowy. Prace związane z wycinką drzew musiały być wykonywane poza sezonem lęgowym ptaków (tj. w okresie wrzesień – luty). Do nasadzeń zieleni dopuszczone zostały tylko gatunki niestanowiące zagrożenia dla rodzimej flory. Do minimum ograniczone zostały prace w obrębie cennych siedlisk chronionych gatunków roślin i zwierząt. Wymagane było wygrodzenie obustronne pasa drogowego zabezpieczające przed niekontrolowanym wtargnięciem na plac budowy płazów w obszarach siedliska łągu oraz odcinków szlaków migracyjnych. Urządzenia podczyszczające i wykopy były na bieżąco kontrolowane.

ZRID wymagał również, aby po roku od oddania drogi do użytkowania wykonać oceny: przydatności nasadzeń zieleni (uzupełnienia ubytków w przypadku ich stwierdzenia); prawidłowości wykonania przejść dla zwierząt i płazów; oddziaływania inwestycji na wody powierzchniowe i podziemne; oceny trafności wyboru zastosowanych rozwiązań minimalizujących ponadnormatywne poziomy hałasu dla zabudowy mieszkaniowej oraz wpływu przedsięwzięcia na jakość powietrza. W przypadku Zadania 1, pierwsza ocena przydatności przypada na maj 2014, natomiast Zadanie 2, praktycznie zakończone, jednak nie jest oddane do użytkowania zatem określenie przydatności przyjętych rozwiązań, na pewno przeciągnie się w czasie.

Monitorowanie oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko w zakresie skuteczności wykonanych nasadzeń oraz skuteczności ekologicznej zastosowanych działań minimalizujących barierowe oddziaływanie drogi na faunę (trafności lokalizacji przejść dla zwierząt i ich parametrów) ma trwać przez 4 lata, raz do roku, począwszy od drugiego roku od oddania drogi do użytku.

### 3. Ochrona środowiska

#### 3.1. Mosty, przejścia i przepusty

Przejścia spełniają dwie podstawowe funkcje ekologiczne, tj. stwarzają warunki umożliwiające bytowanie gatunków i osobników, których siedliska przecina droga oraz pozwalają na migracje, wędrówki i dyspersję osobnikom przemieszczającym się na duże odległości [8].

W celu ochrony dostępu do terenów łownych oraz migracji głównie zwierząt dużych, wszystkich gatunków ssaków kopytnych (w tym łośa) oraz drapieżnych (w tym wilka i rysia) oraz średnich (dzik, sarna), ale z możliwością wykorzystania przez zwierzęta małe i płazy, w ciągu drogi ekspresowej S17 zbudowane zostały mosty zespolone z przejściami i przejścia, które przedstawiono w tabl. 1. W przypadku dolnych przejść dla dużych i średnich zwierząt, zalecane wartości światła poziomego wynoszą odpowiednio  $\geq 15,0$  m i  $\geq 6,0$  m, światła pionowego  $\geq 5,0$  m i  $\geq 3,5$  m oraz współczynnika względnej ciasnoty (szerokość x wysokość / długość)  $\geq 1,5$  i  $\geq 0,7$  [8].

Tabela 1. Zestawienie przejść dla dużych i średnich zwierząt w Zadaniu 1 i Zadaniu 2 drogi S17.

Zadanie	Obiekt	Typ	Przeszkoda	Światło obiektu [m]	Światło przejścia [m]	Światło pionowe [m]	Współcz. względnej ciasnoty [-]
1	MS-02	Most z PDDZ	Ciek, droga	33,60	19,00	6,80	3,53
	MS-04	Most z PDDZ	Ciek bez nazwy	21,76	17,48	5,60	2,83
	MD-04a	Most z PDDZ	Ciek bez nazwy	21,80	17,60	5,40	12,34
	MS-05	Most z PDDZ	Rzeka Białka	21,76	16,26	5,40	2,40
	MS-10	Most z PDŚZ	Rzeka Białka	21,80	16,80	3,00	1,46
	MS-14	Most z PDŚZ	Rzeka Kurówka	33,60	20,00	4,20	2,43
	PDŚZ	PDŚZ	Ciek bez nazwy	15,82	9,42	6,50	0,92
	MS-16a	Most z PDŚZ	Ciek bez nazwy	17,62	13,82	7,20	1,38
2	MS-02	Most z PDŚZ	Rzeka Ciemięga	29,70	20,20	4,45	2,61
	PZszd6	PDŚZ	Ciek bez nazwy	14,50	9,60	3,80	0,90
	PZszd8	PDŚZ	Suchy ciek	11,50	11,50	5,00	1,23

PDDZ – przejście dolne dla zwierząt dużych

PDŚZ – przejście dolne dla zwierząt średnich

W celu zachowania ciągłości obszarów siedliskowych i szlaków migracji małych ssaków owadożernych, łasicowatych i gryzoni oraz ssaków ziemnowodnych, mające służyć zarówno średnim ssakom żyjącym w norach (głównie lisom) oraz płazom i bezkręgowcom naziemnym pod drogą ekspresową na opisywanych odcinkach zbudowane zostały przejścia dla małych zwierząt, miejscowo zespolone z ciekami. W przepustach zespolonych z przejściami, w których okresowo lub stale płynie woda, przejścia dla małych zwierząt wykonane zostały w postaci stalowych półek szerokości 50 cm przymocowanych do konstrukcji przepustu, z pokryciem półek warstwą ziemi mineralnej. Zgodnie z [8] współczynnik względnej ciasnoty (WWC) przejść dla małych zwierząt powinien być nie mniejszy niż 0,07. W Zadaniu 1, wykonano w sumie 17 przejść z przekrojami o wymiarach 168x223 cm (WWC 0,061 ÷ 0,072), 202x284 cm (WWC 0,095 ÷ 0,115),



205x276 cm (WWC 0,099 ÷ 0,100) i 219x335 cm (WWC 0,109 ÷ 0,126).

Ponadto, jako przejścia dla zwierząt małych zespolone z obiektami inżynierskimi, przewidziano również zbudowany w Zadaniu 1 przejazd gospodarczy PG-07 (światło 10,00 m x 4,50 m) nad drogą polną oraz wiadukt WS-15 światło 24,90 m x 4,00m) nad drogą wojewódzką. W Zadaniu 2, wykonano w sumie 8 przejść dla małych zwierząt z przekrojami o wymiarach 200x150 cm (WWC 0,081 ÷ 0,429), 296x216 cm (WWC 0,074 ÷ 0,112) i 450x150 cm (WWC – 0,092). Przykładowe przejścia dla zwierząt pokazano na rys. 5, 6.



Rys. 5. Przejazd gospodarczy i most nad ciekim z przejściem dla średnich zwierząt (Zadanie 1) (fot. M.Kowal).



Rys. 6. Przejście dla średnich zwierząt (Zadanie 2) (fot. M.Kowal).

Infrastruktura drogowa intensywnie i wszechstronnie oddziałuje na płazy, powodując negatywne skutki na poziomie osobniczym, populacyjnym i siedliskowym [9]. W celu ograniczenia śmiertelności płazów w wyniku kolizji z pojazdami, ochrony przed utratą i degradacją miejsc rozrodu i siedlisk lądowych i zachowania ciągłości szlaków sezonowych migracji rozrodczych płazów, ułatwieniu przedostania się na drugą stronę przeszkody jaką jest droga oraz jako uzupełnienie przejść dla średnich

i małych zwierząt w ramach analizowanej drogi S17 zostało wybudowanych 7 przejść dla płazów dla Zadania 1 (przekrój 276x205 cm, długość 43,81 – 62,94 m, WWC 0,068 ÷ 0,098) oraz 4 dla Zadania 2 (przekrój 296x216 cm, długość 48,30 – 60,70 m, WWC 0,096 ÷ 0,120). Zalecane wymiary przejść dla płazów:  $\geq 2,5$  m x  $\geq 1,5$  m przy długości do 50 m oraz  $\geq 3,5$  m x  $\geq 1,5$  m przy długości do 80 m [9].

### 3.2. Odwodnienie

System odwodnienia drogi opiera się na sieci rowów przydrożnych, drenażu w pasie rozdziału oraz kanalizacji deszczowej. W celu ujęcia i odprowadzenia wód opadowych i roztopowych z nawierzchni oraz pasa dzielącego drogi ekspresowej wykonana została kanalizacja deszczowa w pasie rozdziału i poboczach długości łącznej rurociągów ponad 42 km. Wody opadowe odprowadzane kanalizacją deszczową przed zrzutem do odbiorników są podczyszczane w zestawach do oczyszczania wód składających się z osadników zatrzymujących zanieczyszczenia stałe i separatorów związków ropopochodnych, bądź w zespołach zbiorników retencyjno-filtracyjnych, gdzie również następuje oczyszczenie ścieków. W ramach kanalizacji deszczowej wykonano 3 zbiorniki koalescencyjne, 9 osadników wirowych oraz 6 osadników piaskowych z separatorami lamelowymi.

Oprócz kanalizacji deszczowej zbudowano wzdłuż drogi ekspresowej rowy drogowe o przekroju trapezowym oraz opływowe o przekroju szczelnym (38,48 km) i nieuszczelnym – nieumocnionym trawiastym (11,65 km) i umocnionym (6,67 km). Na rowach szczelnych w ramach Zadania 1, zamontowanych zostało 7 zastawek piętrzących wodę, które tworzą osadniki poziome, zabezpieczające odbiorniki przed dostaniem się do nich zanieczyszczeń. Drenaż i rowy sprowadzą wody opadowe do zbiorników retencyjnych i infiltracyjnych lub bezpośrednio do odbiorników.

Zbiorniki retencyjne mają za zadanie złagodzenie fali spływu przed skierowaniem wód opadowych do odbiornika oraz redukcję zawiesiny. Zbiorniki retencyjne wykonane zostały w gruncie i uszczelnione. Na wylotach wód opadowych ze zbiorników zainstalowane zostały zastawki upustowo-przelewowe umożliwiające regulację odpływu wód opadowych ze zbiorników. Wykonano łącznie 11 zbiorników retencyjnych w ramach Zadania 1 (powierzchnia 86 a) i 2 w ramach Zadania 2 (powierzchnia 45 a).

Zbiorniki infiltracyjne oczyszczają ścieki opadowe poprzez porastającą te zbiorniki roślinność oraz warstwy filtrujące gruntu. Wykonane one zostały w postaci zbiorników ziemnych umocnionych w miejscach wprowadzania wód opadowych płytami betonowymi, ażurowymi, a dna i reszta skarp obsiane zostały trawą. Odpowiednio w Zadaniu 1 i 2, wykonanych zostało 6 zbiorników o powierzchni łącznej 60 a oraz 2 zbiorniki o łącznej powierzchni 25 a.

### 3.3. Ogrodzenia

Ogrodzenia ochronne mają na celu ograniczenie śmiertelności płazów w wyniku kolizji z pojazdami na jezdniach oraz przedostawania się zwierząt do obiektów stanowiących dla nich pułapki. Ogrodzenia spełniają dwie funkcje, zatrzymują przemieszczające się osobniki oraz zmieniają kierunek ich ruchu [8]. Zastosowanie ogrodzeń ochronnych znacznie zwiększa bezpieczeństwo użytkowników drogi.

Wzdłuż obu odcinków drogi ekspresowej, po obu stronach na ich całej długości, zostały ustawione ogrodzenia ochronne i ochronno –naprowadzające

z siatki metalowej wysokości 2,20 m oraz 2,40 m z bramami wjazdowymi i furtkami, długości łącznej ponad 64,8 km. Ogrodzenia opasują obydwa odcinki drogi ekspresowej z wyłączeniem odcinków ekranów akustycznych i osłon przeciwolśnieniowych.

Wykonane zostały również ogrodzenia ochronno – naprowadzające dla płazów i małych zwierząt, wysokości 0,50 m w formie siatek z tworzyw sztucznych, długości łącznej prawie 3,5 km. Dodatkowo, w dolinie rzeki Ciemięgi, na łącznej długości 1,59 km, dla zabezpieczenia płazów przed wtargnięciem na nasyp drogowy, u jego podstawy, ułożone zostały płotki z elementów prefabrykowanych w kształcie litery „c”, wysokości 0,47m.

#### 3.4. Urządzenia ochrony środowiska przed hałasem

W związku z budową drogi ekspresowej klimat akustyczny na obszarach sąsiadujących z drogą stopniowo ulegnie pogorszeniu z powodu zwiększającego się na drodze natężenia ruchu. W zasięgu oddziaływania hałasu pochodzącego od ruchu pojazdów poruszających się po drodze ekspresowej znajdują się m.in. budynki mieszkalne i tereny zamieszkiwane przez dzikie zwierzęta. Dla ochrony przeciwhałasowej wybudowane zostały zabezpieczenia przeciwdźwiękowe w formie ekranów akustycznych. W sumie, na obu odcinkach wykonano ponad 3,0 km przezroczystych ekranów odbijających wysokości 2,5 ÷ 7,0 m, o powierzchni łącznej ponad 12 tys. m<sup>2</sup>. Ekranu pochłaniające typu zielona ściana (wysokość 4,0 ÷ 6,0 m), wykonane zostały na długości ponad 15 km i powierzchni łącznej ponad 62 tys. m<sup>2</sup>.

Na odcinku „Kurów Zachód – Jastków”, w miejscach gdzie zlokalizowane są przejścia dla zwierząt, wprowadzone zostały środki ochronne w postaci ekranów przeciwolśnieniowych (jednocześnie pełniące częściowo funkcje ochrony przed hałasem), aby zabezpieczyć zwierzęta przed oślepianiem światłami ruchu drogowego jak i oświetleniem drogowym. Ekranu te, zbudowane zostały na wszystkich przejściach dla średnich i dużych zwierząt. Zastosowane zostały konstrukcje drewniane o wysokości 2,5 m, długości łącznej 1,9 km.

#### 3.4. Zieleń drogowa

W celu zwiększenia estetyki krajobrazu oraz izolacji terenów przyległych drogi ekspresowej wykonano nasadzenia zieleni, która różni się składem gatunkowym i strukturą, w zależności od funkcji, jaką ma spełniać. Wzdłuż całej długości nasadzone zostały szpalery drzew i krzewów. Przy przejściach dla zwierząt, zieleni w formie ułożonych pasmowo przejść kęp gęstych i wysokich krzewów, ma spełniać rolę zieleni naprowadzającej. Gęsto posadzone, bujne i wysokie gatunki drzew, w przyszłości, utworzą barierę przed hałasem z drogi, a także, zwłaszcza w nocy, osłonę przeciwolśnieniową. Nasadzenia krzewów i pnączy wzdłuż ogrodzeń ochronnych i ekranów posłużą do ich maskowania w krajobrazie. Nasadzenia wykonano tam gdzie jest to możliwe i nie wpływa to na bezpieczeństwo ruchu.

Przeważnie nasadzenia stanowią rośliny liściaste, mniej wymagające w stosunku do siedliska, pielęgnacji i bardziej odporne na zanieczyszczenia oraz wysuszającewiatry. Różnicowanie zieleni na drzewa, krzewy, pnącza oraz powierzchnie trawiaste ma zapobiec monotonii krajobrazu, a przy przyczółkach obiektów inżynierskich sprzyjać powstaniu lepszych warunków osłonowych. Wykluczono stosowanie gatunków posiadających owoce lub nasiona chętnie zjadane przez

ptaki. W okolicach przejść dla zwierząt przestrzeń między sadzonkami drzew i krzewów obsiana została mieszanką traw i roślin motylkowatych o walorach smakowych atrakcyjnych dla zwierząt roślinożernych, wabiących i naprowadzających zwierzęta na przejście.

W sumie dla obydwu Zadań, wysiano ponad 77 ha trawników, 10 ha łąk kwietnych, posadzono prawie 23 tys. drzew i 456 tys. krzewów i pnączy.

W tabl. 2 zestawiono koszty dotychczas opisywanych obiektów i zabezpieczeń zastosowanych na obu analizowanych odcinkach drogi S17 w rozbiu na koszty asortymentowe. W tabl. 3 podano koszty całkowite robót związanych z elementami ochrony środowiska w odniesieniu do wartości całkowitej (kontraktu).

Tabela 2. Zestawienie kosztów asortymentów związanych z ochroną środowiska.

Asortyment robót	Koszt netto [tys. PLN]	
	Zadanie 1	Zadanie 2
Mosty i przejścia dla dużych i średnich zwierząt	65 822	18 673
Przejścia dla małych zwierząt	4 024	2 057
Przejścia dla płazów pod s17	2 020	466
Przepusty drogowe	1 774	1 399
Kanalizacja deszczowa	13 240	16 597
Sączki podłużne, drenaż	4 364	50
Zbiorniki ekologiczne	brak	160
Zbiorniki infiltracyjne	673	175
Zbiorniki retencyjne	1 027	313
Zieleń drogowa i jej utrzymanie	9 509	5 848
Przebudowa rowów i cieków melioracyjnych	2 753	brak
Przebudowa drenażu melioracyjnego	554	brak
Humusowanie z obsianiem/darniowaniem skarp, rowów i pasa rozdziału	4 708	3 452
Zabezpieczenie dna i skarp rowów, umocnienia skarp	4 558	2 096
Wykonanie rowów chłonnych (9925m2)	265	brak
Ogrodzenia ochronne i ochronno-naprowadzające wysokości 2,2–2,4 m (komplet)	3 304	1 290
Ogrodzenia ochronno - naprowadzające dla płazów wysokości 0,50 m	41	71
Ekrany dźwiękochłonne i odbijające	19 957	15 343
Ekrany przeciwoślńieniowe wysokości 2,5 m	2 024	brak
Koszt prac związanych z ochroną środowiska [tys. PLN netto]	140 617	67 990
Wartość kontraktowa budowy S17 Sielce - Bogucin [tys. PLN netto]	512 044	307 611

Tabela 3. Koszty robót związanych z ochroną środowiska w odniesieniu do wartości kontraktu.

Rodzaj robót	Koszt robót netto		Udział w wart. kontraktu	
	[tys. PLN]		[%]	
	Zadanie 1	Zadanie 2	Zadanie 1	Zadanie 2
Mosty i przejścia dla dużych i średnich zwierząt	65822	18 673	12,9	6,1
Przejścia dla małych zwierząt i przepusty drogowe	7818	3 922	1,5	1,2
Kanalizacja deszczowa i zbiorniki	19304	17 295	3,8	5,6
Zieleń drogowa	9509	5 848	1,9	1,9
Przebudowa elementów melioracyjnych	3307	0	0,7	0,0
Humusowanie, umocnienia rowów i skarp, rowy	9531	5 548	1,9	1,8
Ogrodzenia	3345	1 361	0,7	0,4
Ekranery akustyczne i przeciwołnieniowe	21981	15 343	4,3	5,0
<b>Razem koszt ochrony środowiska</b>	<b>140 617</b>	<b>67 990</b>		
Wartość kontraktowa budowy	512 044	307 611	27,7	22,0

#### 4. Efektywność i trafność rozwiązań

Efektywność zastosowanych rozwiązań projektowych będzie można stwierdzić dopiero po przeprowadzeniu pierwszych analiz w 2014 (na odcinku „Kurów Zachód” – „Jastków”). Na odcinku „Jastków” – „Lublin Sławin”, taką analizę będzie można przeprowadzić po roku od oddania odcinka drogi do użytkowania, a to może nastąpić nawet dopiero na jesieni 2015. Mimo, że odcinek jest ukończony prawie w 100% i zwierzęta już mogą korzystać urządzeń przeznaczonych dla ich ochrony, to wielką niewiadomą jest, jak zwierzęta będą reagowały na ruch pojazdów w tej okolicy, który zostanie wprowadzony na drogę w chwili połączenia odcinka z wjazdem do Lublina lub na jego obwodnicę.

Analizując wstępnie trafność niektórych zastosowanych rozwiązań na opisywanych odcinkach należy zwrócić uwagę na kilka z nich. Prawdopodobnie, obiekty PG-07 i WS-15 (Zadanie 1) wstępnie zakładane jako uzupełnienie przejść dla małych zwierząt, mogą ze względu na zastosowane w nich rozwiązania, nie spełniać swojej pobocznej roli. Pod obiektem PG-07 przebiega droga serwisowa (o nawierzchni asfaltowej) i ogrodzone od jezdni chodniki dla obsługi obiektu. Światło poziome zostało pomniejszone do 7,0 m z czego 5,0 m szerokości pokrywa nawierzchnia jezdni. Ponieważ w rzeczywistości są to tereny rolnicze, a droga jest głównie uczęszczana przez pojazdy rolnicze, można było rozważyć wykonanie na dojazdach do obiektu i pod nim, nawierzchni z kruszywa naturalnego, tak jak zostało to rozwiązane w przypadku obiektów MS-14 czy PG-16b na tym zadaniu oraz PZSzd6 i PZSzd8 na Zadaniu 2. Pod obiektem WS-15 przebiega droga wojewódzka i poprowadzone są obustronne chodniki dla pieszych, więc biorąc pod uwagę, że jedynym naturalnym elementem pod obiektem są nieszerokie rowy odwodnienia, można wykluczyć użytkowanie obiektu przez dzikie zwierzęta.

Przejście dla średnich zwierząt PZSzd8 w Zadaniu 2 zostało zlokalizowane bezpośrednio w okolicy zabudowań gospodarczych, a to może znacznie zminimalizować jego wykorzystanie przez dzikie zwierzęta.

Podczas budowy trasy zastosowano niemało ekranów akustycznych i przeciwołnieniowych w okolicach przejść dla zwierząt. Należy się teraz

zastanowić, czy błędem nie jest pozostawienie wykonanych na obiektach świetlików w pasie rozdziału bez żadnej ochrony przeciwhałasowej i zabezpieczającej przed światłem sztucznym. Należy też zastanowić się nad trafnością ustawiania latarni oświetleniowych w pobliżu lub bezpośrednio na obiektach przeznaczonych dla zwierząt (MS-02, MS-05, MS-10 wszystkie Zadanie 1), bo z dużym prawdopodobieństwem zwierzęta mogą z nich nie korzystać.

Ważną sprawą jest rozważenie typu zastosowanych dylatacji na jezdni, a łączy się to bezpośrednio z typem zastosowanych przejść dla zwierząt. Dylatacje modułowe, a szczególnie te nie do końca dobrze obsadzone w konstrukcji i powiązane z nawierzchnią mogą emitować hałas, który może skutecznie odstraszać dzikie zwierzęta. Natomiast dylatacyjne przekrycia bitumiczne, porównywalnie emitują hałas na niższych poziomach. Stosowanie przekryć dylatacyjnych wiąże się jednak ze stosowaniem przejść o konstrukcji ramowej lub o przekroju rurowym. Przy względnie niewielkiej rozpiętości sięgającej kilkunastu metrów powinno się rozpatrywać stosowanie obiektów o konstrukcji ramowej lub rurowej.

Tematem zawsze wrażliwym jest antykorozja powierzchni betonowych lub raczej jej kolor. Zastosowane na wszystkich obiektach obu odcinków jasno-żółty kolor ścian przyczółków i skrzydeł oraz pomarańczowy na powierzchniach gzymsów, delikatnie wpisują się w rolniczą okolicę. Z perspektywy dzikich zwierząt, ten ciepło odbierany przez ludzi kolor może być jednak zbyt jaskrawy. Należy zatem się zastanowić nad porzuceniem stosowania na przejściach dla zwierząt antykorozji w kolorze, który może być źle odbierany przez zwierzęta i zastosowaniem bardziej stonowanego. Warto kolejny raz zastanowić się nad pozostawieniem betonu w jego naturalnym kolorze bez zabezpieczenia. Należy jednak pamiętać, czego oczekuje się od powierzchni betonowych, ponieważ często wymagania dla powierzchni betonowych obiektów mostowych osiągają poziomy absurdu, których osiągnięcie przez wykonawców graniczy z cudem, a antykorozja stanowi jedyną szansę zamaskowania wszelkich niedociągnięć wykonawczych. Wyjątkiem są obiekty PDŚZ w Zadaniu 1 oraz wewnątrz PZSzd6 i PZSzd8 (skrzydła i wloty zabezpieczone) w Zadaniu 2, zewnętrzne powierzchnie betonowe wszystkich obiektów na opisywanych odcinkach zostały zabezpieczone antykorozyjnie.

## 5. Podsumowanie

Potrzeba budowy drogi ekspresowej S17 wynikała przede wszystkim z niezadowalającej przepustowości istniejącej drogi krajowej DK12/17 oraz znacznie ograniczonego przez duży ruch tranzytowy bezpieczeństwa mieszkańców miejscowości znajdujących się na szlaku.

Budowa drogi S17(12) na odcinku „Kurów Zachód” – „Jastków” przyczyniła się do poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego w obrębie miejscowości Kurów, Markuszów, Zagrody, Garbów i Bogucin, jednak określenie rzeczywistego wpływu budowy drogi ekspresowej na zmniejszenie liczby zdarzeń drogowych i wypadków będzie możliwy dopiero po opracowaniu statystyk w ciągu najbliższych lat. Zmniejszenie natężenia ruchu na „starej siedemnastce” na tym odcinku odczuwalnie poprawiło komfort życia mieszkańców poprzez zmniejszenie natężenia hałasu, stężenia spalin, drgań oraz poprawę bezpieczeństwa. Odcinek drogi „Jastków” – „Lublin Sławin” z przyczyn niezależnych od wykonawcy robót, nie został jeszcze w pełni ukończony i oddany do użytku.



Wymagania ochrony środowiska postawiły projektantów i wykonawców obu odcinków drogi ekspresowej przed konkretnymi ograniczeniami wykonania przedmiotowych prac oraz wskazały warunki kreślenia projektu oraz realizacji robót budowlanych. Prace zostały wykonane zgodnie ze stawianymi wymaganiami. Projektanci z wielką starannością zadbali, aby wprowadzić bezpieczne dla środowiska rozwiązania elementów trasy i obszarów przyległych w granicach robót, a wykonawcy sumiennie wypełniali nałożone na nich wymagania tak, aby jak najmniej ingerować w środowisko naturalne znajdujące się na przebiegu nowo wybudowanej drogi ekspresowej.

Analiza kosztów wymaganej przepisami ochrony środowiska naturalnego na omawianym odcinku S17 powinna być rozważana indywidualnie, a nie w odniesieniu do każdej inwestycji drogowej w Polsce. Należy pamiętać, że uwarunkowania środowiskowe różnią się w zależności regionu kraju i obszaru konkretnej inwestycji, co indywidualnie wpływa na koszty ochrony środowiska związane z inwestycją. Na opisywanych odcinkach nie występowały tereny parków narodowych, ani Natura 2000. Natomiast rozważając koszty ochrony środowiska na tych dwóch konkretnych odcinkach drogi ekspresowej należy odnosić się do kosztów asortymentów robót przedstawionych w tabl. 2 i odniesienia kosztów wybudowanych elementów ochrony środowiska do całości wartości kontraktów przedstawionych w tabl. 3.

Analizując tabl. 3 można uzmysłowić sobie, że koszty prac związanych ochroną środowiska mogą osiągnąć znaczące wartości. Ponad dwadzieścia procent wartości kontraktu wynoszącego kilkaset milionów złotych pokazuje, ile kosztuje ochrona ludności, fauny, flory, wód i powietrza przed negatywnymi wpływami wybudowania i użytkowania drogi tej klasy. Wszystkie zainteresowane strony powinny jednak pamiętać o tym, że wykonanie tych prac na etapie budowy od zera, jest i tak niższe od wykonania tychże prac, jako uzupełniających w okresie użytkowania. Należy pamiętać o tym, że zachowanie równowagi w środowisku naturalnym, a więc dbanie o czystość wód i powietrza, ale również o ptązy oraz małe, średnie i duże zwierzęta, wpływa w późniejszym rozrachunku również na środowisko człowieka. Nie należy się zastanawiać, czy ponosić stosunkowo wysokie koszty ochrony środowiska, bo jest to oczywiste. Niezbędne jest jednak poszukiwanie i stosowanie dobrych, sprawdzonych i opłacalnych rozwiązań.

W odniesieniu do kosztu budowy kilometra drogi ekspresowej wraz z niezbędną infrastrukturą, który wyniósł 20,6 mln PLN i 30,7 mln PLN, odpowiednio w Zadaniu 1 i 2, koszty wykonania opisanych elementów ochrony środowiska dla drogi ekspresowej S17 na odcinkach „Kurów Zachód” – „Jastków” i „Jastków” – „Lublin Sławin”, wyniosły odpowiednio 5,674 mln PLN/km i 6,665 mln PLN/km.

Dokonując ostatecznej oceny kosztów ochrony środowiska na analizowanych odcinkach S17, należy również wziąć pod uwagę, że ceny kontraktowe były niższe od funduszy przeznaczonych przez zamawiającego na inwestycję. Wartości poszczególnych asortymentów robót zależały tylko i wyłącznie od wyceny wykonawców, którzy złożyli najkorzystniejsze oferty w przetargu i niekoniecznie były wycenione na poziomie ich rzeczywistego kosztu wykonania.

## Literatura

- [1] Rozporządzenie MTiGM z dnia 02.03.1999r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie – Dz. U. Nr 43, poz. Nr 430 z 14 maja 1999 r.
- [2] Rozporządzenie MTiGM z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie – Dz. U. nr 63 z dnia 3 sierpnia 2000 r. poz 735
- [3] Decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia nr RDOŚ-06-WOOS-6650/37-6/09/m z dnia 12 października 2009 r. wydana przez Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Lublinie;
- [4] Decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia nr RDOŚ-06-WOOS-6650/45-25/09/lp z dnia 16 grudnia 2009 r. wydana przez Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Lublinie;
- [5] Decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia nr DOOŚidk-452-446/2021/10/91 z dnia 7 czerwca 2011 r.
- [6] Decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia nr WOOS.4242.17.2011.LP z dnia 6 października 2009 r. wydana przez Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Lublinie
- [7] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz. U. Nr 62 poz. 627);
- [8] Kurek R.T.: *Poradnik projektowania przejść dla zwierząt i działań ograniczających śmiertelność fauny przy drogach*. Stowarzyszenie Pracownia na rzecz Wszystkich Istot. ISBN 978-83-61453-16-1
- [9] Kurek R.T., Rybacki M., Sołtysiak M.: *Poradnik ochrony ptaków. Ochrona dziko żyjących zwierząt w projektowaniu inwestycji drogowych. Problemy i dobre praktyki*. Stowarzyszenie Pracownia na rzecz Wszystkich Istot. ISBN 978-83-61453-20-8

## Protection of the natural environment on the expressway S17

Maciej Kowal

*Department of Road and Bridge, Faculty of Civil Engineering and Architecture,  
Lublin University of Technology, e-mail: m.kowal@pollub.pl*

**Abstract:** Article describes S17 expressway environmental aspects. The paper presents two, adjacent to each other S17 sections, “Kurów Zachód” - “Jastków” and “Jastków” - “Lublin Sławin”, in the Lublin Province. Environmental requirements imposed on the design and execution of the construction works were described. Paper describes the work done to protect the environment of the areas adjacent to the route. Article summarize the costs incurred directly and indirectly on the work and equipment for the protection of the environment in the vicinity of the S17 expressway.

**Keywords:** environmental protection, environmental costs, S17 expressway.



## Walory estetyczne drogi ekspresowej S17

Maciej Kowal<sup>1</sup>

Katedra Dróg i Mostów, Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Lubelska,  
e-mail: m.kowal@pollub.pl

**Streszczenie:** Artykuł opisuje aspekty estetyczne drogi ekspresowej S17. Referat przedstawia dwa lubelskie, przyległe do siebie odcinki, „Kurów Zachód” – „Jastków” oraz „Jastków” – „Lublin Sławin”. Opisano odczucia estetyczne autora odnośnie projektów odcinków wykonanych przez różne biura projektowe. Przedstawiono kształt trasy w planie i profilu oraz rozwiązania konstrukcyjne obiektów inżynierskich.

**Słowa kluczowe:** estetyka krajobrazu, odbiór estetyczny, obiekty inżynierskie, droga ekspresowa S17.

### 1. Wprowadzenie

Droga krajowa nr 17 jest najważniejszą drogą Lubelszczyzny, prowadzącą z Lublina na północny zachód do Warszawy i południowy wschód do Hrebennego. Jest to ważny szlak tranzytowy w kierunku Ukrainy, a historycznie jest to dawny trakt wiodący w kierunku Zamościa i Lwowa. W 2010 roku rozpoczęto budowę prawie 67 km drogi ekspresowej wraz z północno-wschodnią obwodnicą Lublina, podzielonej na pięć zadań – rys. 1. Artykuł opisuje charakterystykę trasy na dwóch przyległych do siebie odcinkach drogi ekspresowej – Zadanie 1 „Kurów Zachód” – „Jastków” oraz Zadanie 2 „Jastków” – „Lublin Sławin”.



Rys. 1. Przebieg nowych odcinków drogi S17.

<sup>1</sup> Uczestnik projektu „Kwalifikacje dla rynku pracy - Politechnika Lubelska przyjazna dla pracodawcy” współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego Literatura.

Trasę w planie poprowadzono po nowym przebiegu, co oprócz wymagań użytkowych, wymusiło na projektantach ostosowanie elementów trasy oraz typu, liczby i formy architektonicznej obiektów inżynierskich do otaczającego krajobrazu oraz występujących na trasie przeszkód naturalnych i sztucznych.

Na opisywanych odcinkach, łącznej długości niespełna 34 km występują trzy niewielkie rzeki, cieki bez nazwy, drogi lokalne, istniejąca DK17 oraz szlaki migracji dzikiej zwierzyny. Warunki wymogły wprowadzenie w istniejący krajobraz w sumie 28 obiektów mostowych oraz 64 pomniejszych przejść dla płazów, małych zwierząt oraz przepusty.

Podstawowe parametry techniczne drogi ekspresowej S17 to klasa techniczna S, prędkość projektowa 100 km/h i kategoria obciążenia ruchu KR6 zgodnie z [1]. W przekroju poprzecznym drogi znajdują się dwie jezdnie po dwa pasy ruchu z pasami awaryjnymi, opaskami wewnętrznymi, ziemnym pasem dzielącym z rezerwą terenu pod trzecie pasy ruchu oraz pobocza gruntowe (rys. 2). Obiekty zaprojektowane zostały na klasę nośności „A” wg obowiązujących przepisów polskich norm budowlanych [2] (na czas przygotowywania projektów). Przekroje poprzeczne konstrukcji niosących obiektów dostosowano do wymagań przekrojów dróg, w ciągach których zostały wzniesione.



Rys. 2. S17 w okolicy miejscowości Garbów (fot. M.Kowal).

Droga ekspresowa S17 na opisanych odcinkach przebiega głównie po mało zurbanizowanych, głównie rolniczych, terenach w granicach administracyjnych województwa lubelskiego, w powiatach puławskim (gminy Końskowola, Kurów i Markuszów) i lubelskim gminy (Garbów i Jastków). Trasa na obu odcinkach została poprowadzona po całkowicie nowym w stosunku do istniejącej drogi krajowej nr 12/17 przebiegu. Obszar inwestycji położony jest w obrębie terenów otwartych z rozproszoną zabudową mieszkaniową. Na przebiegu drogi ekspresowej występują grunty rolne, łąki, pastwiska oraz tereny leśne.

Potrzeba budowy drogi ekspresowej S17 wynikała przede wszystkim z niezadowalającej przepustowości istniejącej drogi krajowej DK12/17, niedostosowania w pełni jej elementów do wymogów klasy GP [1], jak również dużego ruchu tranzytowego i natężenia ruchu drogowego, który przechodził przez tereny zabudowane kilku miejscowości.

## 2. Trasa

Opisywany odcinek S17 rozpoczyna się włączeniem do „starej” DK17 przed węzłem „Kurów Zachód”. Trasa prowadzi terenami pomiędzy m. Sielce (gm. Końskowola) a m. Dąbrowica (gm. Jastków), omijając pobliskie miejscowości od strony północnej w stosunku do istniejącej DK17 (Kurów, Markuszów, Zagrody i Garbów), by w miejscowości Bogucin przeciąć przebieg DK 17 i prowadzić po jej południowej stronie, omijając miejscowości Jastków i Panieńszczyzna.

W przekroju podłużnym, trasa od włączenia z DK17 w miejscowości Sielce, biegnie naprzemiennie w wykopach (27,3 % długości trasy), na nasypach (42,8 %) oraz po przebiegu zbliżonym po terenie (29,9 %). Maksymalne głębokości wykopów dochodzą do 8,0 m, natomiast większość trasy w przebiegu wykopowym, kryje się na głębokościach do 2 ÷ 3 m. Najgłębsze wykopy w przebiegu trasy występują bezpośrednio w okolicy miejscowości Sługocin przed doliną rzeki Ciemięgi i za nią, w miejscowości Sieprawice. Nasypy, które miejscami osiągają 10 m wysokości, występują głównie w obszarach, w których przekroczenia wymagały istniejące przeszkody terenowe, czyli cieki, rzeki i ich doliny, szlaki migracji zwierząt oraz zaprojektowane węzły, nad którymi zbudowano mosty, wiadukty i przejścia, a nasypy stanowią dojazdy do obiektów. Najdłuższe odcinki wysokich nasypów, tworzące nowy, widoczny element w otoczeniu znajdują się w płaskiej okolicy węzła „Nałęczów” (1,9 km długości i wysokości do 6,0 m), nad rzeką Kurówką i jej doliną w gminie Garbów (2,0 km, do 6,0 m) na dojeździe do węzła „Jastków” (1,5 km, do 10 m), w okolicy miejscowości Panieńszczyzna (1,2 km, do 9,0 m), w okolicy miejscowości Sieprawice (1,0 km, do 8,0 m) oraz nad rzeką Ciemięgą i jej doliną (0,95 km, do 10,0 m). Niektóre z odcinków wysokich nasypów są dobrze zamaskowane w leśnej okolicy i nie są widoczne z dalszej odległości – przykład pokazano na rys. 3.



Rys. 3. „Szesnastrki” – przejazd gospodarczy i most nad ciekim bez nazwy (Zadanie1) (fot. M.Kowal).

W ramach obydwu zadań wybudowano pięć węzłów drogowych. „Kurów Zachód”, to węzeł typu „trąbka”. Węzły „Kurów Wschód” i „Nałęczów” są węzłami typu „półkoniczyna”. „Jastków” to węzeł typu „karo”, a największy na budowanych obecnie odcinkach drogi ekspresowej, to węzeł „Lublin Sławin”, typu „koniczyna”. W węzłach „Kurów Zachód”, „Kurów Wschód” i „Lublin Sławin”, drogi przecinane przez drogę ekspresową, z wyjątkiem węzłów „Nałęczów” i „Jastków” prowadzone są nad trasą po wiaduktach, przez co węzły, dla użytkowników drogi ekspresowej, są



widoczne z daleka. Węzły „Nałęczów” i „Jastków”, na których droga S17 przebiega nad przeszkodami, są łatwe do przeoczenia dla użytkowników ruchu. Wszystkie węzły są dobrze wkomponowane w otaczającą okolicę i można obiektywnie stwierdzić, że pod względem estetycznym ich odbiór można opisać jako pozytywny.

Szereg zbudowanych i przebudowanych dróg poprzecznych, w tym wojewódzkich, powiatowych i gminnych, poprowadzonych w zdecydowanej większości po terenie, ginie w tle drogi ekspresowej, stając się natomiast dobrą perspektywą do obserwowania trasy głównej i jej okolicy – rys. 4.



Rys. 4. Most nad rzeką Ciemięgą schowany w leśnej okolicy (fot. M.Kowal).

### 3. Obiekty

W ciągu drogi ekspresowej S17 na obydwu odcinkach zbudowanych zostało 16 obiektów mostowych (nie wliczono obiektów na krótkim odcinku S12 i wlocie DK17 do Lublina). Na drogach poprzecznych wzniesiono 14 obiektów. Zbudowane wiadukty, mosty i przejścia dla zwierząt głównie konstrukcje z ustrojami sprężonymi, belkowymi i płytowymi. Występują również konstrukcje z ustrojami płytowymi żelbetowymi, żelbetowe ramowe, stalowe typu Multi Plate® oraz jedna konstrukcja z ustrojem niosącym zespolonym stal – beton.

Z wyjątkiem stalowych konstrukcji przejścia dla średnich zwierząt (PDŚZ), mostu nad ciekim bez nazwy (MS-16a) i przejazdu gospodarczego (PG-16b), które można uznać za konstrukcje nietypowe (przynajmniej ze względu na ich konstrukcje i rozpiętości dla tego typu konstrukcji 12,1÷17,7m), pozostałe obiekty można uznać za typowe. Na analizowanych odcinkach nie występują obiekty spektakularne (dominujące), ale raczej stonowane. Powoduje to jednak spokój i harmonię, bez zbędnego przerostu formy nad treścią. Dzięki swojej typowości, ale również zastosowaniu antykorozji betonu w kolorze jasno-żółtym i pomarańczowym, obiekty delikatnie wpisują się w krajobraz okolicy, jednakże nie giną w tle – przykład pokazano na rys. 5.



Rys. 5. S17 w okolicy miejscowości Sieprawice (fot. M.Kowal).

#### 4. Zieleń

Wykonana w celach ochrony środowiska naturalnego (naprowadzania dzikiej zwierzyny na przejścia), zwiększenia odbioru estetycznego drogi w krajobrazie oraz izolacji terenów przyległych do drogi ekspresowej zieleni, różni się składem gatunkowym i strukturą, w zależności od funkcji, jaką ma spełniać. Wzdłuż całej długości nasadzone zostały szpalery drzew i krzewów. Przeważnie nasadzenia stanowią rośliny liściaste, ale występują również gatunki roślin iglastych. Zróżnicowanie zieleni na drzewa, krzewy, pnącza, oraz powierzchnie trawiaste ma w niedalekiej przyszłości zapobiec monotonii krajobrazu, a przy przyczółkach przejść dla zwierząt sprzyjać powstaniu lepszych warunków osłonowych i zachęcać zwierzęta do korzystania z przejść pod obiektami. Nasadzenia krzewów i pnączy wzdłuż ogrodzeń ochronnych i ekranów posłużą do maskowania elementów obcych w krajobrazie. Zieleń na obszarach wewnętrznych węzłów drogowych ma oprócz funkcji wyciszającej, pełnić również rolę ozdobną, dlatego wśród nasadzonych gatunków krzewów i drzew, możemy znaleźć również te ozdobne.

#### 5. Urządzenia ochrony środowiska przed hałasem

W celu ochrony przeciwhałasowej terenów przyległych do trasy, wybudowane zostały zabezpieczenia przeciwdźwiękowe w formie ekranów akustycznych. W sumie wykonano 3,0 km przezroczystych ekranów odbijających o wysokościach 2,5÷7,0 m o powierzchni łącznej ponad 12 tys. m<sup>2</sup>. Ekranu pochłaniające typu zielona ściana, wykonane zostały na długości ponad 15 km i powierzchni łącznej ponad 62 tys. m<sup>2</sup> (wysokość 4,0 ÷ 6,0 m). Na odcinku „Kurów Zachód – Jastków”, w miejscach przejść dla zwierząt zbudowane zostały ekrany przeciwośnieniowe, które chronią tereny pobliskie przejściom przed oświetlaniem przez reflektory zbliżających się pojazdów lub inne zewnętrzne źródła światła. Ich wysokość wynosi 2,5 m, a długość łączna 1,9 km.

Ekranu w ciągu zbudowanej S17 tworzą miejscami tunele dla samochodów poruszających się po trasie. Nie da się również zaprzeczyć, że ich wysokość powoduje ich wyróżnianie się w krajobrazie, szczególnie ekrany typu zielona ściana, których wysokości osiągają do 7,0 m. Również te niższe, ale poprowadzone po odznaczającym się miejscami wysokim nasypie są widoczne z dalszej perspektywy. Pozytywem jest zielony kolor ekranów, który w okresie zazielenienia

traw i zbóż, powodujący zminimalizowanie wyróżniania się ekranów w okolicy. Sytuacja z ekranami przezroczystymi (rys. 6) wygląda podobnie, ponieważ odbijające się od nich światło powoduje z daleka wrażenie, że ekrany są białe. Do ekranów będzie trzeba się przyzwyczaić lub oczekiwać, że zasadzona, zasiana i istniejąca w okolicy zieleń, spowoduje przynajmniej miejscowe ich zamaskowanie. Przemierzając trasę omawianych odcinków, odnosi się wrażenie, że z niektórych ekranów na trasie można było zrezygnować lub zmienić ich konstrukcję, co na pewno mogłoby zmienić odbiór trasy przez kierowców i okolicznych mieszkańców.



Rys. 6. Widok na ekrany odbijające w dolinie Ciemięgi, m. Sieprawice (fot. M.Kowal).

## 6. Estetyka i walory krajobrazu po wybudowaniu drogi

Weźmy pod uwagę powszechnie znaną sytuację, gdy człowiek zachwyca się przedmiotami sztuki i natury. Uderzająco wtedy wspaniałość i harmonia, różnorodność i jednolitość – coś, co przerasta jego oczekiwania, a zarazem zaspokaja najgłębsze tęsknoty za tym, co doskonałe. Mówi się wtedy zazwyczaj o pięknie [3].

Pojęcie estetyki, czyli pojęcie przeżycia estetycznego, a wcześniej piękna, odnosi się do tego, co najbardziej wzniosłe i szlachetne, ale jednocześnie praktyczne i użyteczne, opierając się na wiedzy filozoficznej, teorii sztuki, psychologii, historii sztuki oraz socjologii, jednak przede wszystkim jest filozofią odbioru i odczuwania [4].

Estetyka to zbiór kryteriów, według których obiekt lub grupa obiektów, w tym wypadku odcinek trasy ekspresowej, wydaje się piękny. W architekturze do kryteriów estetycznych nierozłącznie z pięknem, zalicza się solidność i funkcjonalność. Estetyka zmienia się w miarę upływu czasu i pojawianiu się nowych stylów. Mają na nią wpływ zarówno rozwiązania technologiczne jak i materiałowe. Obiekty odpowiadające obecnym kryteriom estetyki powinny być proste w swojej formie, a ich forma powinna współgrać z ich funkcją. Obiekt powinien zachowywać proporcje sam w sobie, ale także powinien być proporcjonalny w stosunku do przestrzeni, w którą jest wpisany. Duże znaczenie dla estetyki mają w przypadku obiektów inżynierskich także użyte materiały wykończeniowe. Współczesną estetyką jest prostota, im więcej udziwnień w bryle, proporcjach i wykończeniu obiektu tym gorszy efekt wizualny, a tym samym mniejsza wartość estetyczna [5].

Spoglądając na efekt finalny budowy drogi ekspresowej S17 na odcinku „Kurów Zachód” – „Lublin Sławin”, można odnieść wrażenie, że projektanci obydwu przedmiotowych zadań swoją pracę wykonali bez zastrzeżeń. Nakreślone na „deskach kreślarskich” produkty ich pracy, płynnie wkomponowują się w zurbanizowany w niewielkim stopniu rolniczy krajobraz. Kompozycja drogi w terenie, nie wpłynęła negatywnie na walory krajobrazowe okolicy, a miejscami tchnęła odrobinę życia do nieco ospałych wcześniej, terenów wiejskich z dużymi obszarami pustkowiec – rys. 7. Trasa przebiega głównie po terenie i w płytkim wykopie. Tylko w kilku miejscach nasyp osiągnął wysokości, które znacząco uwidaczniają trasę w pobliskiej okolicy. Kilka odcinków, w których trasa biegnie w głębokim wykopie powoduje, że miejscowo trasa całkowicie znika z krajobrazu i okolica wygląda na nienaruszoną.



Rys. 7. Widok na trasę S17 z węzła „Lublin Sławin” w kierunku Warszawy (fot. M.Kowal).

Zbudowane obiekty sprawiają wrażenie dobrze wkomponowanych w otoczenie, a dobrane do nich kolory pozwalają na lekki kontrast pomiędzy obiektami, a otaczającym je rolniczym krajobrazem. Obiekty w ciągu trasy głównej, które prawdopodobnie są podziwiane jedynie przez okolicznych mieszkańców, zdaniem autora, nie budzą zastrzeżeń jeśli chodzi o ich odbiór estetyczny, chociaż każdy może ocenić ich kompozycję w planie i profilu według własnych odczuć.

Kształty obiektów, jak i proporcje ich poszczególnych elementów obiektów dobrane są prawidłowo. Ustroje niosące obiekty mostowych nie sprawiają wrażenia zbyt ciężkich, ani zbyt wiotkich. Zastosowanie belkowych konstrukcji obiektów mostowych nad trasą ekspresową wydaje się być rozwiązaniem trafionym, zgodnie z resztą z przedstawionymi w [4] wynikami badań, dotyczącymi wskazań preferowanych rodzajów konstrukcji wiaduktów nad autostradą dla regionu wschodniego, za którym opowiedziało się 49,3 % pytanym. Mosty, wiadukty i przejścia dla zwierząt w ciągu drogi ekspresowej to również głównie konstrukcje belkowe, natomiast ich umiejscowienie powoduje, że zdecydowanie rzadziej będą oceniane przez odbiorców.

Obiekty inżynierskie delikatnie wpasowują się w okolicę. Jasnożółte zabarwienie podpór i konstrukcji niosących obiektów pozwalają na kontrast z zielonym nasypem drogowym. Pomarańczowy gzyms podkreśla linię drogi, co pozwala na jasne określenie, że w tym miejscu znajduje się obiekt inżynierski.



Dla wprawnego oka, problemem nie będzie również określenie funkcji obiektów mostowych w Zadaniu 1, gdzie przejścia dla zwierząt, wyposażono w drewniane ekrany przeciwołnieniowe, które nie pojawiają się na odcinkach drogowych.

Konstrukcje przejść dla zwierząt są zróżnicowane konstrukcyjnie w obudawaniach, co pozwala na ich porównanie i chwilę zadumy nad tym, które z nich lepiej wpisują się w otoczenie. Oprócz obiektów mostowych, które miejscami pełnią dodatkowo zadanie przejść dla zwierząt, występują również konstrukcje celowo przeznaczone dla użytkownika przez średnie zwierzęta. W Zadaniu 1, stanowią je konstrukcje z blach falistych, a w Zadaniu 2, konstrukcje żelbetowe ramowe. Trudno stwierdzić jednoznacznie, które lepiej wpisują się w okolicę, a biorąc pod uwagę, że mają być użytkowane przez zwierzęta, można założyć, że dla nich nie ma to większego znaczenia, chociaż jasnożółty kolor może nie być bez znaczenia.

Konstrukcje przepustów są najmniej widocznymi ze wszystkich obiektów, chociaż nie są niezauważalne. Schowane w nasypie drogowym, często w terenach polnych są niewidoczne dla kierowców i prawie niezauważalne dla osób postronnych – rys. 8, 9. Gdyby nie umocnienia wlotów i wylotów, kamieniem lub kostką betonową, to przepusty, zostałyby zamaskowane przez roślinność, która ogranicza je z każdej strony. Zastosowane w Zadaniu 1 rozwiązanie umocnień wlotów do przepustów, są znacznie przyjemniejsze w odbiorze niż te z betonowej kostki brukowej zastosowane w Zadaniu 2.



Rys. 8. Przejście dla średnich zwierząt na odcinku „Kurów Zachód” – „Jastków” (fot. M.Kowal).



Rys. 9. Przejście dla średnich zwierząt na odcinku „Jastków” – „Lublin Sławin” (fot. M.Kowal).

Na obu odcinkach zastosowano odcienie żółci na powierzchni ustrojów niosących, przyczółków i skrzydeł, pomarańczowego na gzymsach oraz czerwieni na poręczach mostowych i balustrad dla obsługi. Stożki przy obiektach wykonano

w dwóch wariantach, tj. umocnione drobnowymiarowymi betonowymi elementami prefabrykowanymi (kostką i trylinką wklęsłą) oraz betonowymi elementami prefabrykowanymi ażurowymi lub geokratą z wypełnieniem humusem i obsianiem. W miejscach przejść dla zwierząt zastosowanie umocnień stożków geokratą wypełnioną humusem z obsianiem jest zrozumiałe, natomiast w miejscach użytkowanych przez ludzi, jeśli nie ze względów estetycznych, to ze względów utrzymaniowych, lepszym wydaje się umocnienie stożków kostką betonową lub trylinką w miejsce ażurów wypełnionych humusem z obsianiem. Umocnienia wlotów przepustów wykonano z kostki betonowej lub kamienia polnego.

Zastanawiającym zagadnieniem jest ilość ekranów akustycznych, które występują czasami w miejscach tak opustoszałych, że budzą zdziwienie obserwatorów. Na szczęście, pozytywnie można odebrać ich barwę, zielen, która dobrze wpisuje się w otaczający rolniczy teren.

## 7. Podsumowanie

Budowa odcinków drogi ekspresowej S17 „Kurów Zachód” – „Jastków” – „Lublin Sławin” objęła wykonanie drogi ekspresowej na odcinku niespełna 34 km poprowadzonej po nowym przebiegu. Potrzeba budowy drogi ekspresowej S17 wynikała przede wszystkim z niezadowolającej przepustowości istniejącej drogi krajowej DK12/17 oraz znacznie ograniczonego przez duży ruch tranzytowy bezpieczeństwa mieszkańców miejscowości znajdujących się na szlaku. Zmniejszenie natężenia ruchu na „starej siedemnastce” na tym odcinku odczuwalnie poprawiło komfort życia mieszkańców poprzez zmniejszenie natężenia hałasu, stężenia spalin, drgań oraz poprawę bezpieczeństwa.

Wymagania środowiskowe postawiły projektantów i wykonawców drogi ekspresowej przed ograniczeniami dowolności wykonania przedmiotowych prac oraz nakazały konkretne warunki wykonania projektu oraz realizacji robót budowlanych. Wpłynęły one również na ukształtowanie trasy w planie i profilu, przez co bezpośrednio na umiejscowienie i uwidocznienie lub zamaskowanie trasy w otaczającej, najczęściej rolniczej, okolicy. W odczuciu autora, przebieg trasy jest uporządkowany i pozytywny w odbiorze. Kolory zostały dobrane trafnie, przez co obiekty są widoczne w okolicy, a mimo to, nie są nieprzyjemnym elementem w krajobrazie. Zarówno sam przebieg trasy w planie i profilu, jak i umiejscowienie, dobór kształtów i kolorystyki obiektów inżynierskich współgrają z otoczeniem, będąc zauważalnym tylko dla ludzi zainteresowanych tematem.

## Literatura

- [1] Rozporządzenie MTiGM z dnia 02.03.1999r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie – Dz. U. Nr 43, poz. Nr 430 z 14 maja 1999 r.
- [2] PN-85/S-10030. Obiekty mostowe. Obciążenia.
- [3] Gołaszewska M.: *Świadomość piękna. Problematyka genezy, struktury, funkcji i wartości w estetyce*. Warszawa 1970, PWN, s. 583.



- 
- [4] Łagoda G.: *Wiadukty nad autostradami. Wybrane zagadnienia kształtowania konstrukcyjnego i estetycznego*. Oficyna Wydawnicza politechniki Warszawskiej. Warszawa 2001. ISBN 83-7207-271-X.
- [5] Chylińska M.: *Bryła, funkcja i materiały wykończeniowe stanowią obecnie główne wyznaczniki estetyki we współczesnej architekturze*. <http://mojafirma.infor.pl/>

## The aesthetics of the S17 expressway

Maciej Kowal

*Department of Road and Bridge, Faculty of Civil Engineering and Architecture,  
Lublin University of Technology, e-mail: m.kowal@pollub.pl*

**Abstract:** The article describes the aesthetic aspects of the S17 expressway. The paper presents two, adjacent to each other S17 sections, “Kurów Zachód” - “Jastków” and “Jastków” - “Lublin Sławin”. Author’s aesthetic feelings regarding projects executed by various design offices were presented. The expressway plan and profile shape and engineering design solutions were described.

**Keywords:** aesthetics of the landscape, aesthetic reception, bridges, S17 express road.

# **Postępowanie z przebudową zabytkowych obiektów komunikacyjnych na przykładzie ulicy Zamkowej w Lublinie**

**Krzysztof Śledziewski<sup>1</sup>**

*Katedra Dróg i Mostów, Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Lubelska,  
e-mail:k.sledziewski@pollub.pl*

**Streszczenie:** W 2010 roku, pracownicy Katedry Dróg i Mostów, Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Lubelskiej na zlecenie Gminy Lublin wykonali ekspertyzę stanu technicznego wiaduktu nad ulicą Podwale oraz arkadowego przejścia nad ciągiem pieszym zlokalizowanych w ciągu drogi gminnej nr 106814 – ulicy Zamkowej w Lublinie. Głównym celem było przede wszystkim ustalenie przyczyny pojawiających się uszkodzeń schodów prowadzących z Placu Zamkowego na ulicę Zamkową.

W końcowej ocenie stanu technicznego wnioskowano o jak najszybsze wykonanie remontu, nie tylko samych schodów, ale również balustrad i murów oporowych, gdyż dalsza ich degradacja stanowiła realne zagrożenie dla użytkowników. Ponadto, ze względu na lokalizację przedmiotowych obiektów – w najstarszej części Lublina (Stare Miasto), niezwykle istotne było odwzorowanie historycznego wyglądu. W tym celu konieczna była ścisła współpraca z Wojewódzkim Konserwatorem Zabytków.

W 2011 roku biuro projektowe DrogMost Lubelski Sp. z o.o. przygotowało dokumentację projektową przebudowy ulicy Zamkowej na odcinku od Bramy Grodzkiej do końca wiaduktu wraz z obiektami towarzyszącymi. Zaś sama przebudowa została wykonana w 2012 roku.

W artykule zrelacjonowano kolejne etapy przebudowy w których autor brał bezpośredni udział a także przedstawiono krótki rys historyczny ulicy Zamkowej wraz z opisem stanu wiaduktu i przejścia arkadowego sprzed przebudowy.

**Słowa kluczowe:** estetyka, wiadukt, schody, mury oporowe, przebudowa.

## **1. Wprowadzenie**

Lublin jest największym i najprężniej rozwijającym się miastem po wschodniej stronie Wisły – nazywanym stolicą Polski wschodniej. Pod względem administracyjnym podzielony na 27 dzielnic, z których historycznie najstarszą jest Stare Miasto. Istotnym elementem Starego Miasta, który pełni bardzo ważną rolę układu komunikacyjnego jest ulica Zamkowa (rys. 1) stanowiąca połączenie tej części miasta ze Śródmieściem (Zamkiem i Placem Zamkowym, a także z ulicą Podwale).

1. Uczestnik projektu „Kwalifikacje dla rynku pracy - Politechnika Lubelska przyjazna dla pracodawcy” współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



Rys. 1. Lokalizacja ul. Zamkowej.

Niestety postępująca degradacja wiaduktu oraz obiektów towarzyszących, w szczególności schodów prowadzących z Placu Zamkowego na ul. Zamkową doprowadziły do podjęcia decyzji o ich jak najszybszym remoncie.

W artykule w dużym skrócie opisano tok postępowania przy kolejnych etapach przebudowy, poczynając od ekspertyzy a kończąc na wykonaniu dokumentacji projektowej. Dodatkowo przedstawiono krótki rys historyczny ulicy Zamkowej, a także opisano stan wiaduktu i przejścia arkadowego sprzed przebudowy.

## 2. Historia ulicy Zamkowej

Obecny wygląd i pełniona rola ulicy Zamkowej znacznie odbiega od jej oryginalnej postaci, kiedy to była jedną z najstarszych ulic żydowskiego Podzamcza (fot. 1 [7]). Jeszcze do roku 1939 odgrywała ważną rolę w mieście ze względu na duże skupisko ludności. W miejscu wiaduktu zlokalizowana wówczas była tzw. Psia Górka, z której w lewo schodziło się do ulicy Szerokiej, a w prawo do ulicy Zamkowej, gdzie znajdował się targ. Później Zamkowa prowadziła do Zamku, w prawo na Krawiecką, a w lewo do Szerokiej.

Sama ulica była jedną z najbardziej malowniczych w tej dzielnicy. Zabudowa została jeszcze w XVIII wieku murowanymi kamienicami, przy tym dość wysokimi. O jej uroku decydował przede wszystkim fakt, że domy po jednej stronie ulicy znajdowały się na wyższej części stoku wzgórza zamkowego, natomiast po przeciwnej, na niższej i przez to wydawało się, że te leżące w niższej części, znajdowały się głęboko w dole.



Fot. 1. Ulica Zamkowa w latach 1900 – 1925 [7].

W czasie okupacji Niemcy całkowicie zniszczyli, kompleks budynków wokół zamku tworzących tzw. Miasto Żydowskie. Odbudowę, leżącą jeszcze długo w gruzach, dzielnicy rozpoczęto w latach 50 z głównym nasileniem robót w roku 1954. Na ruinach domów znajdujących się na obszarze dzielnicy żydowskiej utworzono plac Zebrań Ludowych, czyli obecny plac Zamkowy.

Plac i biegnące półkolem kamienice zbudowano wg koncepcji opracowanej przez Przedsiębiorstwo „Miastoprojekt – Warszawa”. Plan i ukształtowanie placu nawiązuje do barokowych założeń eliptycznych (fot. 2 [6]). Jest przykładem placu o kompozycji otwartej z częścią zieloną (skarpa zamkowa). Założone wtedy, na zielonym stoku skarpy, schody przyczyniły się – wraz z rozległą płaszczyzną placu – do interesującej ekspozycji zamku.





Fot. 2. Budowa placu Zamkowego [6].

### 3. Opis stanu przed przebudową

#### 3.1. Ulica Zamkowa

Ulica Zamkowa (fot. 3 [4]) jest przedłużeniem ulicy Grodzkiej, przebiega od Bramy Grodzkiej w kierunku Zamku, przez wzgórze zamkowe do ronda Romana Dmowskiego (Al. Tysiąclecia z Aleją Unii Lubelskiej). Ulica na omawianym odcinku posiada nawierzchnię w krawężnikach z kostki betonowej w kolorze szarym. Szerokość jezdni 3,50 do 4,00 m i opaski o szerokości od 0,5 do 1,20 m. Po obu stronach ulica ograniczona jest murem balustradowym z cegły czerwonej, który przykryty jest płytami z piaskowca.



Fot. 3. Widok na ul. Zamkową: od strony Bramy Grodzkiej i od strony Zamku [4].

### 3.2. Wiadukt nad ul. Podwale

Konstrukcję wiaduktu stanowi trójprzęsłowa rama żelbetowa, której ściany oblicowano cegłą (grub.  $\frac{1}{2}$  cegły) fugowaną zaprawą cementową (fot. 4[4]). Wejścia i wjazd pod wiadukt z obu stron ukształtowano w formie portali kamiennych z piaskowca, wewnątrz wiaduktu tynki i licówka z cegły. Skarpy stożków zabezpieczono murkami oporowymi ceglanyimi przykrytymi nakrywami kamiennymi lub betonowymi. Zgodnie z opisem historycznym do wykonania elementów kamiennych używany był „piaskowiec pińczowski i jasnokremowy kamień szydlowiecki”. Nawierzchnię na obiekcie stanowi kostka betonowa. Dodatkowo z wiaduktem powiązane są schody łączące ciągi piesze z ulicy Zamkowej na Plac Zamkowy oraz na ulicę Podwale.



Fot. 4. Widok wiaduktu od strony Placu Zamkowego i od strony ulicy Podwale [4].

### 3.3. Wiadukt arkadowy nad ciągiem pieszym

Nad ciągiem pieszym znajduje się wiadukt jednoprzęsłowy arkadowy o konstrukcji żelbetowej w formie ramy prostokątnej (fot. 5 [4]). Całość jest posadowiona na studniach lub ścianach betonowych o szer. 1,45 m i głębokości 8,80 m poniżej płyty fundamentowej. Wewnątrz wiaduktu ściany i sklepienie wykonane są, jako kolebkowe, licowane cegłą. Podobnie ściany boczne i skrzydełka, również są licowane cegłą. Wejścia z obu stron wykończono licówką kamienną w formie portali.



Fot.5 . Przeście arkadowe: widok od strony Placu Zamkowego i widok od strony ul. Podwale [4].



### 3.4. Schody od strony Placu Zamkowego

Schody prowadzące z ul. Zamkowej na Plac Zamkowy wykonano, jako betonowe (fot. 6 [4]). Dodatkowo schody ograniczone są murami obłożonymi płytami kamiennymi, na których znajdują się balustrady kamienne w postaci cokołów, tralek i słupków przykrytych płytami kamiennymi.



Fot. 6. Schody od strony Placu Zamkowego [4].

### 3.5. Schody od ul. Podwale

Schody z ul. Zamkowej na ul. Podwale wykonane są z kolei z cegły klinkierowej z obustronnymi balustradami stalowymi (fot. 7 [4]). Schody posiadają dwa spoczniki przy drzwiach wejściowych do budynku.



Fot. 7. Schody od ulicy Podwale [4].

## 4. Kolejne etapy przebudowy

Ulica Zamkowa zlokalizowana jest w obrębie układu urbanistycznego Starego Miasta i Śródmieścia Lublina wpisanego do rejestru zabytków woj. Lubelskiego pod nr A/153 decyzją znak: KI.V-7/4/67 z dnia 27 stycznia 1967 roku. Stąd też wszystkie prace związane z ul. Zamkową, takie jak: opracowanie ekspertyzy, dokumentacji projektowej czy też wykonywanie robót budowlanych podlegały ścisłemu nadzorowi Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków.

W tym punkcie opisano sam proces postępowania przy wykonywaniu ekspertyzy a później przy przygotowywaniu dokumentacji projektowej. W szczególności zwracano uwagę, na elementy które miały istotny wpływ zarówno na końcową ocenę ekspertyzy jak i zastosowane rozwiązania. Przy czym szczegółowo wyniki oraz rozwiązania projektowe przedstawiono w dalszej części referatu.

#### 4.1. Ekspertyza

W 2010 roku, pracownicy Katedry Dróg i Mostów, Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Lubelskiej na zlecenie Gminy Lublin wykonali ekspertyzę stanu technicznego wiaduktu nad ulicą Podwale oraz arkadowego przejścia nad ciągiem pieszym zlokalizowanych w ciągu drogi gminnej nr 106814 – ulicy Zamkowej w Lublinie. Głównym celem było przede wszystkim ustalenie przyczyny pojawiających się uszkodzeń schodów prowadzących z Placu Zamkowego na ulicę Zamkową. Ekspertyza obejmowała przede wszystkim:

- inwentaryzację poszczególnych obiektów oraz ich uszkodzeń,
- rozpoznanie nasypu,
- analizę statyczną wiaduktu nad ul. Podwale,
- a także, propozycję odtworzenia i przebudowy elementów małej architektury, wiaduktów, murów oraz nawierzchni.

W celu wykonania prawidłowej oceny stanu technicznego poszczególnych elementów niezbędne okazały się:

- wizje lokalne,
- analiza archiwalnej dokumentacji technicznej.

Bardzo istotne było również przesłedzenie rysu historycznego obiektu, co pozwoliło ustalić, iż w trakcie budowy wiaduktu łączącego Bramę Grodzką z Zamkiem, przy kopaniu fundamentów natrafiono na szereg murów fundamentowych dawnych domów. Do rodzimego gruntu dokopano się dopiero na głębokości 6-7 m.

Oprócz badania nasypu i podłoża w bezpośrednim sąsiedztwie ul. Zamkowej zakres rozpoznania ograniczono do oględzin zewnętrznych.

W końcowej ocenie wnioskowano o jak najszybsze wykonanie remontu, nie tylko samych schodów, ale również balustrad i murów oporowych, gdyż dalsza ich degradacja stanowiła realne zagrożenie dla użytkowników. Stąd też w 2011 roku biuro projektowe DrogMost Lubelski Sp. z o.o. przygotowało dokumentację projektową przebudowy ulicy Zamkowej na odcinku od Bramy Grodzkiej do końca wiaduktu wraz z obiektami towarzyszącymi.

#### 4.2. Dokumentacja techniczna

Celem projektu było stworzenie podstaw do przeprowadzenia przebudowy ulicy Zamkowej, która doprowadzi elementy ulicy do wymaganych obecnie przepisów oraz stanu, który nie będzie powodował zagrożenia w ruchu pieszym i kołowym oraz wyglądu zbliżonego do tego po remoncie w 1996 roku.

Ekspertyza i zawarte w niej wnioski posłużyły, jako główny dokument, na podstawie, którego ustalono zakres i typ robót, które miały zostać wykonane i które w późniejszej fazie ujęto w dokumentacji technicznej. Projekt nie przewidywał zasadniczych zmian w istniejącym zagospodarowaniu terenu. Przebieg ulicy Zamkowej, wiaduktów i schodów na Plac Zamkowy pozostał bez zmian sytuacyjnych. Niewielkie zmiany dotyczyły jedynie modyfikacji muru oporowego i poszerzenia chodnika wzdłuż ul. Podwale.

W projekcie oprócz przebudowy ul. Zamkowej wraz z wiaduktami i obiektami towarzyszącymi: schody, mury oporowe i murki przewidziano również przebudowę urządzeń obcych, takich jak: sieć wodociągowa, kanalizacja deszczowa, linie elektryczne i oświetlenia, a także linie telekomunikacyjne. W tym celu konieczne było uzyskanie opinii ZUDP i uzgodnienia między innymi z MPWiK, PGE, TP oraz Karpacką Spółką Gazowniczą i LPEC Sp. z o.o.

Zastosowane rozwiązania projektowe były po części narzucone poprzez ekspertyzę i Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków, co wynikało bezpośrednio z lokalizacji przedmiotowych obiektów. Stąd też projektanci nie mieli zbyt dużych możliwości. Aczkolwiek i tak bardzo ważnymi elementami już na etapie opracowywania dokumentacji projektowej były, podobnie jak w przypadku opracowywania ekspertyzy:

- wizje lokalne,
- analiza archiwalnej dokumentacji technicznej,
- rys historyczny obiektu.

Czynności te pozwoliły zachować obecną formę i oddać historyczny charakter ul. Zamkowej.

Reasumując, tok postępowania w trakcie projektowania przebudowy/remontu zabytkowego obiektu jest identyczny jak w przypadku obiektu zwykłego. Jediną różnicą są uzgodnienia z Konserwatorem Zabytków i jego kontrola na każdym etapie.

## **5. Wybrane przykłady degradacji poszczególnych obiektów**

### **5.1. Ulica Zamkowa**

Zarówno spadki poprzeczne jak i podłużne nie spełniają wymagań odwodnienia drogi wg [1]. Na opaskach jezdni, nawierzchnia ukształtowała się w nieckę co powoduje, że woda nie ma możliwości spływu z opaski na jezdnię, a następnie do wpustów. Obniżenie nawierzchni względem wpustów również uniemożliwia odprowadzenie wody z ulicy Zamkowej przez studzienki, które znajdują się w jej ciągu wymuszając, aby większość wody odprowadzone zostało przez studzienkę znajdującą się przed Bramą Grodzką od strony zamku. Odległość między wpustami nie jest zgodna dla [2] (fot. 8 [4]).



Fot. 8. Nieprawidłowe odległości między wpustami, niezgodne z wymaganiami spadki nawierzchni, deformacje nawierzchni oraz obniżenie nawierzchni względem wpustów [4].

Rozluźnianie nawierzchni na obiekcie, spowodowane przemieszczaniem opasek na zewnątrz, ma wpływ na penetrację wody pod nawierzchnię na obiektach, a następnie korozję elementów obiektów lub rozmywanie nasypu, co zresztą zauważono przy jednym skrzydełku. Oprócz tego na nawierzchni opasek jez-dni stwierdzono deformacje poprzeczne i podłużne (lokalne zagłębienia do 6,5 cm) uniemożliwiające pełne odprowadzenie wody, zniżenie opaski względem krawężnika do ok. 2 cm a także zapadnięcie części elementów nawierzchni świadczących o prawdopodobnym zniszczeniu i osiadaniu podbudowy (fot. 9 [4]).



Fot. 9. Zapadnięcie części elementów nawierzchni [4].

Murki występują po obydwu stronach ulicy zamkowej na całej jej długości z wyjątkiem wiaduktu nad ulicą Podwale, gdzie występuje balustrada oraz przy stożkach nasypów wiaduktu a także przy wejściu i wyjściu przejścia arkadowego jako opór nasypu. Zinventaryzowanymi wadami murków były w szczególności osiadanie na styku ze skrzydłami, miejscowe zniszczenie spójności muru, pęknięcia oraz odchylenie od pionu na zewnątrz ulicy, co mogło świadczyć o osiadaniu ulicy i ścinaniu skarp (fot. 10 [4]).





Fot. 10. Osiadanie muru względem skrzydła oraz pęknięcie w miejscu styku ze skrzydłem [4].

## 5.2. Wiadukt nad ul. Podwale

Już w trakcie budowy w/w wiaduktu wystąpiły pierwsze problemy. Przy odsłanianiu fundamentów natrafiono na szereg murów fundamentowych, dawnych domów. Grunt rodzimy odnaleziono dopiero na głębokości 6-7 m. Budowniczowie mieli problemy z rozwiązaniem płyty fundamentowej, gdyż grunt nie był jeszcze ustabilizowany.

Na podstawie przeprowadzonych wizji lokalnych w 2010 roku stwierdzono, że ówczesny stan obiektu nie jest zadowalający [8], co w dużym stopniu może się przełożyć na bezpieczeństwo użytkowników. Powolne, jednakże postępujące osiadanie gruntu powoduje miejscowe pęknięcia muru, skrzydeł i balustrad. W konsekwencji prowadzi to do odsłonięcia skrzydeł oraz wypłukiwania gruntu spod nich (fot. 11 [3]). Widocznymi wadami są ubytki i pęknięcia płyt kamiennych, ubytki zaprawy, ukruszenia cegieł, zanieczyszczenie muru, korozja biologiczna i chemiczna płyt kamiennych, przecieki wody z nawierzchni na płytę nośną, pęknięcie muru nad sklepieniem po stronie Placu Zamkowego, odpadanie cegieł z muru nad sklepieniem (fot. 12 [4])



Fot. 11. Uszkodzenia skrzydeł: obruszenia cegieł, odspajanie od muru, osiadanie nasypu; a) widok po stronie Placu Zamkowego, b) widok po stronie Podwala [3].



Fot. 12. Pęknięcie muru nad sklepieniem po stronie Placu Zamkowego. Korozja chemiczna i biologiczna płyt kamiennych licowych i sufitowych. Widoczne pęknięcia płyt, przecieki wodne oraz wypadanie cegieł z muru w linii pęknięcia nad sklepieniem [4].

### 5.3. Wiadukt arkadowy nad ciągiem pieszym

Podobnie jak w przypadku wiaduktu nad ul. Podwale tak i stan przejścia dla pieszych pod ul. Zamkową oceniono jako niezadowolający [8]. Wpływ na to miały liczne ubytki części cegieł w murach (stanowiące około 15% całkowitej powierzchni), ich odchylenie na długości skrzydeł o wartość  $1\pm 2$  cm/100 cm, dylatowanie się skrzydeł od muru, powodujące jego pęknięcie oraz osiadanie nasypu pod skrzydłami tworzące kawerny pod nawierzchnią i obniżające wytrzymałość samych skrzydeł (fot. 13 [4]).



Fot. 13. Murek na skrzydle: zniszczone elementy podstaw, ubytki cegieł oraz osuwanie się zasyпки pod skrzydłem [4].



Podczas inwentaryzacji wewnątrz obiektu, nie stwierdzono widocznych uszkodzeń, które mogłyby świadczyć o złej pracy konstrukcji.

#### 5.4. Schody od strony Placu Zamkowego

W wyniku osiadania nasypu wiaduktu odkształceni i uszkodzeniu trwałemu uległo kilkanaście tralek balustrady. Pozostałe uszkodzenia to: pęknięcie murku oporowego nasypu przy schodach i jego odchylenie o 2 cm/100 cm, zniszczenie muru konstrukcji schodów i płyt licowych, braki licowych płyt kamiennych, a także uszkodzenia mechaniczne oraz zniszczenia elementów wyposażenia. (fot. 14 i 15 [3]).



Fot. 14. Widok schodów wraz z uszkodzeniami: braki płyt licowych z kamienia, częściowe zniszczenie i degradacja balustrady [3].



Fot. 15. Odchylenie balustrady schodów od pionu o 5 cm/70 cm. Na zdjęciu widoczne również tymczasowe zabezpieczenie przed wejściem pieszych [4].

### 5.5. Schody od ul. Podwale

Schody od ulicy Podwale ogólnie prezentują zadowalający stan techniczny. Stwierdzono jednak, że schody (16 schodów w ciągu i wysokość ok. 18 cm) nie spełniają warunków wymaganych w obecnych przepisach dla ciągów pieszych [2] i dodatkowo stwierdzono zniszczenie murków ograniczających schody od nasypu (fot. 16 [5]).



Fot. 16. Nienormowa liczba stopni schodów w ciągu oraz widoczne zniszczenie murku [5].

### 5.6. Rozpoznanie nasypu

W ramach rozpoznania podłoża gruntowego wykonano cztery otwory o głębokości do 6 m. Stwierdzono występowanie nasypów o charakterze niebudowlanym, wykonanych najprawdopodobniej w ramach przemieszczania mas ziemnych i gruzowych w trakcie wykonywania nasypu ul. Zamkowej i niwelacji sąsiadujących placów. Nasypy utworzone są z pyłów i glin pylastych, próchnicznych ze zmienną domieszką gruzu ceglano, fragmentów skał kredowych i spalonych fragmentów drewna lub piasków średnioziarnistych z fragmentami próchnicznych glin humusowych. Poniżej od głębokości 4,5 m, występują gliny deluwialne laminowane piaskiem z gruzem ceglano, stanowiące historyczne deluwia oraz namuły zastoiskowe doliny Czechówki i Bystrzycy.

Wszystkie występujące tu grunty uznano za słabe (słabo nośne i nienośne) [9] i problematyczne, o silnie przemiennych parametrach geomechanicznych w ramach sezonowych zmian uwilgotnienia i zachodzących w ich obrębie przemian substancji organicznej. Są to grunty wysadzinowe i wrażliwe na oddziaływania dynamiczne (drgania). Odnalezione fragmenty ceramiki rozpoznano, jako niewspółczesne, zatem podłoże można traktować, jako ustabilizowane.

## 6. Rozwiązania projektowe – stan obecny

Ze względu na budowę w nasypie ul. Zamkowej szaletu miejskiego prace budowlane zostały podzielona na dwa etapy. W ramach etapu 1 wykonana została przebudowa ul. Zamkowej od km 0+000 do km 0+038,00 wraz z przebudową urządzeń infrastruktury oraz wszystkie prace ujęte na tym odcinku, jako:

- remont wiaduktu nad ul. Podwale,
- przebudowa schodów z Placu Zamkowego,
- przebudowa schodów z ul. Podwale wraz z przebudowa muru oporowego i poszerzeniem chodnika od strony skarpy do 2,00m.

Natomiast w ramach etapu 2 przebudowa ul. Zamkowej od km 0+038 do km 0+078,00 obejmowała remont przejścia arkadowego i pozostałych urządzeń infrastruktury po wcześniejszym wybudowaniu „Publicznego Szaletu Miejskiego”.

### 6.1. Ulica Zamkowa

Przebudowa ul. Zamkowej polegała na wymianie istniejącej nawierzchni z kostki betonowej na kostkę granitową w dowiązaniu do ul. Grodzkiej oraz wymianę balustrad i murków balustradowych wraz z elementami architektonicznymi i oświetleniem. Oprócz tego wykonano odwodnienie liniowe, w tym celu nadano jezdni spadek poprzeczny 2% w kierunku środka, do ścieku muldowego zaniżonego 1 cm względem osi jezdni (fot. 17 [4 i 5]). Na końcowym odcinku długości 5,98 m wykonano przebrukowanie istniejącej nawierzchni z kostki betonowej w celu dowiązania do istniejącego przekroju daszkowego. Całość ograniczono obustronnymi krawężnikami kamienno – granitowymi.



Fot. 17. Całkowite rozebranie nawierzchni i stan po przebudowie [4 i 5].

### 6.2. Remont wiaduktu nad ul. Podwale

Zgodnie z [1, 2] wymieniono istniejące elementy elewacji z cegły klinkierowej a także elementy architektoniczne i okładzin kamiennych. Przy czym wszystkie nowe elementy kamienne wykonano z piaskowca, licówki z cegły klinkierowej klasy 150 o kolorze starej cegły. Balustrady i mury balustradowe nad wiaduktem zostały rozebrane i ponownie odtworzone (fot. 18 [4 i 5]). W projekcie przewidziano również odkopanie i odkrycie górnej powierzchni ustroju niosącego wiaduktu, oczyszczenie powierzchni betonowej wykonanie warstwy wyrównawczej i ułożenie izolacji bitumicznej z papy termozgrzewalnej. Górnej powierzchni pod izolacją nadano spadek 2% umożliwiający spływ wody z izolacji. Pozostałe powierzchnie betonowe pokryto izolacją bitumiczną i zasypano.



Elementy kamienne łączono przy użyciu zapraw niskoskurczowych i kotew ze stali nierdzewnej. Tralki wzmocniono wprowadzając w środek pręt ze stali nierdzewnej na silikonie. Natomiast istniejące chodniki z płyt betonowych zlokalizowane pod wiaduktem wymieniono na płyty z betonu prasowanego o fakturze i kolorze jak na Placu Zamkowym.



Fot. 18. Widok wiaduktu w trakcie remontu i po jego ukończeniu [4 i 5].

### 6.3. Remont przejścia arkadowego nad ciągiem pieszym

W ramach prac remontowych przejścia arkadowego w projekcie przewidziano odkopanie i odkrycie górnej powierzchni ramy, a także oczyszczenie powierzchni betonowej wraz z rozebraniem istniejącej izolacji. Następnie wykonanie warstwy wyrównawczej i ułożenie izolacji bitumicznej z papy zgrzewalnej.

Mury balustradowe nad przejściem podobnie jak w przypadku wiaduktu rozebrano i następnie odtworzono przywracając je do stanu pierwotnego. Wszystkie elementy kamienne również wykonano z piaskowca, licówki z cegły klinkierowej o kolorze starej cegły.

Przy samym przejściu arkadowym od strony błoni został wybudowany wspomniany już wcześniej szalet miejski. W tym celu należało rozebrać istniejący nasyp od km 0+41,00 do przejścia arkadowego (fot. 19 [4 i 5]).



Fot. 19. Budowa szaletu miejskiego [4 i 5].

#### 6.4. Przebudowa schodów od strony Placu Zamkowego

W ramach przebudowy schodów z Placu Zamkowego na ul. Zamkową wykonano ich rozbiórkę wraz murami oporowymi na odcinku od budynku przy Bramie Grodzkiej do schodów oraz wymianie balustrad i elementów architektonicznych (fot. 20 [4 i 5]). Przed odbudową schodów i murów wzmocniono podłoże metodą „jetgrouting” – kolumnami iniekcijnymi długości 5,0 m.

Stopnie schodów wykonano z płyt kamiennych z piaskowca ułożonych na warstwie betonu, natomiast spoczniki z kostki granitowej na podsypce cementowo – piaskowej.



Fot. 20. Schody od strony Placu Zamkowego w trakcie przebudowy i po jej zakończeniu [4 i 5].

#### 6.5. Przebudowa schodów od ul. Podwale

Schody od strony ul. Podwale zostały rozebrane w całości i wykonane od nowa. Zaprojektowano schody w murkach żelbetowych, które pokryto licówką z płytek klinkierowych, a od góry przykryto elementami kamiennymi z piaskowca (fot. 21 [4]).

Stopnie schodów wykonano z płyt kamiennych z piaskowca ułożonych na warstwie betonu, natomiast konstrukcję spoczników wykonano z kostki granitowej na podsypce cementowo – piaskowej.

Na murkach ograniczających schody ustawiono balustradę z kształtowników stalowych.



Fot. 21. Nowe schody od strony ul. Podwale [4].

## 7. Podsumowanie

Lublin jako miasto jest często niedoceniany. A tymczasem zachwyca swoją ponad 700-letnią historią. Dumne dzieje miasta do dzisiejszego dnia skrywają stare mury i zaułki. Zachowane w tak dobrym stanie Stare Miasto w Polsce oprócz Lublina, jest jeszcze tylko w Krakowie. Wiekowe, autentyczne budowle tworzą niepowtarzalny i magiczny klimat miasta, w którym krzyżowały się kultury i religie wielu narodów. Należy w tym miejscu docenić działania władz miasta, które dbają nie tylko o rozbudowę miasta o nowe inwestycje, ale również nie zapominają o miejscach historycznych, które nadały obecny charakter Lublina.

Opisany tok postępowania przy przebudowie zabytkowej ul. Zamkowej jest najlepszym przykładem troski o zachowanie dziedzictwa. Oddanie charakteru historycznej budowli jest trudne ale jak najbardziej wykonalne. Dodatkowo starano się pokazać jak dużą rolę odgrywa ekspertyza w procesie projektowania przebudowy obiektów zabytkowych. W tym miejscu należy zwrócić uwagę, iż obecnie nie ma przepisów regulujących postępowanie przy przeprowadzaniu ekspertyz obejmujących ocenę stanu technicznego całego obiektu lub jego części. Należałoby się zastanowić nad znormalizowaniem tego procesu i stworzeniem pewnego rodzaju instrukcji bądź też wytycznych, jak to ma miejsce w przypadku przeglądów drogowych obiektów inżynierskich.

## Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 02.03.1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 43 z 1999 r.).
- [2] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30.05.2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 63 z 2000 r.).
- [3] Śledziewski K., Kowal M.: *Skutki niewłaściwego utrzymania drogowych obiektów mostowych*. Drogownictwo Nr 6 (2011) 199 – 203.



- [4] Archiwum własne.
- [5] Archiwum DrogMost Lubelski Sp. z o.o.
- [6] Biblioteka Multimedialna [www.Teatrnn.pl](http://www.Teatrnn.pl)
- [7] Polska na fotografii: [www.fotopolska.eu](http://www.fotopolska.eu)
- [8] Instrukcje przeprowadzania przeglądów drogowych obiektów inżynierskich. GDDKiA, Warszawa 2005.
- [9] Wiłun Z.: *Zarys geotechniki*. WKŁ, Warszawa 2010.

## **Procedure of reconstruction of historical communication monuments on the example of Zamkowa Street in Lublin**

**Krzysztof Śledziewski**

*Department of Road and Bridge, Faculty of Civil Engineering and Architecture,  
Lublin University of Technology, e-mail:k.sledziewski@pollub.pl*

**Abstract:** In 2010, employees of the Department of Roads and Bridges, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Lublin University of Technology, have done expertise of the technical condition of the viaduct over the Podwale Street and arcaded passage located within the municipal road No.106814 - Zamkowa Street in Lublin.

The final evaluation of the technical condition requested as soon as possible execution of the repair, not only the steps but also balustrades and retaining walls, as their further degradation was a real threat to users. In addition, due to the location of these objects - in the oldest part of Lublin (Old Town), it was very important to reproduce historical appearance. For this purpose it was necessary to work closely with the Provincial Monuments Conservator.

In 2011 the design office DrogMost Lubelski Sp. z o.o. prepared project documentation for reconstruction of Zamkowa Street stretch from Grodzka Gate to the end of the viaduct, along with accompanying facilities. And the reconstruction was completed in 2012.

The article reported the next steps reconstruction, which the author took a direct part, and presents a brief history of Zamkowa Street with a description of the status of the viaduct and the transition arcade before reconstruction.

**Keywords:** aesthetics, viaduct, stairs, retaining walls, reconstruction.

# **Stosowanie list kontrolnych w opracowaniach środowiskowych w zakresie budownictwa drogowego**

**Slávka Gałaś<sup>1</sup>, Janusz Bohatkiewicz<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Katedra Analiz Środowiskowych, Kartografii i Geologii Gospodarczej, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie,  
e-mail: sgalas@geol.agh.edu.pl*

<sup>2</sup> *Katedra Dróg i Mostów, Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Lubelska,  
e-mail: j.bohatkiewicz@pollub.pl*

**Streszczenie:** Listy kontrolne należą do jednych z najprostszych, ale bardzo skutecznych metod wykorzystywanych na etapie planowania, przygotowywania i weryfikowania działań, m. in. w procesie oceny oddziaływania na środowisko. Listy te można stosować, jako użyteczne narzędzie pracy, w każdej fazie procesu oceny, aby sprawdzić jakość stosowanych danych i wykonywanych prac oraz do sprawdzenia kompletności ocen. Celem artykułu jest wskazanie możliwości stosowania List kontrolnych w opracowaniach środowiskowych w zakresie budownictwa drogowego na przykładach krajowych oraz z zagranicy.

**Słowa kluczowe:** listy kontrolne, weryfikacja, raport o oddziaływaniu na środowisko

## **1. Wprowadzenie**

Jedną z najprostszych i bardzo skutecznych metod wykorzystywanych m.in. na etapie planowania, przygotowywania danych i działań oraz ich weryfikacji są listy kontrolne. Metoda ta jest użyteczna również przy selekcji lub wyborze wariantów realizacji przedsięwzięcia w trakcie podejmowania decyzji o np. lokalizacji rozwiązania komunikacyjnego oraz w procesach kontroli i wdrażania rozwiązań. Jej wykorzystanie polega na przygotowaniu odpowiednich zestawów pytań i stwierdzeń, których przestrzeganie ułatwia i zwiększa efektywność działań oraz jakość ostatecznej wersji wykonywanego materiału. W literaturze przedmiotu używane są różne nazwy metody i jej modyfikacji m. in.: lista pytań kontrolnych, lista pytań sprawdzających i naprowadzających lub checklist (z języka angielskiego). W ramach badań autorzy wykonali analizy dotyczące stosowanych w kraju i za granicą list kontrolnych a następnie podjęli próbę wypracowania list kontrolnych, które mogą być stosowane podczas i po realizacji (badania i kontrola kompletności i jakości) raportów o oddziaływaniu wykonywanych w budownictwie drogowym (w dalszej części nazywane również raportami). Listy zostały poddane testowaniu oraz weryfikacji przez specjalistów praktyków na podstawie opracowywanych i już wykonanych raportów. Badania zostały zrealizowane w ramach projektu „Wiedza, praktyka, współpraca – klucz do sukcesu w biznesie” finansowanego przez Małopolską Agencję Rozwoju Regionalnego.

## 2. Metodyka badań

Metodyka badań i wypracowania list kontrolnych polegała na:

- analizie obecnego stanu wiedzy oraz przeglądzie istniejącej literatury i stosownych wytycznych odnośnie przedmiotu badań – metody list kontrolnych stosowanych w opracowaniach środowiskowych,
- przeglądzie badań i materiałów dotyczących metody list kontrolnych stosowanych w zakresie budownictwa drogowego,
- zebraniu przykładów opracowań środowiskowych typu raport o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko związanych z przedmiotem badań,
- analizie zastosowanych rozwiązań oraz zastosowanych kryteriów przy wykorzystaniu metod list kontrolnych na różnych etapach sporządzania opracowania środowiskowego,
- wypracowaniu własnych wzorców list kontrolnych na podstawie powyższych wyników badań,
- testowaniu list kontrolnych w praktyce, przez specjalistów wykonujących opracowania środowiskowe,
- weryfikacji wypracowanych list kontrolnych na podstawie zrealizowanych raportów.

Podstawowym źródłem informacji związanych z listami kontrolnymi były opracowania dostępne w postaci cyfrowej, gromadzone i udostępniane w tzw. bibliotekach cyfrowych, opracowania instytucji oraz uczelni zajmujących się analizami środowiskowymi oraz wytyczne organizacji wykonywających weryfikację opracowań środowiskowych.

## 3. Listy kontrolne stosowane w zakresie budownictwa drogowego

Listy kontrolne przedstawiają logicznie uporządkowany i ustrukturalizowany zbiór pytań lub stwierdzeń wcześniej przygotowanych na potrzeby działań, czynności czy przygotowania danych i projektu. Zbiór pytań jest używany, jako pewnego rodzaju procedura (algorytm), polegająca na wykonywaniu zaleceń zawartych w procedurze krok po kroku, często w zstępującym układzie. Przestrzeganie ich ułatwia otrzymanie optymalnego rozwiązania oraz zapobiega pomijaniu ważnych, niekiedy oczywistych zdarzeń. Metoda ta pełni wtedy rolę algorytmu czynności do wykonania, koniecznych dla osiągnięcia określonego celu [1].

Celem stosowania metody jest zwiększenie prawdopodobieństwa uzyskania pożądaných efektów w trakcie rozwiązywania problemów. Nie daje ona gwarancji otrzymania najlepszego wyniku, lecz wspomaga proces rozwiązywania problemów i w dużym stopniu go porządkuje. Sprawia, że ostateczny produkt, w postaci opracowania (raportu), będzie miał najwyższą jakość. Stosowanie listy pytań kontrolnych polecane jest w przypadku działań złożonych, których realizacja wymaga koordynacji działań wielu osób [1].

Istnieją dwie główne grupy podejść stosowanych w listach kontrolnych - na etapie przygotowań wszelkich działań oraz na etapie kontroli wdrażanych rozwiązań. Wtedy lista pytań może mieć swoje dwie odmiany:

- jako lista informacyjną,
- oraz jako lista sprawdzająca.

Skuteczność metody zależy od złożoności listy kontrolnej, im dokładniejsze i bardziej szczegółowe zagadnienia znajdują się na liście, tym większa będzie skuteczność listy, jako całości. Ale jednocześnie przy bardzo szczegółowej liście kontrolnej można gubić obraz całości. Można również pracować na mniejszych listach kontrolnych pozwalających na sprawdzenie każdego etapu projektu z osobna, co jest bardziej efektywne, niestety kosztem wydłużenia czasu przeznaczonego na kontrolę.

W zależności od poziomu szacowania oddziaływania oraz etapu kontroli różni się trzy typy list kontrolnych:

- listy opisowe bez oszacowania,
- skalowane,
- ważne i skalowane.

Przykładem listy opisowej bez oszacowania w zakresie inwestycji drogowych może być formularz składający się z szeregu pytań dotyczących: opisu inwestycji, określenia potencjalnych niekorzystnych oddziaływań na środowisko czy opisu zgodności, stosowany w stanie Nebraska w środkowo-zachodniej części Stanów Zjednoczonych „Checklists for LPA Guidelines Manual for Use by NDOR Staff and Others” [2]. Rozdział 5 tego opracowania „Checklists – Environmental” jest poświęcony przedmiotowi badań. Jako przykład przedstawiono listę pytań dotyczącą oceny hałasu (tab. 1). Takim samym sposobem jak prezentuje tabela 1 oceniono i wpływ przedsięwzięcia na warunki wodne, ryzyko powodziowe, jakość powietrza, odpady niebezpieczne, lokalne społeczeństwo, przyrodę, krajobraz, w sumie listę tworzy 123 pytania.

Tab. 1. Przykład listy kontrolnej stosowanej do oceny oddziaływania hałasu na środowisko przedsięwzięć transportowych [2].

Opis zadania lub pytania	Tak	Nie	T/N*	Jeśli nie, określ działania naprawcze	Informacje używane do weryfikacji treści	Dodatkowe uwagi
Czy dokument opisuje istniejący stan środowiska, w tym poziom hałasu otoczenia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Czy dokument wskazuje na wrażliwe receptory (szkoły, kościoły, szpitale, domy opieki)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Dla każdego wariantu. Czy w dokumencie porównano istniejące i przewidywane poziomy hałasu z z dopuszczalnymi wartościami i omówiono ich wpływ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Czy w dokumencie wskazano uzasadnione i możliwe środki eliminacji hałasu, które mogą być zastosowane w projekcie? (jeśli dotyczy)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Czy w dokumencie oceniono skutki pośrednie i skumulowane?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

\* nie dotyczy

Innym przykładem jest lista kontrolna (bez szacowania) wstępnego badania środowiska w odniesieniu do wybranych projektów dróg i mostów „Initial Environmental Examination (IEE) Checklist Form for Roads and Bridges Projects”

[3]. Lista kontrolna jest częścią obowiązującego procesu legislacyjnego dotyczącego ocen oddziaływania na środowisko na Filipinach. Należy ją wypełnić i złożyć w ramach procesu decyzyjnego. Lista składa się z serii pytań, dotyczących planowanego projektu i jego otoczenia a podzielona jest na następujące główne części:

- wymagane informacje - składające się z załączników do listy kontrolnej,
- informacje ogólne - zawierające tytuł projektu, nazwę i adres wykonawcy projektu,
- opis projektu - przedstawiający komponenty projektu i działań w czasie budowy i eksploatacji przedsięwzięcia,
- opis środowiska - charakteryzujący istniejące fizyczne, biologiczne i społeczno-ekonomiczne warunki lokalizacji przedsięwzięcia,
- opis przewidywanego wpływu na środowisko i prognozowanych możliwych skutków negatywnych, które mogą wystąpić w różnych etapach realizacji projektu i wskazanie odpowiednich środków łagodzących i poprawy w celu zapobiegania i/lub zminimalizowania wystąpienia negatywnych skutków i wzmocnienia pozytywnych efektów projektu (tab.2);
- fotodokumentacja lokalizacji projektu,
- plan zarządzania środowiskiem,
- plan monitorowania środowiska,
- plan zaprzestania - proponowane działania po zakończeniu budowy i zakończenia projektu,
- raport odpowiedzialności,
- załączniki.

Odpowiedzi na pytania nie są ściśle ograniczone do wcześniej ustalonych odpowiedzi. Dodatkowo można opracować inne rozwiązania pod warunkiem zapewnienia odpowiednich wymaganych informacji. Mapy, zdjęcia, rysunki (np. wykresy, tabele, szkice) i inne pomoce wizualne są bardzo wskazane w celu zapewnienia lepszego opisu podanego w liście kontrolnej. Ich przedstawienie może pomóc w zrozumieniu proponowanego przedsięwzięcia i podjęcia prawidłowej decyzji.

Tab. 2. Przykładowe pytania listy kontrolnej wstępnego badania środowiska w trakcie budowy przedsięwzięcia [3].

Negatywne skutki realizacji przedsięwzięcia	Odpowiedź		Proponowane możliwości minimalizacji negatywnego wpływu	Uwagi
	Tak	Nie		
Zwiększenie poziomu hałasu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Odpowiedni harmonogram prac budowlanych</li> <li>▶ Określenie przejazdów ciężkiego sprzętu</li> </ul>	
Wzrost ruchu drogowego	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Skierowanie ruchu kołowego na drogi mniej zatłoczone</li> <li>▶ Wprowadzenie innych dotychczasowych rozwiązań</li> </ul>	
Zwiększone zagrożenie związane z odpadami budowlanymi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Zapewnienie odpowiedniego wyposażenia ochronnego</li> <li>▶ Zapewnienie odpowiednich znaków ostrzegawczych na trasie</li> </ul>	

Przykładem krajowej listy kontrolnej bez oszacowania jest lista pytań Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad (GDDKiA) służąca do oceny kom-



pletności opracowania raportu oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko (tab. 3) [4].

Tab. 3. Wybrane weryfikowane zagadnienia z listy pytań GDDKiA dotyczące identyfikacji oraz propozycji możliwości minimalizacji negatywnego wpływu na środowisko, w tym i środków kompensujących [4]

Weryfikowane zagadnienie	Tak	Nie	Uwagi / wyjaśnienia
Czy zaproponowane w raporcie ekrany akustyczne są logicznie umiejscowione (tzn. np.: nie są proponowane tam gdzie nie ma czego chronić, przecinają drogi poprzeczne – uniemożliwiają z nich zjazd)?			
Czy zaproponowane w raporcie działania minimalizujące są logiczne i adekwatne do skali prognozowanego oddziaływania?			
Czy w raporcie określono przybliżoną lokalizację, parametry i oceniono przewidywaną skuteczność zaproponowanych środków minimalizujących negatywne oddziaływanie?			

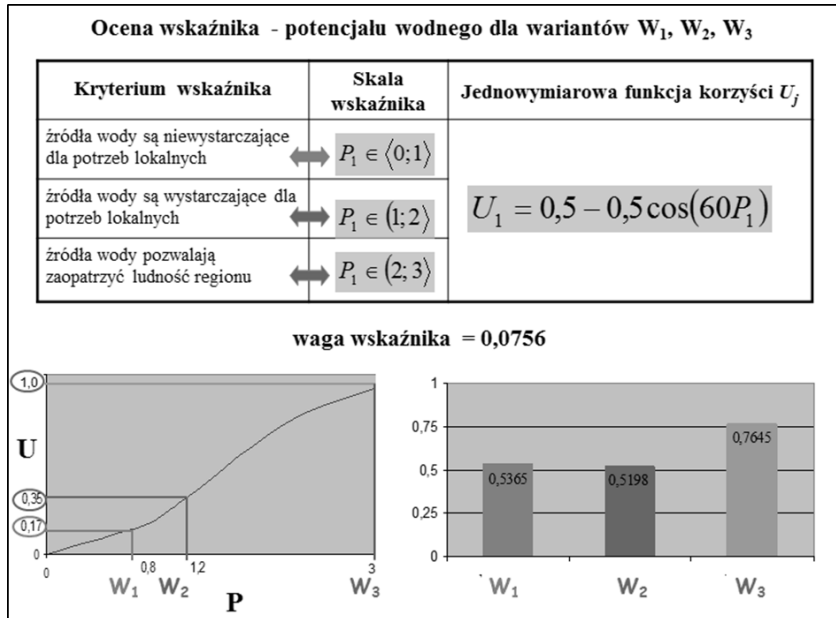
W listach skalowanych przypisuje się oddziaływaniu każdego wariantu literową lub cyfrową skalę szacowaną wpływu na środowisko w oparciu o każdy rozpoznany czynnik środowiskowy a w przypadku weryfikacji opracowania wskazuje się wystarczalność opisu danego elementu opracowania. Przykładem takim może być lista kontrolna służąca do weryfikacji raportów o oddziaływaniu, sporządzona przez Komisję Europejską (KE) (tab. 4) [5].

Tab. 4 Wybrane pytania z listy kontrolnej służącej do weryfikacji raportów o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko sporządzonej przez Komisję Europejską dotyczące opisu możliwych znaczących skutków przedsięwzięcia [5].

Pytania kontrolne	Czy dotyczy projektu?	Czy jest właściwie omówione?	Jakie dalsze informacje są potrzebne?
Czy opisano bezpośrednie, najważniejsze skutki dla użytkownika terenu, ludzi i majątku i czy zostały one odpowiednio określone ilościowo?			
Czy opisano bezpośrednie, najważniejsze skutki dla cech geologicznych i właściwości gleb i czy zostały one odpowiednio określone ilościowo?			
Czy opisano bezpośrednie, najważniejsze skutki dla fauny i flory oraz siedlisk i czy zostały one odpowiednio określone ilościowo?			

Listy ważne i skalowane używane są do oceny wpływu na środowisko poszczególnych wariantów realizacji przedsięwzięcia i następnie do wyboru optymalnego wariantu. Poszczególne wskaźniki, czy kryteria oceny, są ważne w zależności od ich znaczenia dla jakości środowiska na danym obszarze. Oprócz określenia wagi, każdemu czynnikowi nadaje się „funkcję wartości (korzyści)” w przedziale wartości od zera do jeden. Przekształca ona dane opisowe w konkretne znormalizowane wartości. Te są następnie pomnożone przez odpowiadające im wagi i suma wszystkich iloczynów określa wpływ danego wariantu przedsięwzięcia na środowisko. Metoda ta jest selektywna i całościowa. Pozwala określić różnice stanu środowiska dla różnych wariantów realizacyjnych. W kategoriach porównawczych jest obiektywna. Nie nadaje się jednak do rozpoznawania i przedstawiania współ-

oddziaływań. Duży stopień agregacji końcowego wyniku powoduje straty zasobu informacji, czemu można zapobiec przedstawiając poszczególne wyniki cząstkowe dla każdego czynnika. Jako przykład listy ważonej i skalowanej można przedstawić obliczenie wartości wskaźnika środowiskowego – potencjału wodnego dla trzech różnych wariantów realizacji przedsięwzięcia  $W_1, W_2, W_3$  (rys.1) [6,7].



Rys. 1. Obliczenie wartości dotyczącej zmiany potencjału wodnego dla trzech różnych wariantów inwestycji [6,7].

#### 4. Analiza przedmiotowej problematyki

Analizując przytoczone przykłady list kontrolnych można zauważyć ich podobną treść merytoryczną i różnice w ich tabelarycznym przedstawieniu. Zakres list kontrolnych wyznacza przede wszystkim obowiązujące krajowe prawo dotyczące procesu oceny oddziaływania na środowisko wynikające z Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2011/92/UE z dnia 13 grudnia 2011 r. w sprawie oceny skutków wywieranych przez niektóre przedsięwzięcia publiczne i prywatne na środowisko, Dyrektywy Rady 92/43/EWG z dnia 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory razem z Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/147/WE z dnia 30 listopada 2009 r. w sprawie ochrony dzikiego ptactwa – wyznaczającymi obszary Natura 2000. W warunkach Polski są to przede wszystkim wymogi wynikające z Ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko oraz wytycznych Ministerstwa Rozwoju Regionalnego i Komisji Europejskiej (KE) dotyczących procesu scopingu, screeningu oraz weryfikacji raportu.

Lista kontrolna stosowana jako lista informacyjna czy jako sprawdzająca, w zagadnieniach związanych z transportem, powinna mieć ogólny charakter ze szczegółowym uwzględnieniem przedsięwzięć danego zakresu. Porównując listę kontrolną sporządzoną przez KE z ogólnym charakterem [5] oraz listę kontrolną opracowaną przez GDDKiA do weryfikacji raportu o oddziaływaniu na środowisko inwestycji drogowych [4], można wskazać, że najwięcej pytań w Wytycznych KE poświęcono opisowi fizycznych cech przedsięwzięcia (49 pytań na 143 pytania) i opisowi możliwych znaczących skutków przedsięwzięcia (38 pytań). W przypadku listy kontrolnej z GDDKiA najwięcej pytań poświęcono identyfikacji i charakterystyce oddziaływań znaczących na środowisko (36 pytań na 100 pytań) oraz wymaganiom merytorycznym raportu (22 pytania). Najmniej pytań w obydwóch przypadkach dotyczy oceny proponowanych wariantów przedsięwzięcia (3-5 pytań) (tab. 5).

Tab. 5. Porównanie zestawienia list kontrolnych według Wytycznych KE oraz według GDDKiA.

Wytyczne KE		GDDKiA	
Temat weryfikacji	liczba pytań	Temat weryfikacji	liczba pytań
Cele i fizyczne cechy przedsięwzięcia	49	Ocena zawartości merytorycznej opisu i charakterystyki przedsięwzięcia	10
Rozważane alternatywy (warianty)	5	Ocena poszczególnych wariantów przedsięwzięcia	3
Opis środowiska, które może być dotknięte skutkami przedsięwzięcia	22	Ocena zawartości merytorycznej opisu i charakterystyki obszaru, na którym przewiduje się wpływ przedsięwzięcia	15
Opis możliwych znaczących skutków przedsięwzięcia	38	Identyfikacja i charakterystyka oddziaływań znaczących na środowisko	36
Działania łagodzące	10	Identyfikacja oraz propozycje możliwości minimalizacji negatywnego wpływu na środowisko, w tym i środków kompensujących	9
-	-	Proponowane działania dotyczące monitoringu oraz analizy porealizacyjnej	5
Streszczenie w języku nietechnicznym	7	-	-
Jakość prezentacji	12	Wymagania merytoryczne raportu	22
Suma pytań	143	Suma pytań	100

Lista kontrolna GDDKiA ma specjalne zastosowanie dla raportów o oddziaływaniu na środowisko przedsięwzięć drogowych, o czym świadczą pytania skierowane m. in. na prognozę ruchu. Najwięcej z nich wkomponowano do części raportu dotyczącej charakterystyki przedsięwzięcia oraz określenia oddziaływania na środowisko (tab. 6).

Tab. 6. Weryfikowane zagadnienia wybrane z listy kontrolnej GDDKiA, które odniosą się wyłącznie do inwestycji drogowych.

<p><b>Ocena zawartości merytorycznej opisu i charakterystyki przedsięwzięcia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• W przypadku nowej infrastruktury transportowej lub projektów generujących znaczny ruch komunikacyjny, czy opisano rodzaj, rozmiar, model rozłożenia w czasie i rozmieszczenia geograficznego nowego ruchu komunikacyjnego generowanego lub zmienionego w wyniku opisanego przedsięwzięcia?</li> <li>• Czy rozwiązania techniczne przyjęte na końcach analizowanego odcinka mają odpowiednią kontynuację na odcinkach sąsiednich?</li> <li>• Czy w raporcie przedstawiono prognozę ruchu dla każdego analizowanego wariantu?</li> <li>• Czy przedstawiona prognoza ruchu została uzgodniona z DS?</li> <li>• Czy w charakterystyce przedsięwzięcia uwzględniono realizację obiektów powiązanych z drogą oraz wszelkie działania włączone w budowę drogi (przebudowa linii elektroenergetycznych, budowa dróg dojazdowych, przebudowa przejazdów kolejowych, budowa MOP, OUD itp.)?</li> <li>• Czy prognozy ruchu na sąsiednich odcinkach tej samej drogi są spójne z danymi przyjętymi na analizowanym odcinku (o ile takie dane są dostępne)? Czy zasięgi oddziaływań są zbliżone/pokrywają się na sąsiednich odcinkach?</li> <li>• Czy we wszystkich prognozach oddziaływania (zarówno w zakresie klimatu akustycznego, zanieczyszczenia powietrza, zanieczyszczenia wód) używano tej samej prognozy ruchu?</li> <li>• Czy w raporcie obok SDR przedstawiono również dane na temat SGR (ruchu średniogodzinowego)? Czy SGR po przeliczeniu pozwala uzyskać SDR?</li> </ul> <p><b>Ocena zawartości merytorycznej opisu i charakterystyki obszaru, na którym przewiduje się wpływ przedsięwzięcia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Czy w propozycji realizacji przejść dla zwierząt uwzględniono powyższe informacje?</li> <li>• Jeżeli na trasie inwestycji stwierdzono występowanie gatunków/siedlisk chronionych, to czy dane przedstawione w ROŚ są wystarczające aby wystąpić o derogację zgodnie z art. 56 ustawy o ochronie przyrody (dotyczy inwestycji prowadzonych po istniejącym śladzie, inwestycji drogowych o małej skali np. przebudowa, dla których etap uzyskania decyzji środowiskowej jest ostatnim etapem oceny itp.)?</li> </ul> <p><b>Identyfikacja i charakterystyka oddziaływań znaczących na środowisko</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Czy w poszczególnych ocenach oddziaływania uwzględniono zarówno etap realizacji inwestycji jak i jej eksploatacji? Czy wyjaśniono dlaczego nie analizuje się etapu likwidacji inwestycji?</li> <li>• Czy w raporcie wykonano obliczenia dla dwóch horyzontów czasowych (rok oddania do użytkowania lub rok wykonania analizy porównawczej, 10-15 lat po oddaniu inwestycji do użytku) przed i po zastosowaniu zabezpieczeń?</li> <li>• Czy w raporcie przedstawiono wyniki obliczeń akustycznych dla poszczególnych receptorów (dla dwóch horyzontów) z podziałem dzień/noc oraz z zabezpieczeniami i bez zabezpieczeń?</li> <li>• Czy wyniki powyższych obliczeń znajdują potwierdzenie w załącznikach graficznych załączonych do raportu?</li> <li>• Czy w raporcie przedstawiono informację, w jakich rejonach lub przy których budynkach/obiektach prognozowane jest wystąpienie przekroczeń?</li> <li>• Czy w ramach obliczeń akustycznych uwzględniano oddziaływanie skumulowane od innych źródeł (np. hałas kolejowy, lotniczy), od innych dróg, jak również planowany ruch na drogach poprzecznych, skrzyżowaniach i węzłach?</li> </ul> <p><b>Identyfikacja oraz propozycje możliwości minimalizacji negatywnego wpływu na środowisko, w tym i środków kompensujących</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Czy w sąsiedztwie przejść dla zwierząt zaproponowano osłony przeciwoślńieniowe?</li> <li>• Czy zaproponowane w raporcie ekrany akustyczne są logicznie umiejscowione (tzn. np.: nie są proponowane tam gdzie nie ma czego chronić, przecinają drogi poprzeczne – uniemożliwiają z nich zjazd)?</li> </ul> <p><b>Wymagania merytoryczne raportu</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Czy w raporcie zamieszczono wytyczne pozwalające uniknąć rozwiązań nielogicznych w kontekście środowiskowym tzn. nieskutecznych (np.: zablokowania dostępu do przejść dla zwierząt przez system odwodnienia, oświetlania przejść dla zwierząt, braku wygrodzeń naprowadzających na przejście, nieodpowiednich parametrów ogrodzenia, gabionowych umocnień w obiektach służących do migracji zwierząt, zbyt stromych przejść dla zwierząt)?</li> </ul>
--

## 5. Wnioski i podsumowanie

Na podstawie przytoczonych przykładów list kontrolnych można wnioskować, że listy kontrolne należą do bardzo przydatnych narzędzi pomocnych w planowa-

niu i prowadzeniu prognoz wpływu na środowisko przedsięwzięcia oraz weryfikacji kompletności opracowań środowiskowych. Ich przydatność zwiększa się zwłaszcza, jeśli jedna lub więcej list kontrolnych, jest wykorzystywanych dla konkretnego typu projektu – np. przedsięwzięć w zakresie budownictwa drogowego. W takim przypadku składają się z serii pytań, które odnoszą się specjalnie do zagadnień związanych z planowanym przedsięwzięciem i jego otoczeniem, z wpływem przedsięwzięcia na środowisko oraz zdrowie ludzi, zarówno pozytywnych, jak i negatywnych. Pytania mogą być modyfikowane (pozycje dodane lub usunięte), aby uczynić je bardziej istotne dla poszczególnych typów projektów w danej lokalizacji oraz mogą być stosowane przez inicjatora projektu i weryfikatora na różnych etapach procesu oceny oddziaływania na środowisko.

Podsumowując można określić, że listy kontrolne w uproszczonej formie:

- zapewniają uporządkowane podejście do identyfikacji kluczowych wpływów i istotnych czynników środowiskowych, które należy rozważyć w procesie ocen oddziaływania na środowisko,
- wspierają i ułatwiają interdyscyplinarne podejście uczestników procesu podczas planowania, wykonywania i podsumowania ocen oddziaływania na środowisko,
- umożliwiają sprawdzenie czy wszystkie kluczowe kwestie i elementy procesu oceny oddziaływania zostały w ocenie uwzględnione;
- oraz zapewniają, że proces oceny oddziaływania jest systematyczny oraz bardziej ujednolicony w ramach projektu.

Artykuł powstał w ramach projektu „Wiedza, praktyka, współpraca – klucz do sukcesu w biznesie” finansowanego przez Małopolską Agencję Rozwoju Regionalnego.

### Literatura

- [1] Piech K. Metody wyznaczania kierunku rozwiązywania problemów, w: Antoszkiewicz J. Metody rozwiązywania problemów w warunkach małego przedsiębiorstwa, „Monografie i Opracowania”, Instytut Funkcjonowania Gospodarki Narodowej SGH, Warszawa 1999, s. 63-74
- [2] [www.transportation.nebraska.gov/gov-aff/lpa/lpa-checklists/#chap4](http://www.transportation.nebraska.gov/gov-aff/lpa/lpa-checklists/#chap4), dostęp styczeń 2014
- [3] <http://www.emb.gov.ph>, dostęp styczeń 2014
- [4] Lista sprawdzająca dla ROŚ przygotowanego na potrzeby uzyskania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach (DŚU), GDDKiA.
- [5] Wytyczne dotyczące OOŚ, Weryfikacja ROŚ, Komisja Europejska, Luksemburg 2001
- [6] Říha J. Totalní ukazovatel kvality prostředí, Praha, 2001
- [7] Gałaś S., Gałaś A. Use of environmental indicators in landscape planning on the example of water reservoir of Świnna Poręba. Polish Journal of Environmental Studies ; ISSN 1230-1485. — 2007 vol. 16 no. 3B s. 114–118.



## The application of checklists in environmental studies in the field of road construction

Slávka Gałaś<sup>1</sup>, Janusz Bohatkiewicz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Department of Environmental Analysis, Mapping and Economic Geology, Faculty of Geology, Geophysics and Environmental Protection, AGH University of Science and Technology in Krakow, e-mail: sgalas@geol.agh.edu.pl*

<sup>2</sup>*Department of Road and Bridge, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Lublin University of Technology, e-mail: j.bohatkiewicz@pollub.pl*

**Abstract:** Checklists are one of the simplest but very effective methods used in the phase of planning, preparation and verification of activities, among others in the process of environmental impact assessment. These checklists can be used as a useful tool in every phase of the evaluation process to check the quality of the data used and the work performed and to verify the completeness of the assessments. The aim of the article is to show the applicability of checklists in environmental studies in the field of road construction on the domestic examples and from abroad.

**Keywords:** checklists, verification, report of environmental impact

## **Przyjazne dla środowiska naturalnego rozwiązania materiałowo-technologiczne nawierzchni drogowych**

**Piotr Radziszewski, Karol Kowalski,  
Michał Sarnowski, Piotr Pokorski**

*Zespół Technologii Materiałów i Nawierzchni Drogowych, Wydział Inżynierii Lądowej,  
Politechnika Warszawska, e-mail: p.radziszewski@il.pw.edu.pl, k.kowalski@il.pw.edu.pl  
m.sarnowski@il.pw.edu.pl, p.pokorski@il.pw.edu.pl*

**Streszczenie:** Budownictwo drogowe podlega w ostatnich latach dynamicznym zmianom. Podstawowym dążeniem projektantów i technologów jest opracowanie trwałych i przyjaznych środowisku technologii drogowych, które z powodzeniem mogą być stosowane na obszarach przyrodniczo cennych. W artykule przedstawiono wybrane nowoczesne rozwiązania materiałowo-technologiczne stosowane do budowy nawierzchni na obszarach podlegających szczególnej ochronie (np. Natura 2000). Przykładem nowoczesnych proekologicznych rozwiązań technologicznych w budownictwie drogowym są: nawierzchnie asfaltowe z dodatkiem gumy ze zużytych opon samochodowych, nawierzchnie asfaltowe z mieszanek o obniżonej emisji substancji lotnych, „ciche” nawierzchnie, nawierzchnie z wykorzystaniem materiałów z recyklingu, nawierzchnie z materiałów lokalnych, nawierzchnie „biologicznie czynne” (przepuszczalne warstwy mineralne). W Politechnice Warszawskiej, od wielu lat realizowane są projekty badawcze dotyczące tematyki nowoczesnych i ekologicznych nawierzchni drogowych. Jednym z nich jest projekt mający na celu zidentyfikowanie głównych kierunków w jakich rozwijać się będzie technologia budowy dróg w perspektywie 30 lat, ze szczególnym uwzględnieniem zasad zrównoważonego rozwoju i ochrony środowiska. W ramach realizowanych obecnie dwóch projektów, zostały wykonane odcinki doświadczalne nawierzchni z dodatkiem gumy oraz odcinki doświadczalne w technologiach ograniczających hałas, które poddawane będą wieloletniemu monitoringowi.

Właściwy dobór materiałów i technologii drogowych na obszarach przyrodniczo cennych nie pogorszy trwałości nawierzchni, komfortu użytkowania i bezpieczeństwa na drogach a jednocześnie poprawi bezpieczeństwo ekologiczne, nie zakłócając funkcjonowania cennych ekosystemów.

**Słowa kluczowe:** obszary przyrodniczo cenne, nawierzchnie drogowe, zrównoważony rozwój.

### **1. Wstęp**

Sieć drogowa w Polsce podlega ciągłej rozbudowie i dynamicznemu rozwojowi. W chwili obecnej kontynuowane są kolejne realizacje dużych inwestycji drogowych na terenie całego kraju. Głównym założeniem planistów i inwestorów jest osiągnięcie w 2030 roku sieci połączeń dróg autostradowych i ekspresowych połączonych

z układem zagranicznych sieci drogowych. Element uzupełniający tej sieci będą stanowić autostradowe obwodnice najważniejszych ośrodków miejskich. Planowane są odcinki zapewniające obsługę obszarów obecnie niedostatecznie dostępnych, m.in. Pomorza Środkowego, Mazur, Polski Wschodniej, Podkarpacia oraz Kotliny Kłodzkiej. Zgodnie z wymogami prawa europejskiego, należy zwrócić szczególną uwagę na inwestycje realizowane na obszarach przyrodniczo cennych, np. na obszarach programu Natura 2000.

Cechą charakterystyczną budownictwa drogowego jest liniowy charakter realizowanych prac budowlanych, wiążący się ze szczególnym rodzajem oddziaływania na środowisko przyrodnicze. Powoduje ono konflikty pomiędzy dwoma przeciwstawnymi racjami: rozwojem człowieka, z zapewnieniem mu możliwości realizacji różnych potrzeb oraz utrzymaniem stanu obecnego obszarów przyrodniczych, w które człowiek nie może ingerować. „Nawierzchnia zrównoważona” powinna charakteryzować się przede wszystkim konstrukcją przyjazną dla środowiska, niskimi nakładami energetycznymi oraz niską emisją zanieczyszczeń. Nawierzchnia taka powinna być bezpieczna i efektywna, powinna spełniać obecne potrzeby transportowe oraz nie ograniczać możliwości spełnienia takich potrzeb w przyszłości.

Rozwój budownictwa drogowego jest w dużym stopniu zależny od polityki władz oraz rozwoju nauki, przede wszystkim inżynierii materiałowej. W ramach projektów badawczych i prac naukowych w Politechnice Warszawskiej, od wielu lat realizowane są liczne projekty badawcze dotyczące tematyki nowoczesnych i ekologicznych nawierzchni drogowych. Prace te dotyczą zagadnień związanych z wykorzystaniem kruszyw miejscowych, recyklingiem nawierzchni drogowych, ciłchymi nawierzchniami, nawierzchniami wodoprzepuszczalnymi oraz technologiami ograniczającymi zapotrzebowanie energetyczne w procesach technologicznych.

## 2. Budownictwo drogowe na obszarach Europejskiej Sieci Ekologicznej

Zespół Technologii Materiałów i Nawierzchni Drogowych Politechniki Warszawskiej, na zlecenie Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad, realizuje projekt badawczy, którego celem jest analiza kierunków rozwoju nowych materiałów, technologii i konstrukcji nawierzchni stosowanych w budownictwie drogowym, w aspekcie szczególnych uwarunkowań ochrony środowiska i zrównoważonego rozwoju.

W ramach projektu określone zostały wymagania materiałowo-technologiczne do budowy dróg na obszarach szczególnie chronionych w Polsce. Dokonana została analiza obszarów Europejskiej Sieci Ekologicznej Natura 2000 w Polsce pod względem kolizji z rozbudową sieci drogowej, problemów i konfliktów związanych z realizacją inwestycji drogowych oraz oczekiwań ekologów w zakresie rozwiązań materiałowo-technologicznych przy budowie i utrzymaniu dróg. Obszary Natura 2000 są specyficzną formą ochrony przyrody i w odniesieniu do nich określane są działania, które pozwalają na ich ochronę. Działania ochronne ustalane w dokumentach nie odnoszą się do całego obszaru Natura 2000, ale do występujących na nim przedmiotów ochrony – siedlisk przyrodniczych, gatunków roślin i zwierząt. Dlatego też na obszarach Natura 2000 nie ma tak ściśle określonych zakazów w za-

kresie lokalizowania inwestycji mogących znacząco oddziaływać na środowisko, jak ma to miejsce w przypadku parków narodowych, rezerwatów przyrody lub parków krajobrazowych. Na terenie obszaru Natura 2000 może zatem być zlokalizowane każde przedsięwzięcie, o ile nie będzie:

- znacząco oddziaływać na przedmioty ochrony obszaru,
- znacząco oddziaływać na integralność obszaru,
- powodować kumulacji (lub synergii) oddziaływań na obszar Natura 2000 z innymi przedsięwzięciami, które na danym obszarze są planowane lub już funkcjonują.

Oddziaływanie przedsięwzięcia na obszar Natura 2000 odnosi się zatem do przedmiotów ochrony występujących na danym obszarze, z którymi koliduje inwestycja lub które znajdują się w zasięgu jej oddziaływania, lub też odnosi się do integralności i spójności obszaru, jego powiązań z innymi obszarami oraz skumulowanych oddziaływań danego przedsięwzięcia wraz z innymi przedsięwzięciami.

Rozważając problematykę konfliktów środowiskowych związanych z realizacją inwestycji drogowych na obszarach Natura 2000, należy się odnosić do czynników (kategorii oddziaływań) generowanych w trakcie budowy i eksploatacji dróg.

Znaczenie konfliktu jest zależne zarówno od przewidywanego natężenia ruchu samochodowego jak i od cech środowiska, w tym przede wszystkim od wrażliwości poszczególnych elementów środowiska na akumulację zanieczyszczeń komunikacyjnych oraz od wrażliwości i rangi funkcjonalnych powiązań elementów struktury przyrodniczej, którą droga przecina. Czynniki oddziałujące na środowisko są generowane zarówno przez istniejącą sieć dróg, jak i w związku z planowaną jej rozbudową.

Ochronie różnorodności przyrodniczej służą działania podejmowane na poziomie planowania i przygotowania inwestycji. Na etapie planowania strategicznego konieczne jest minimalizowanie konfliktów lokalizacyjnych: poszukiwanie wariantów przebiegów dróg, w najmniejszym stopniu kolidujących z obszarami Natura 2000, co oznacza zarówno unikanie przecinania tych obszarów, jak i ich najważniejszych funkcjonalnych połączeń z innymi obszarami. Na etapie przygotowania konkretnego przedsięwzięcia konieczne jest wskazanie i zaprojektowanie rozwiązań mających na celu przeciwdziałanie lub minimalizowanie konfliktów środowiskowych.

Wdrożenie systemu ocen, wymogi prawne Unii Europejskiej a w szczególności coraz bardziej restrykcyjne podejście do ochrony przyrody w Polsce spowodowały, że w budowie i eksploatacji dróg obecnie stosuje się coraz wyższe standardy w zakresie ochrony poszczególnych elementów środowiska. Dotyczy to szczególnie ochrony wód i ochrony klimatu akustycznego w otoczeniu dróg. Ponadto na zmniejszenie zasięgów oddziaływania dróg na środowisko, istotny wpływ ma postęp technologiczny w zakresie działania pojazdów a szczególnie spalania paliw [1,2].

Najważniejszym narzędziem, które powinno być wykorzystywane do zmniejszenia wszelkich ryzyk związanych z budową dróg, jest system ocen oddziaływania na środowisko, począwszy od poziomu strategicznego planowania w kraju a skończywszy na etapie projektowania inwestycji.

Drogi ekspresowe i autostrady w układzie docelowym pozostają w konflikcie z 84 obszarami ochrony siedlisk (SOO) oraz z 40 obszarami ochrony ptaków (OSO)

(rys. 1 i 2). Istniejące drogi krajowe pozostają w konflikcie z 183 obszarami ochrony siedlisk (SOO) oraz z 74 obszarami ochrony ptaków (OSO) [2].



Rys. 1. Konflikty autostrad i dróg ekspresowych z obszarami Natura 2000 - specjalnymi obszarami ochrony siedlisk (SOO).



Rys. 2. Konflikty autostrad i dróg ekspresowych z obszarami Natura 2000 - obszarami specjalnej ochrony ptaków (OSO).

Nie ma możliwości uniknięcia konfliktów sieci dróg z Europejską Siecią Ekologiczną Natura 2000, przerwania funkcjonalnych powiązań pomiędzy obszarami Natura 2000, a także pomiędzy tymi obszarami i innymi obszarami przyrodniczymi. Istnieje jednak szereg rozwiązań służących minimalizowaniu skutków frag-



mentacji siedlisk, a także mających na celu zmniejszenie zasięgów oddziaływania dróg. Możliwości zastosowania tych rozwiązań należy rozważać dla konkretnej inwestycji zlokalizowanej w określonym środowisku.

Siedliska przyrodnicze oraz gatunki roślin i zwierząt będące przedmiotami ochrony w obszarach Natura 2000, na etapie projektowania, budowy i eksploatacji dróg, należy traktować jako szczególnie wrażliwe, wymagające wysokich standardów ochrony środowiska. Na takich obszarach wskazane jest stosowanie rozwiązań materiałowo-technologicznych, które minimalizują ingerencję w środowisko naturalne, zarówno na etapie realizacji inwestycji, jak i w późniejszym użytkowaniu. Zastosowanie trwałych i dobrej jakości materiałów zapewnia ograniczenie napraw i remontów podczas eksploatacji dróg. Wykorzystanie cichych, porowatych nawierzchni ogranicza generowany przez pojazdy hałas. Używając materiały z recyklingu zmniejsza się zapotrzebowanie na nowe surowce, takie jak kruszywo, cement i lepsze asfaltowe a stosując ekologiczne nawierzchnie „biologicznie czynne” minimalizuje się ich wpływ na otaczający ekosystem.

### 3. Nawierzchnie drogowe o obniżonym poziomie hałasu

Hałas komunikacyjny stanowi bardzo poważny problem, szczególnie gdy inwestycja drogowa realizowana jest w pobliżu obszarów przyrodniczo cennych lub w bezpośrednim sąsiedztwie zabudowy mieszkalnej. Najczęściej stosowanym zabiegiem ograniczania hałasu drogowego jest budowa kosztownych i często nieestetycznych ekranów akustycznych. Wykonanie warstwy ścieralnej w technologii „cichych mieszanek” może stanowić właściwą alternatywę dla budowy ekranów akustycznych, umożliwiającą ograniczenie hałasu „u źródła”. Takie nawierzchnie zwiększają ponadto bezpieczeństwo ruchu pojazdów, dzięki przyspieszonemu odprowadzaniu wody opadowej z nawierzchni. W tradycyjnych mieszankach mineralno-asfaltowych przeznaczonych na warstwę ścieralną, wykorzystuje się mieszanki o strukturze zamkniętej, z maksymalną zawartością wolnej przestrzeni w zagęszczonej warstwie w granicach 4% (v/v). W asfalcie porowatym (PA) – mieszance o otwartej strukturze, wartość ta zawiera się w przedziale 16–30% (v/v). Wysoka zawartość wolnych przestrzeni oraz ich odpowiednie połączenie powodują, że woda z opadów wnika w głąb warstwy ścieralnej i siecią powiązanych ze sobą kanalików spływa do niżej położonej warstwy (na górną powierzchnię warstwy wiążącej), z której zostaje odprowadzona poza korpus drogi. Bardzo istotne jest właściwe zlokalizowanie odcinków drogowych z taką warstwą ścieralną, tj. w takich miejscach, gdzie hałas generowany na styku opona/nawierzchnia dominuje nad innymi źródłami hałasu. Lokalizacja nawierzchni o otwartej strukturze, np. na drogach z ruchem lokalnym, rolniczym, itp. sprzyja obniżeniu się porowatości w czasie eksploatacji z powodu „zatykania” wolnych przestrzeni zanieczyszczeniami z kół pojazdów. Lokalizacja w niewłaściwych miejscach (np. na skrzyżowaniach) prowadzić może również do przyspieszonej degradacji nawierzchni. Na podstawie przeprowadzonych badań laboratoryjnych stwierdzono, że istnieje możliwość zaprojektowania mieszanek mineralno-asfaltowych o strukturze porowatej, stosując powszechnie dostępne w Polsce materiały. W projektowaniu takich mieszanek istnieje konieczność stosowania niestandardowych metod badawczych oraz, w pewnych przypadkach, innej niż typowa interpretacji wyników badań. Doświadczenia z wykonanych odcinków próbnych w krajach o zbliżonym do Polski klimacie pokazują, że mieszanka mi-



neralno-asfaltowa typu asfalt porowaty może z powodzeniem zostać zastosowana w Polsce jako jedna z metod umożliwiających obniżenie hałasu drogowego o około 3-5dB [3,4].

W ramach projektu badawczego realizowanego przez Politechnikę Warszawską, Instytut Badawczy Dróg i Mostów oraz firmę Mostostal Warszawa S.A. wykonane zostały odcinki doświadczalne w technologii mieszanek porowatych (rys. 3 i 4). Wykonano sześć „cichych” odcinków z warstwami ścieralnymi z mieszanek mineralno-asfaltowych typu: mastyks grysowy SMA 5 i SMA 8, mieszanki o otwartej strukturze (ang. Open Graded Friction Course) OGFC 8 i OGFC 11, asfalt porowaty PA 8 i PA 11 oraz dwa odcinki referencyjne z warstwami ścieralnymi typu mastyks grysowy SMA 11 i beton asfaltowy AC 11 [5].



Rys. 3. Odcinek doświadczalny cichych nawierzchni



Rys. 4. Nawierzchnia wykonana w technologii asfaltu porowatego

Odcinki poddane są ciągłemu monitoringowi. Badane są parametry nawierzchni związane z generowanym hałasem podczas poruszania się pojazdów, własności przeciwpoślizgowe oraz zdolność do odprowadzania wody wewnątrz warstwy drenującej. Otrzymane dotychczas wyniki badań potwierdzają polepszone właściwości zmniejszenia generowanego hałasu nawierzchni porowatych w stosunku do klasycznych rozwiązań.

#### **4. Mieszanki mineralno-asfaltowe o obniżonej emisji substancji lotnych w temperaturach technologicznych**

Aspekty związane z ekologią, ochroną środowiska i efektem cieplarnianym odgrywają obecnie coraz większą rolę. Trend ten jest zauważalny również w technologiach drogowych, gdzie coraz większą wagę przywiązuje się do poszukiwania nowych rozwiązań materiałowych i technologicznych. Dąży się do zastąpienia wytwarzania mieszanek mineralno-asfaltowych w wysokiej temperaturze w tradycyjny sposób „na gorąco” (HMA – ang. hot mix asphalt), technologiami o obniżonej temperaturze procesu technologicznego, czyli mieszankami „na ciepło” (WMA – ang. warm mix asphalt). Zastosowanie tej metody, oprócz korzyści ekologicznych, umożliwia poprawę warunków pracy na budowie, wydłużenie sezonu budowlanego i możliwości przewożenia mieszanki na większe odległości. Jedną z możliwości produkcji mieszanek „na ciepło” jest zastosowanie dodatków parafinowych i ich pochodnych podczas procesu produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych. Wyniki badań nad technologią WMA oraz analiza polskich uwarunkowań klimatycznych potwierdzają potencjalne korzyści ze stosowania tej technologii. Uważa się, że proces technologiczny produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych można tak zmodyfikować, aby zminimalizować straty energii oraz ograniczyć emisję CO<sup>2</sup> do atmosfery. Możliwe jest również stosowanie dodatków modyfikujących w celu wydłużenia przydatności mieszanek mineralno-asfaltowych do wbudowania w obniżonej temperaturze otoczenia [6,7].

W ramach realizowanego projektu badawczego, w 2012 roku wykonane zostały odcinki z różnego typu dodatkami obniżającymi temperatury technologiczne. Przeprowadzone badania mieszanek mineralno-asfaltowych potwierdzają możliwość obniżenia temperatury produkcji oraz temperatury rozkładania mieszanki o około 40°C, przy jednoczesnym zachowaniu wymaganych parametrów zagęszczenia oraz odporności na czynniki atmosferyczne.

#### **5. Technologie nawierzchni drogowych wykorzystujące materiały z recyklingu**

W dzisiejszych czasach wykorzystanie powtórne materiałów w budownictwie nabiera coraz większego znaczenia i poza aspektami ekonomicznymi, wpływa przede wszystkim na ochronę środowiska naturalnego.

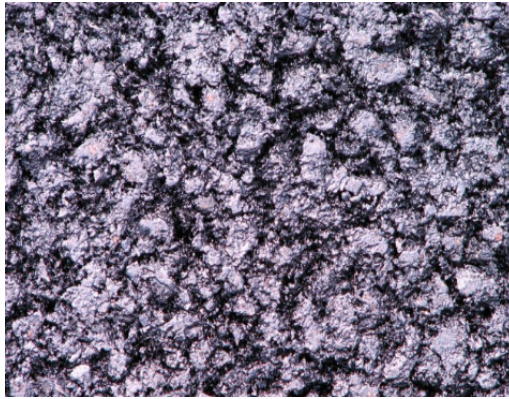
Zagospodarowanie zużytych opon samochodowych jest ważnym problemem w ochronie środowiska. Spośród różnych metod utylizacji zużytych opon samochodowych, wykorzystanie gumy do modyfikacji asfaltów drogowych należy uznać za najbardziej efektywny sposób ekologicznego zagospodarowania tego uciążliwego odpadu [8]. Guma z recyklingu opon może być pełnowartościowym i tańszym zamiennikiem innych polimerów stosowanych do modyfikacji asfaltów [9,10].

Politechnika Warszawska wraz z partnerami realizuje projekt, pt. „Opracowanie i wdrożenie innowacyjnej, przyjaznej środowisku technologii modyfikacji asfaltów drogowych gumą”. Celem projektu badawczego jest opracowanie i wdrożenie technologii wytwarzania lepizcza gumowo-asfaltowego oraz mieszanek mineralno-gumowo-asfaltowych charakteryzujących się poprawionymi właściwościami reologicznymi. Rozwiązanie materiałowo-technologiczne opracowane w wyniku

projektu pozwoli wykonywać nawierzchnie o zwiększonej trwałości, odporne na starzenie oraz charakteryzujące się obniżoną hałaśliwością, w porównaniu z nawierzchniami tradycyjnymi. Mieszanki mineralno-gumowo-asfaltowe opracowane w wyniku realizacji projektu będą nowymi, ekologicznymi rozwiązaniami materiałowo-technologicznymi umożliwiającymi zrównoważone gospodarowanie zasobami naturalnymi [10]. W ramach projektu, latem 2013 roku został wykonany odcinek doświadczalny nawierzchni z zastosowaniem lepiszcza z dodatkiem gumy ze zużytych opon samochodowych (rys. 5 i 6).



Rys. 5. Odcinki doświadczalne z zastosowaniem lepiszcza z dodatkiem gumy



Rys. 6. Struktura mieszanki mineralno-asfaltowej z lepiszczem gumowo-asfaltowym

Innym przykładem zastosowania materiałów z recyklingu jest wykorzystanie uprzednio sfrezowanego na drodze, destruktu asfaltowego. Granulat asfaltowy to odpowiednio rozdrobniony i posortowany destruktor [1].

Materiał z nawierzchni asfaltowych może zostać powtórnie wykorzystany stosując metodę recyklingu na zimno, na ciepło lub na gorąco. Proces recyklingu starej nawierzchni asfaltowej może odbywać się na drodze za pomocą recyklerów lub w wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych. Z uwagi na zasady zrównoważonego rozwoju, trwają próby i badania wykorzystania całości pozyskiwanego destruktu do budowy nawierzchni asfaltowych. Doświadczenia wielu krajów (np. Niemcy,

Holandia, Szwecja, Hiszpania) pokazują że jest to możliwe. Dodatkową zaletą takiego rozwiązania są korzyści finansowe i ekologiczne, wynikające ze zmniejszonego zapotrzebowania na nowy materiał.

Technologia recyklingu nawierzchni asfaltowych w różnym stopniu rozwija się na świecie. Ma na to wpływ wiele czynników, takich jak niedostosowanie przepisów prawnych lub obawa przed pogorszeniem właściwości nowej mieszanki zawierającej materiał z recyklingu. Obecnie prowadzone prace naukowo-badawcze są zorientowane na ocenę wpływu zastosowania destruktu asfaltowego o podwyższonych parametrach, np. zawierających asfalt modyfikowany na właściwości użytkowe nawierzchni lub możliwości stosowania dodatków odświeżających postarzone lepiszczce w materiale z recyklingu.

W Politechnice Warszawskiej trwają obecnie prace badawcze nad zastosowaniem mieszanek mineralno-asfaltowych o dużej zawartości granulatu asfaltowego (około 50% m/m). Z sukcesem opracowana i opatentowana została także technologia „odświeżania” lepiszczca za pomocą estrów olejów pochodzenia roślinnego.

## 6. Ekologiczne nawierzchnie ścieżek rowerowych i chodników

Szczególną uwagę należy poświęcić ścieżkom rowerowym i chodnikom wchodzącym w skład układu komunikacyjnego na obszarach ścisłej ochrony przyrody, takich jak rezerваты, parki narodowe oraz Obszary Natura 2000. Dla takich lokalizacji szczególnie preferowane są nawierzchnie „biologicznie czynne” - wodoprzepuszczalne z kruszyw niezwiązanych oraz nawierzchnie mineralne stabilizowane środkami wiążącym pochodzenia roślinnego.

Zespół Technologii Materiałów i Nawierzchni Drogowych w ramach swojej działalności dokonał oceny materiałowo-technologicznej jednej z realizacji nawierzchni wodoprzepuszczalnej stabilizowanej środkami pochodzenia roślinnego. Technologia ta dotyczy wykonywania górnych warstw konstrukcyjnych nawierzchni chodników, ścieżek rowerowych, alejek parkowych, placów zabaw, nawierzchni sportowych, itp. Do budowy warstw stosuje się odpowiednio dobrane kruszywa o uziarnieniu ciągłym frakcji 0/11 lub 0/16 mm. W skład mieszanek mineralnych wchodzi: piaski specjalne, wypełniacz mineralny, żwiry łamane lub niełamane. Mieszanki nie zawierają w swoim składzie kruszyw sztucznych i kruszyw z recyklingu. Jako środek wiążący kruszywo, stosuje się spoiwo pochodzenia roślinnego produkowane w USA.

Konstrukcja nawierzchni składa się z następujących warstw:

- warstwa o grubości 6 cm (podbudowa zasadnicza z mieszanki kruszywa niezwiązanego o uziarnieniu 0/16 mm),
- warstwa o grubości 4 cm (górną warstwą z mieszanki kruszywa niezwiązanego o uziarnieniu 0/5 mm stabilizowaną środkiem pochodzenia roślinnego).

Odcinek z wykonaną nawierzchnią znajduje się w Zabytkowym Ogrodzie Muzeum Łazienki Królewskie w Warszawie, na terenie Ogrodu Romantycznego XIX wieku, na jednym z głównych traktów prowadzących od bramy wejściowej przy Belwederze. Nawierzchnia wykonana jest na alejkach parkowych oraz na placu wokół Świątyni Sybilli (rys. 7 i 8).





Rys. 7. Nawierzchnia wodoprzepuszczalna z kruszyw niezwiązanych stabilizowana środkiem pochodzenia roślinnego.



Rys. 8. Nawierzchnia wodoprzepuszczalna na terenie Łazienek Królewskich.

Ocenę nawierzchni wykonano po 5 miesięcznym okresie eksploatacji. Wizja lokalna tego odcinka oraz wyniki badań uziarnienia, gęstości wg Proctora, przepuszczalności wody, odporności na ścieranie i mrozoodporności pozwalają stwierdzić, że technologie nawierzchni wodoprzepuszczalnych są rozwiązaniami przyjaznymi dla środowiska, charakteryzują się wysokimi walorami estetycznymi, dobrze komponują się z zielenią i obiektami zabytkowymi. Tego rodzaju nawierzchnie mogą być stosowane do budowy alejek parkowych, chodników, ścieżek rowerowych, placów zabaw i nawierzchni sportowych [11].

## 7. Podsumowanie

W celu zapewnienia bezpieczeństwa ekologicznego na obszarach przyrodniczo cennych powinno uwzględniać się właściwy dobór materiałów i technologii drogowych. Prawidłowo dobrane parametry konstrukcji nawierzchni minimalizują wpływ inwestycji drogowych na funkcjonowanie środowiska naturalnego. Istnieje wiele technologii i materiałów zmniejszających negatywny wpływ budownictwa drogowego na otoczenie. Należą do nich między innymi:

- konstrukcje dróg o nawierzchni niezwiązanej,
- drogi z zastosowaniem środków wiążących pochodzenia naturalnego,
- „ciche” nawierzchnie,
- nawierzchnie asfaltowe z mieszanek o obniżonej emisji substancji lotnych w temperaturach technologicznych,
- nawierzchnie wykorzystujące materiały z recyklingu i zużyte opony samochodowe.

Przed rozpoczęciem każdej inwestycji drogowej należy zastanowić się w jaki sposób można zminimalizować jej wpływ na środowisku naturalne.

## Literatura

- [1] Piłat J., Radziszewski P.: *Nawierzchnie asfaltowe*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2010
- [2] Radziszewski P.: *Perspektywy i kierunki rozwoju konstrukcji oraz nowych rozwiązań materiałowo-technologicznych nawierzchni drogowych w aspekcie ochrony środowiska i zrównoważonego rozwoju: etap III*, praca na zlecenie Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad, Warszawa 2013
- [3] Kowalski K., Król J., Radziszewski P., Otkąłło K.: *Projektowanie i badania mieszanek mineralno-asfaltowych o strukturze otwartej*. Magazyn Drogownictwo 5/2013, str. 156-158
- [4] Gardziejczyk W.: *Wpływ nawierzchni drogowych na hałas od ruchu samochodowego w modelach prognozowania jego poziomu*, tom V, pięćdziesiąta jubileuszowa Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej, PAN i Komitetu Nauki PZITB, „Krynica 2004”, Krynica, 12-17.09.2004.
- [5] Otkąłło K., Kowalski K., Piłat J.: *Wykonanie odcinka prototypowego „CiDRO”*. Magazyn Drogownictwo 6/2013, str. 1-3
- [6] Król J., Matraszek K., Piłat J., Radziszewski P., Kowalski K.: *Właściwości lepiszczy asfaltowych modyfikowanych parafinami nowej generacji*. Projekt MMAC – cz.1. Magazyn Autostrady 5/2011, str. 72-76
- [7] Król J., Radziszewski P., Piłat J., Kowalski K., Matraszek K., Świeżewski P., Gorol J.: *Technologie WMA w aspekcie modyfikacji właściwości lepiszczy asfaltowych*. Projekt MMAC – cz.2. Magazyn Autostrady 7/2011, str. 16-20
- [8] G. B. Way: *Asphalt-Rubber 45 Years of Progress*. Proceedings of the Asphalt Rubber 2012 Conference, Munich, Germany, October 2012
- [9] Radziszewski P., Piłat J., Sarnowski M., Król J.: *Lepiszczka gumowo-asfaltowe stosowane do nawierzchni drogowych o poprawionych właściwościach niskotemperaturowych*, Konferencja Organizacja przedsięwzięć budownictwa drogowego, Bydgoszcz 2013, str. 51-64
- [10] Piłat J., Radziszewski P., Sarnowski M.: *Zastosowanie lepiszczy gumowo-asfaltowych do nawierzchni drogowych*, Inżynier Budownictwa 3/2013, str. 94-99
- [11] Radziszewski P., Piłat J., Sarnowski M., Kowalski K., Król J.: *Ocena rozwiązania materiałowo-technologicznego nawierzchni wodoprzepuszczalnej*. Politechnika Warszawska, Warszawa 2013



## **Environmentally friendly material and technological solutions of road pavements**

**Piotr Radziszewski, Karol Kowalski,  
Michał Sarnowski, Piotr Pokorski**

*Group of Materials and Road Technology, Faculty of Civil Engineering,  
Warsaw University of Technology, e-mail: p.radziszewski@il.pw.edu.pl,  
k.kowalski@il.pw.edu.pl m.sarnowski@il.pw.edu.pl, p.pokorski@il.pw.edu.pl*

**Abstract:** In recent years road construction is a subject of dynamic changes. The main challenge for designers and technologists is to develop durable and environmental friendly road technologies that can be successfully applied on natural valuable areas. The paper presents selected modern material and technological solutions used for road pavements on areas under special protection (eg Natura 2000). An example of modern environmentally friendly solutions in road construction are: asphalt pavements with the addition of rubber from used car tires, asphalt mixtures with reduced emissions of volatile substances, “quiet” pavements, pavements from recycled materials and from local materials, “biologically active” pavements (permeable mineral layers). Modern and ecological pavements are the important part of science activity of Warsaw University of Technology. New ongoing project is designed to identify the main directions of technological development of road construction in the next 30 years, with a particular emphasis on the sustainable development and environmental protection. As a part of the two ongoing projects, test sections of pavement have been completed. One of test sections with the addition of crumb rubber and the second one as a “quiet” pavement. For the next years, the sections will be monitored.

The proper selection of materials and technologies on natural valuable areas does not deteriorate the durability of road pavement, comfort and safety on the roads and at the same time it can improve environmental safety without interfering with the functioning of valuable ecosystems.

**Keywords:** natural valuable areas, road construction, sustainable development.

# **Wpływ podsypki na trwałość nawierzchni z kostki**

**Wioleta Czarnecka, Stefan Firlej**

*Politechnika Lubelska*

*Katedra Dróg i Mostów, e-mail: w.czubacka@pollub.pl, w.firlej@pollub.pl*

**Streszczenie:** Nawierzchnie zatok autobusowych to ciągle nie rozwiązany do końca problem przede wszystkim elementów transportu miejskiego. Przejściowo uznawano za właściwe stosowanie podbudów z betonu asfaltowo - cementowego (BAC). Jednakże dłuższe użytkowanie próbnych zatok nie wykazało wyraźnych różnic w stosunku do innych typowych rozwiązań. W niniejszej pracy autorzy skupili swą uwagę na zatokach autobusowych w Lublinie, gdzie w zakresie prac utrzymaniowych wiele z nich zostało wyremontowanych, a inne będą remontowane.

Wysoka częstotliwość remontów obejmujących wymianę nawierzchni a nawet podbudowy rodzi pytanie o ich przyczynę, jakość prowadzonych robót, jakość stosowanych materiałów drogowych, stabilność warstwy ścieralnej w tym konieczność przekładania kostki z nawierzchni kostkowych.

W pracy zawarto krótką historię nawierzchni z kostek, oceny nawierzchni kostkowych w opublikowanych materiałach. Podjęto próbę powiązania trwałości nawierzchni ze stosowanymi w konstrukcji zatok autobusowych materiałami.

**Słowa kluczowe:** trwałość konstrukcji, układ wielowarstwowy, koleinowanie, kostka betonowa, zatoki autobusowe.

## **1. Zatoki autobusowe z kostki betonowej**

Zaobserwowano jako typowe relatywnie szybkie deformowanie nawierzchni wielu zatok przystankowych komunikacji miejskiej w Lublinie. Przez deformowanie rozumie się integralne efekty w postaci deplanacji, na które szczegółowo składają się przemieszczenia w pionie i poziome kostek pojedynczych, grup sąsiadujących kostek określane jako koleinowanie w śladach kół pojazdów. Są to procesy nieodwracalne o stałej tendencji do dalszego powiększania deformacji. Należy ponownie podkreślić, że omówione uszkodzenia pojawiają się relatywnie szybko tj. po około 6 miesiącach użytkowania. W tej sytuacji przekładanie kostki betonowej lub kamiennej co kilka lat stało się regułą przeczącą założeniom normowym. Powszechnie stosowanym argumentem jest wskazywanie na duży ruch autobusowy, co w przekonaniu autorów jest tylko niefachowym wybiegiem.

Prawidłowo wykonana nawierzchnia z kostki betonowej lub kamiennej ma w sobie istotny walor estetyczny wyróżniający ten fragment ulicy w zestawieniu z jezdnią. Jest to automatyczny element segregacji różnych faz ruchu miejskiego. Wyróżnienie poprzez inną barwę i fakturę ma także trudny do wymierzenia ale intuicyjnie wyczuwalny walor wpływający na bezpieczeństwo uczestników ruchu, co zostało odnotowane w licznych publikacjach, patrz np. [4, 12].

Na zdjęciu nr 1a) i b) uchwycono początkowy, a miejscami zaawansowany, stan deformacji na jednym z przystanków autobusowych w Lublinie przy Alei Racławickiej. Na początku zatoki autobusowej jest widoczne początkowe stadium formowania się koleiny wzdłuż śladu kół. Garby poprzeczne przy peronie dla pasażerów obejmują nawierzchnię zatoki i krawężnik. Deformacje nawierzchni kostkowej są powiązane z uszkodzeniami nawierzchni asfaltowej jezdni w miejscu zjazdu do zatoki. Wyróżniony prostym sposobem ułożenia kostki pas graniczny zatoki nie jest liniowy nie tylko w zakresie uszkodzeń nawierzchni jezdni ale na całej swojej długości, [15].



a)



b)

Fot. 1. Uszkodzenia konstrukcji zatoki autobusowej a) w miejscu wjazdu w zatokę b) deformacja peronu pasażerskiego.

Kolejny przykład degradacji zatoki autobusowej, tym razem wyłożonej kostką bazaltową obrazują zdjęcia 2 a) ÷ d). Dominującymi formami deformacji są przemieszczenia kostek bazaltowych oraz wypukłości nawierzchni. W obu przypadkach przyczyną są siły poziome działające w powierzchni kontaktowej koło samochodu - nawierzchnia. Znaczne osiadania nawierzchni kostkowej są szczególnie czytelne w bezpośrednim sąsiedztwie studzienki rewizyjnej mediów miejskich, [15].



Fot. 2a - d. Uszkodzenia konstrukcji zatoki autobusowej z kostki bazaltowej a) poprzeczne przemieszczenia kostek, b), d) osiadanie nawierzchni na styku zatoki z jezdnią c) osiadanie nawierzchni przy studzience rewizyjnej [15].

Podstawowym wymaganiem dla każdej konstrukcji jest jej poprawne zachowanie się w czasie eksploatacji. Katalogowo wymagana jest trwałość co najmniej 20-letnia, bez przekroczenia dozwolonych nierówności lokalnych (kolein lub garbów) albo wyraźnych przemieszczeń poziomych odczuwanych jako złe ułożenie sąsiednich elementów stwarzających wrażenie dyskomfortu struktury powierzchniowej.

Na zdjęciu nr 3a-c widać znaczne uszkodzenia konstrukcji zatoki autobusowej. Zarówno styk jezdni i zatoki jak i połączenie ich z peronem dla pasażerów nie wpływają na pozytywny odbiór jej użytkowników, [15].





Fot. 3. Uszkodzenia konstrukcji zatoki autobusowej z kostki betonowej a) osiadanie nawierzchni na styku zatoki oraz jezdni b) c) garby poprzeczne przez zatokę [15].

Zdjęcie nr 4 przedstawia odremontowane zatoki autobusowe z kostki betonowej. Nie ujawniły się jeszcze uszkodzenia nawierzchni ze względu na zbyt krótki czas eksploatacji. Niezaprzeczalny jest jednak fakt, że połączenie zatoki z jezdnią nie wprowadza ładu przestrzennego, nie posiada estetyki wręcz przeciwnie wprowadzają chaos, zaburzają harmonię i działa na niekorzyść mieszkańców zabudowy jednorodzinnej wzdłuż ulicy, patrz zdj. nr 4b, [15]



Fot. 4. Przebudowane zatoki autobusowe a) ul. Diamentowa b) ul. Romera [15].



Katalog [1] proponuje głównie dwa typy konstrukcji ze względu na podbudowę. Jednym jest podbudowa z betonu C20/25, natomiast drugim dwuwarstwowa podbudowa z chudego betonu i piasku stabilizowanego cementem. W proponowanych konstrukcjach przewidywana jest tylko podsypka cementowo-piaskowa.

W ostatnich latach zauważono, że stosowana podsypka cementowo – piaskowa jest zastępowana podsypką grysową (2-4 mm lub inną). Takie rozwiązanie ułatwia jedynie przebrukowanie zniszczonej nawierzchni. Zdecydowanie wygodniej jest wyrównać podsypkę grysową niż wymienić cienką warstwę podsypki cementowo – piaskowej. Czyżbyśmy z góry zakładali, że remont zatoki będzie nieuniknioną koniecznością w niedługim czasie po oddaniu do eksploatacji?

Pozostałe warstwy konstrukcyjne podbudowy oraz podłoża podczas naprawiania zatok nie wzbudzają zastrzeżeń co do wymaganej nośności.

## 2. Opis problemu wraz z krótkim przeglądem literatury

Wielu autorów opublikowanych artykułów wypowiedało się na temat zalet zarówno kostki kamiennej, klinkierowej czy betonowej, ogólnie mówiąc „nawierzchni z elementów drobnowymiarowych”. Elementy te stanowią bardzo ważny materiał budulcowy już od czasów Średniowiecza. Po drugiej Wojnie Światowej kostka betonowa stała się substytutem dla szeroko stosowanej kostki kamiennej. M. Ładzińska – Depko przedstawia w jednej ze swoich prac [9] zalety nawierzchni z elementów drobnowymiarowych; m.in. to, że elementy betonowe charakteryzują się wysoką wytrzymałością, małą ścieralnością, mrozoodpornością oraz odpornością na oleje mineralne, paliwo, kwasy i tłuszcze oraz to, że nawierzchnia z elementów betonowych dzięki wypełnieniu szczelin piaskiem bardzo dobrze odprowadza wodę. Autorka przytaczanego artykułu zauważyła także problem projektowania nawierzchni drogowych. Znany jest fakt, że nawierzchnie sztywne odkształcają się sprężysto, nawierzchnie podatne charakteryzują się odkształceniami trwałymi. Ale do jakich nawierzchni możemy zaliczyć nawierzchnie z drobnowymiarowych elementów? W innej pracy [11] wysuwa tezę, że nawierzchnie z drobnowymiarowych elementów betonowych można zaliczyć do nawierzchni pośrednich.

B. Stypułowski wspólnie z H. Kobą w swojej pracy [12] przedstawili historię nawierzchni kamiennej począwszy od czasów Starożytnych. Skupili się jednak na sposobach układania kostki w otoczeniu obiektów historycznych oraz zwrócili szczególną uwagę na konieczność bardzo dobrego odwodnienia tego typu nawierzchni. Przy rekonstrukcji nawierzchni kamiennych ulic i placów wyeliminowany jest całkowicie ruch pojazdów ciężkich, sposób projektowania oparty jest o Katalog Konstrukcji Podatnych i Półsztywnych ale tylko dla kategorii ruchu KR-1 oraz KR-2.

W roku 1989 B. Bemer poruszył problem nawierzchni zatok autobusowych z kostki [13]. W tamtym czasie z powodu braku kostki kamiennej oraz wyspecjalizowanych pracowników do układania tego typu nawierzchni zaproponował nawierzchnie na zatokach autobusowych z betonu cementowego. Powoływał się na znaczne zwiększenie trwałości takich nawierzchni, eliminację pracochłonnych robót ręcznych oraz materiału deficytowego, obniżenie kosztów utrzymania oraz zwiększenie bezpieczeństwa ruchu autobusów oraz pasażerów

przy zapewnieniu efektywniejszej estetyki ulic. Warunek jest jednak jeden – taką nawierzchnię należy koniecznie wykonać w sposób jak najbardziej poprawny.

Wszystko, co łączy powyższe prace, to niezaprzeczalny fakt, że nawierzchnie z drobnowymiarowych elementów drogowych stosowanych na placach, chodnikach i ulicach o małym natężeniu ruchem są piękne, estetyczne i posiadają moc przeniesienia nas w czasy historyczne, kiedy po ulicach jeździły dorożki, karety, panowie kłaniali się przed damami zdejmując kapelusz z głowy. Wieczorem wędrując deptakiem w Lublinie możemy zamknąć oczy i przenieść się w świat ukazany oczami jednego ze współczesnych aktorów w polskiej komedii. Niestety rzeczywistość stawia nas przed innym wyzwaniem. Zamykamy oczy bo nie chcemy widzieć zniszczonych nawierzchni, pełnych kolein, nierówności poprzecznych na zatokach autobusowych, ubytków w kostce i wielkich, szarych autobusów, które i tak są zawsze przepełnione.

### 3. Metodyka oceny, procedury badań oraz analiza numeryczna wyników badań

Metoda mechanistyczna projektowania nawierzchni oparta jest o analizę stanu naprężeń ( $\delta$ ) i odkształceń ( $\epsilon$ ) w konstrukcji oraz o trwałość zmęczeniową konstrukcji w zależności od prognozowanego ruchu (obciążenia drogi) [2]. Konstrukcję nawierzchni analizuje się jako układ warstw określając charakterystykę parametrów poszczególnych materiałów w konstrukcji; są to: grubość warstwy  $h$ , moduł sztywności  $E$  oraz współczynnik Poissona  $\nu$ .

Ocenę nośności nawierzchni z kostki przeprowadzono dla typowej konstrukcji [1] podanej w zaleceniach [2] do projektowania oraz wykonawstwa. W niniejszej pracy analizy trwałości takiej konstrukcji dokonano dla ruchu KR-3 i KR-4 metodą mechanistyczną [1, 8, 9, 10], stosowaną dla nawierzchni drogowych w oparciu o własny program układów wielowarstwowych w układzie współrzędnych walcowych.

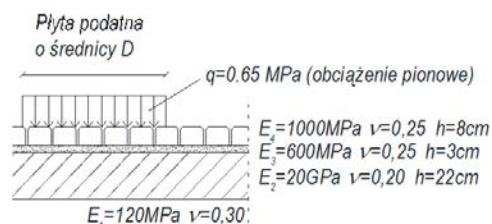
Poszczególne warstwy nawierzchni określone były poprzez:

- $E$  – moduł sprężystości,
- $h$  – grubość warstwy,
- $\nu$  – współczynnik Poissona.

Przyjęto obciążenie [2] badanego modelu płytą podatną o średnicy  $D$  i nacisku pionowym  $q=0,65$  MPa przy oddziaływaniu osi tylnej 100 kN. Moduł sprężystości [8] warstwy z kostki kamiennej lub betonowej przyjęto 1000 MPa. Warstwę tę traktowano jako materiał rozdrobniony, gdzie kryterium trwałości oparte jest o odkształcenia pionowe.

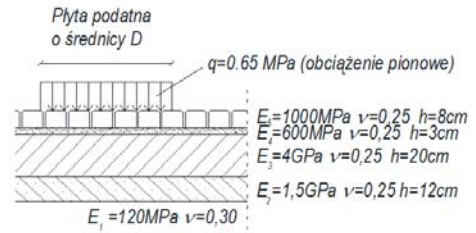
Dla KR-3 proponowane konstrukcje [1] to:

- a)
- warstwa ścieralna z kostki
  - podsypka cem-piask.
  - beton C20/25
  - podłoże



b)

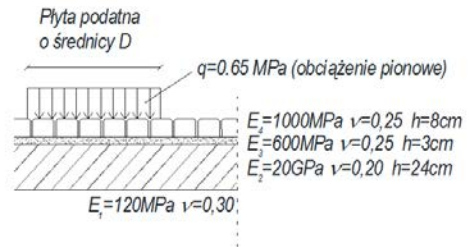
- warstwa ścieralna z kostki
- podsypka cem-piask.
- chudy beton  $R_m=8$  MPa
- stab. piasku cem.  $R_m=2,5$  MPa
- podłoże



Dla KR-4 proponowane konstrukcje [1] to:

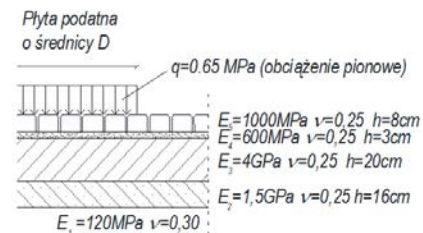
a)

- warstwa ścieralna z kostki
- podsypka cem-piask
- beton C20/25
- podłoże



b)

- warstwa ścieralna z kostki
- podsypka cem-piask.
- chudy beton  $R_m=8$  MPa
- stab. piasku cem.  $R_m=2,5$  MPa
- podłoże



Biorąc pod uwagę stan eksploatacji przyjęto moduły sprężystości jako wartości nie po wykonaniu lecz w połowie okresu użytkowania. W wyniku przeprowadzonych obliczeń wytrzymałości w warstwach określono ilość obciążeń według katalogu [2].

Dla KR-3 uzyskano:

a)

- kostka bet. lub kam.  $\epsilon_z=561,6 \cdot 10^{-6}$  i obciążenie 504.6 tys.  $N_{100 \text{ kN/os}}$ ,
- podsypka cem-piask  $\sigma_r=229,8$  kPa i obc. nieistotne,
- beton C20/25  $\sigma_r=944,8$  kPa i obc. 1,442 mln,
- podłoże  $\epsilon_z=160,1 \cdot 10^{-6}$  i obc. 140 mln;

b)

- kostka bet. lub kam.  $\epsilon_z=529,2 \cdot 10^{-6}$  i obc. 658.7 tys.  $N_{100 \text{ kN/os}}$ ,

- podsyпка cem-piasek  $\sigma_r = -228,6$  kPa i obc. nieistotne,
- chudy beton  $R_m = 8$  MPa  $\sigma_r = 281,4$  kPa i obc. 33,1 mln,
- stab. cem.  $R_m = 2,5$  MPa  $\sigma_r = 184,9$  kPa i obc. 660 osi,
- podłoże  $\varepsilon_z = 287,3 \cdot 10^{-6}$  i obc. 10,18 mln.

Zmniejszona trwałość została zaznaczona drukiem pogrubionym, co oznacza wcześniejsze efekty destrukcji. Zniszczenia nastąpią w warstwie ścieralnej z kostki betonowej oraz w warstwie gruntu stabilizowanego cementem (660 osi zamiast minimum 510 tys.).

Dla KR-4 uzyskano:

a)

- kostka bet. lub kam.  $\varepsilon_z = 565 \cdot 10^{-6}$  i obc. **491.6 tys.**  $N_{100 \text{ kN/os}}$ ,
- podsyпка cem-piasek  $\sigma_r = -227,6$  kPa i obc. nieistotne,
- beton C20/25  $\sigma_r = 832,6$  kPa i obc. 5,47 mln,
- podłoże  $\varepsilon_z = 139,1 \cdot 10^{-6}$  i obc. 263 mln;

b)

- kostka bet. lub kam.  $\varepsilon_z = 533,6 \cdot 10^{-6}$  i obc. **634.7 tys.**  $N_{100 \text{ kN/os}}$ ,
- podsyпка cem-piasek  $\sigma_r = -225,7$  kPa i obc. nieistotne,
- chudy beton  $R_m = 8$  MPa  $\sigma_r = 232,6$  kPa i obc. 181 mln,
- stab. cem.  $R_m = 2,5$  MPa  $\sigma_r = 161,13$  kPa i obc. 9,37 tys. osi
- podłoże  $\varepsilon_z = 247,9 \cdot 10^{-6}$  i obc. 19,7 mln.

W tym przypadku ułożenie kostki zmieni więc swe położenie po ok. 4 latach minimalnego ruchu KR-4. Stabilizacja cementem także wykazuje bardzo małą trwałość t.j. ok. 9 miesięcy minimalnego ruchu KR-4.

Zgodnie z Katalogiem [2] dla dróg o KR-3 wskazane jest, aby trwałość konstrukcji była odpowiednia dla ruchu 0,51 do 2,5 mln  $N_{100 \text{ kN/os}}$ , zaś dla KR-4 od 2,5 do 7,3 mln  $N_{100 \text{ kN/os}}$ .

W dalszej części analizy poddano próbie porównanie wymaganych maksymalnych wyteżeń materiałów nawierzchni odpowiednio dla ruchu KR-3 i KR-4. Rozwiązując model nawierzchni można wykazać czy proponowany układ warstw z konkretnych materiałów będzie zapewniał trwałość analizowanej konstrukcji.

Wartości zakresu dopuszczalnego wyteżenia dla zapewnienia trwałości tych materiałów są następujące:

- dla KR-3

- kostka, podsyпка grysowa, podłoże  $\varepsilon_z = (393.05 - 560.27) \cdot 10^{-6}$ ,
- podsyпка cem-piasek.  $R_m = 1,5$  MPa  $\sigma_r = (66.65 - 75.20)$  kPa,
- chudy beton  $R_m = 8$  MPa  $\sigma_r = (355.48 - 401.05)$  kPa,
- stab. cementem  $R_m = 2,5$  MPa  $\sigma_r = (111.09 - 125.33)$  kPa,
- beton C20/25  $\sigma_{rv} = (888.71 - 1002.63)$  kPa;

- dla KR-4

- kostka, podsyпка grysowa, podłoże  $\varepsilon_z = (309.5 - 393.05) \cdot 10^{-6}$ ,
- podsyпка cem-piasek.  $\sigma_r = (60.89 - 66.65)$  kPa,

- chudy beton  $R_m=8$  MPa  $\sigma_r = (324.77 - 355.48)$  kPa,
- stab. cementem  $R_m=2,5$  MPa  $\sigma_r = (101.49 - 111.09)$  kPa,
- beton C20/25  $\sigma_r = (811.92 - 888.71)$  kPa.

#### 4. Proponowane zmiany konstrukcji

Biorąc pod uwagę efekty pracy tego typu nawierzchni zamiast podsypki cementowo-piaskowej przyjęto podsypkę z drobnego grysłu [1] o  $E=400$  MPa.

Dla ruchu KR-3:

a) z podbudową betonową C20/25 otrzymano:

- kostka bet. lub kam.  $\varepsilon_z = 583,7 * 10^{-6}$  i obc. **405.4 tys.**  $N_{100 \text{ kN/os}}$ ,
- podsypka grysowa  $\varepsilon_z = 1403,8 * 10^{-6}$  i obc. **8,28 tys.**,
- beton C20/25  $\sigma_r = 951,5$  kPa i obc. 1,04 mln,
- podłoże  $\varepsilon_z = 161,2 * 10^{-6}$  i obc. 136 mln,

Z tego wynika ok. 4 miesięczne użytkowanie (zmiany w podsypce grysowej).

b) z chudym betonem ( $R_m=8$  MPa) na stabilizacji cem. w podbudowie wg [1]:

- kostka bet. lub kam.  $\varepsilon_z = 554,7 * 10^{-6}$  i obc. **533 tys.**  $N_{100 \text{ kN/os}}$ ,
- podsypka grysowa  $\varepsilon_z = 1347,9 * 10^{-6}$  i obc. **9,95 tys.**,
- chudy beton  $R_m=8$  MPa  $\sigma_r = 281,4$  kPa i obc. 33,1 mln,
- stab. cem.  $R_m=2.5$  MPa  $\sigma_r = 184,9$  kPa i obc. **660 osi**,
- podłoże  $\varepsilon_z = 287,3 * 10^{-6}$  i obc. 10,18 mln.

Stabilizacja cementem wskazuje na trwałość ok. 2 tygodni (b. mało).

c) z chudym betonem ( $R_m=8$  MPa) pod stabilizacją cementem w podbudowie (po zmianie kolejności warstw w stosunku do katalogu [1]):

- kostka bet. lub kam.  $\varepsilon_z = 556,6 * 10^{-6}$  i obc. **525 tys.**  $N_{100 \text{ kN/os}}$ ,
- podsypka grysowa  $\varepsilon_z = 1332,1 * 10^{-6}$  i obc. **10,49 tys.**,
- stab. cem.  $R_m=2.5$  MPa  $\sigma_r = -204,3$  kPa i obc. nieistotnym,
- ch. beton  $R_m=8$  MPa  $\sigma_r = 386,2$  kPa i obc. 0,856 mln,
- podłoże  $\varepsilon_z = 257,6 * 10^{-6}$  i obc. 16,6 mln.

Podsypka grysowa wskazuje na trwałość ok. 5 miesięcy.

Dla ruchu KR-4:

a) z podbudową betonową C20/25 otrzymano:

- kostka bet. lub kam.  $\varepsilon_z = 586,8 * 10^{-6}$  i obc. **414 tys.**  $N_{100 \text{ kN/os}}$ ,
- podsypka grysowa  $\varepsilon_z = 1408,1 * 10^{-6}$  i obc. **8,18 tys.**
- beton C20/25  $\sigma_r = 838,0$  kPa i obc. 5,07 mln,
- podłoże  $\varepsilon_z = 139,9 * 10^{-6}$  i obc. 256 mln,

Podsypka grysowa wskazuje na trwałość ok. 1 miesiąca.



b) z chudym betonem ( $R_m=8$  MPa) na stabilizacji cem. w podbudowie wg [1]:

- kostka bet. lub kam.  $\varepsilon_z = 558,8 \cdot 10^{-6}$  i obc. 516 tys.  $N_{100 \text{ kN/os}}$ ,
- podsypka grysowa  $\varepsilon_z = 1353,5 \cdot 10^{-6}$  i obc. 9,76 tys,
- chudy beton  $R_m=8$ MPa  $\sigma_r = 234,3$  kPa i obc. 171 mln,
- stab. cem.  $R_m=2,5$ MPa  $\sigma_r = 163,5$  kPa i obc. 7,19 tys ,
- podłoże  $\varepsilon_z = 251,3 \cdot 10^{-6}$  i obc. 18,57 mln.

Podsypka grysowa oraz stabilizacja cementem wskazują na trwałość ok. 1 miesiąca.

c) z chudym betonem ( $R_m=8$  MPa) pod stabilizacją cem. w podbudowie (po zmianie kolejności warstw):

- kostka bet. lub kam.  $\varepsilon_z = 557,9 \cdot 10^{-6}$  i obc. 519 tys.  $N_{100 \text{ kN/os}}$ ,
- podsypka grysowa  $\varepsilon_z = 1330,6 \cdot 10^{-6}$  i obc. 10,54 tys,
- stab. cem.  $R_m=2,5$  MPa  $\sigma_r = -195,3$  kPa i obc. nieistotnym,
- chudy beton  $R_m=8$  MPa  $\sigma_r = 332,0$  kPa i obc. 5,67 mln,
- podłoże  $\varepsilon_z = 221,1 \cdot 10^{-6}$  i obc. 32,99 mln.

Podsypka grysowa wskazuje na trwałość ok. 1 miesiąca.

## 5. Wnioski:

Z powyższych analiz wynika, że zarówno podsypka cementowo – piaskowa oraz grysowa nie zapewnia odpowiedniej trwałości nawierzchniom z kostki betonowej dla konstrukcji dróg o ruchu KR-3 oraz KR-4. Można zastosować ją jedynie dla nawierzchni obciążonych ruchem bardzo lekkim lub lekkim ze sporadycznym dopuszczeniem pojawienia się pojazdu ciężarowego (związanego z usługami komunalnymi).

Konstrukcja wykazuje większą trwałość przy zastosowaniu odwróconej kolejności tj. ułożeniu stabilizacji na chudym betonie. Lepiej wykorzystana jest wtedy praca chudego betonu na styku warstw związanych, co z kolei zapewnia większą trwałość stabilizacji cementem.

Autorzy sugerują, że bardzo istotne byłoby przeanalizowanie modelu konstrukcji zatok autobusowych o nawierzchni z kostki betonowej ale na podbudowie z betonu cementowego.

Innym przykładem może być rozwiązanie, w którym budowane są zatoki z bardzo cienkiej warstwy ścierniczej SMA (1cm) na podbudowie z betonu cementowego, co świetnie sprawdza się w Austrii.

Alternatywą może być całkowita rezygnacja z budowania zatok autobusowych, co zaproponowano na forum dyskusyjnym SITK [14] powołując się na przykłady zagraniczne pozytywnych walorów stosowania peronów półwyspowych zamiast standardowych zatok. Znacznie poprawia to dostępność zatoki dla pasażerów niepełnosprawnych, zwiększa bezpieczeństwo użytkowników komunikacji zbiorowej a także pozostałych użytkowników poprzez eliminację włączania się autobusów do ruchu, a także skraca czas przejazdu autobusów.

## Literatura:

- [1] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publicznej ich usytuowanie.
- [2] Katalog Wzmocnień Remontów Nawierzchni Podatnych Półsztywnych, Warszawa 2001r.
- [3] S. Firlej – „*Mechanika nawierzchni drogowej*”, Wydawnictwo Petit s.c. Lublin, 2007.
- [4] D. Sybilski, J. Krzemiński, M. Maliszewski – „*Innowacyjna nawierzchnia z kostki kamiennej na Krakowskim Przedmieściu w Warszawie*”, Drogownictwo 3/2010,
- [5] M. Kossakowski – „*Nawierzchnia z betonowej kostki brukowej*”, Drogownictwo 4/2006,
- [6] M. Schab, A. Sołowczuk – „*Charakterystyka typowych uszkodzeń i deformacji nawierzchni na zatokach autobusowych., cz. 2, nawierzchnia z kostki kamiennej*”, Drogi Lądowe – Powietrzne – Wodne 2010 nr 10, s.68-77,
- [7] M. Schab, A. Sołowczuk – „*Charakterystyka typowych uszkodzeń i deformacji nawierzchni na zatokach autobusowych., cz. 4, nawierzchnia z kostki betonowej*”, Drogi Lądowe – Powietrzne – Wodne 2010 nr 12, s.36-45,
- [8] M. Ładzińska-Depko – „*Wyznaczanie stałych sprężystości w modelu obliczeniowym nowoczesnych nawierzchni brukowych*”, Drogownictwo 11/1989,
- [9] M. Ładzińska-Depko – „*Projektowanie nowoczesnych nawierzchni brukowych*”, Drogownictwo 12/1988, 1/1989,
- [10] M. Ładzińska-Depko – „*Numeryczna analiza wpływu podsypki i spoin na pracę nawierzchni brukowej*”, Drogownictwo 11-12/1990,
- [11] Ładzińska – Depko M.: „*Nośność graniczna chodników z płytek betonowych w aspekcie obciążeń wyjątkowych*, Praca doktorska, Poznań 1979”
- [12] Stypułowski B., Koba H.: „*Konstrukcja kamiennych nawierzchni historycznych ulic i placów*” Drogownictwo 7/99
- [13] Bremer B.: „*Nawierzchnie przystanków autobusowych z betonu cementowego*” Drogownictwo 12/1989.
- [14] Jackowski M.: „*Problemy i alternatywy zatok autobusowych na przykładach z Europy*” Forum dyskusyjne SITK, Warszawa 2013.
- [15] Archiwum zdjęć - Politechnika Lubelska.

## Impact of the sand bed on stability of cobblestone pavement

Wioleta Czarnecka, Stefan Firlej

Politechnika Lubelska, Katedra Dróg i Mostów

**Abstract:** The observation of public transportation bus bays in Lublin (and probably in other cities) made of concrete or stone blocks pavement shows that on many streets it is not very durable. The assessment of its durability was made for traffic on the KR-3 and KR-4 using mechanistic method that is used for road surfacing on the basis of its own program of multilayer systems in cylindrical coordinates. The article presents the results of the studies of typical constructions at public transportation bus bay .

**Keywords:** construction durability, multilayer systems, retting, concrete stone, public transportation, bus bay.

## **Zagrożenie zdrowia i życia ludzi wypadkami drogowymi w opracowaniach środowiskowych na przykładzie drogi krajowej DK-17 na odcinku Piaski-Hrebenne**

Agnieszka Woszuk<sup>1</sup>

*Katedra Budowy Dróg i Mostów, Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Lubelska, e-mail:a.woszuk@pollub.pl*

**Streszczenie:** W artykule dokonano ogólnej analizy stanu zagrożenia zdrowia i życia ludzi, jako element oceny oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko na przykładzie drogi krajowej DK-17 na odcinku Piaski – Hrebenne. Wykonane badania i analizy dla przykładowego odcinka wskazują, że miarą celowości budowy lub przebudowy dróg nie powinien być pojedynczy wskaźnik, jakim jest głównie ochrona przyrody, ale łączne kryteria społeczno-środowiskowe. Istotnym problemem aktualnie wykonywanych raportów o oddziaływaniu dróg na środowisko jest brak pogłębionych ocen z punktu widzenia bezpieczeństwa ruchu drogowego, które będą stanowiły jednoznaczne kryterium społeczne m.in. wyboru wariantów lokalizacyjnych.

**Słowa kluczowe:** bezpieczeństwo ruchu drogowego, oddziaływanie drogi na środowisko, wypadki drogowe, planowanie przebiegu drogi.

### **1. Wprowadzenie**

Większość nowych inwestycji oraz planowanych przebudów istniejących dróg wymaga uzyskania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach realizacji przedsięwzięcia [1,2]. Powoduje to konieczność przygotowania, poza dokumentacją projektową, wielu specjalistycznych opracowań związanych z zagadnieniami ochrony środowiska. Prace te skupiają się przede wszystkim na ocenie oddziaływania inwestycji na środowisko przyrodnicze a także oddziaływania na ludzi. Aktualnie wybór wariantu rozwiązań technicznych w dużej mierze koncentruje się na minimalizacji ingerencji w środowisko przyrodnicze. W większości przypadków oddziaływania na przyrodę (w tym obszary Natura 2000) stanowią podstawowe kryterium decyzji środowiskowych. Tymczasem w wielu sytuacjach podstawowe oddziaływania dotyczą wpływu nie tylko na przyrodę, ale również na ludzi i ich zdrowie. Obecnie raporty, w zakresie oddziaływania na ludzi, skupiają się na analizie hałasu, drgań i zanieczyszczeń powietrza powodowanych przez ruch drogowy. Równie istotnym problemem są również kolizje i wypadki drogowe, które powodowane mogą być zarówno przez uczestników ruchu drogowego, jak i przez zwierzęta - w przypadkach dróg zlokalizowanych w kompleksach leśnych. Zagadnienia te powinny być

<sup>1</sup> Uczestnik projektu „Kwalifikacje dla rynku pracy - Politechnika Lubelska przyjazna dla pracodawcy” współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

uwzględniane w raportach o oddziaływaniu na środowisko, zwłaszcza dla dróg w sieci TEN-T, i powinny stanowić jeden z ważnych argumentów wyboru wariantu inwestycji drogowej. Wybór wariantów w tego typu opracowaniach należy opierać na łącznych kryteriach społeczno-środowiskowych, które powinny wykazywać faktyczną celowość budowy lub przebudowy drogi.

## **2. Droga krajowa nr 17 (DK-17) na odcinku Piaski – Hrebenne – stan obecny**

Istniejąca droga krajowa nr 17 (wariant bezinwestycyjny drogi ekspresowej S 17) jest obecnie drogą klasy GP, zaliczoną do sieci dróg międzynarodowych (E372). Trasa ta przechodzi przez 39 miejscowości, często o zwartej i wielorzędowej zabudowie mieszkaniowej, skupionej wzdłuż drogi. W pobliżu pasa drogowego usytuowane są obiekty użyteczności publicznej jak np. szkoły, urzędy, domy kultury a także obiekty sakralne. Brak dróg serwisowych oraz odbywający się ruch tranzytowy i krajowy samochodów ciężkich stanowi duże zagrożenie dla ruchu lokalnego i mieszkańców przyległych do drogi miejscowości. Hałas generowany przez ruch drogowy przekracza wartości dopuszczalne [3]. Ciągłe ograniczenia prędkości w terenach zabudowanych, powolny ruch maszyn rolniczych, pojawiający się na drodze piesi, rowerzyści oraz zwierzęta negatywnie wpływają na płynność ruchu pojazdów poruszających się po drodze. DK-17 przebiega przez wiele obszarów przyrodniczych prawnie chronionych (w tym Natura 2000), gdzie zinwentaryzowano gatunki płażów, ptaków i ssaków przyrodniczo cennych [3].

Od wielu lat planowana jest nowa droga ekspresowa S-17, biegnąca do granicy w Hrebennym. Obecnie inwestycja jest na etapie przygotowań. Opracowano koncepcję programową z wariantowaniem przebiegu, wykonano raport o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko, złożono wnioski o wydanie decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach. Jednak dalszy bieg procesu inwestycyjnego z powodu braku funduszy został odłożony w czasie. Planowana inwestycja, jak każda nowa inwestycja drogowa, będzie oddziaływać na środowisko. Przy czym obok niekorzystnego wpływu na otoczenie istnieje wiele pozytywnych aspektów budowy drogi po nowo wyznaczonym przebiegu trasy [4,5]. Utrzymanie obecnego układu komunikacyjnego, przy rosnącym natężeniu ruchu, spowoduje pogorszenie bezpieczeństwa ruchu drogowego (brd) oraz warunków życia mieszkańców przyległych do drogi miejscowości, a także obniżenie wartości przyrodniczych tych obszarów. Wyniki analiz wskazują jednak na konieczność jak najszybszej budowy tego odcinka nie tylko z uwagi na ochronę obszarów cennych przyrodniczo, ale i ze względu na znaczne zagrożenie wypadkami wszystkich uczestników ruchu drogowego.

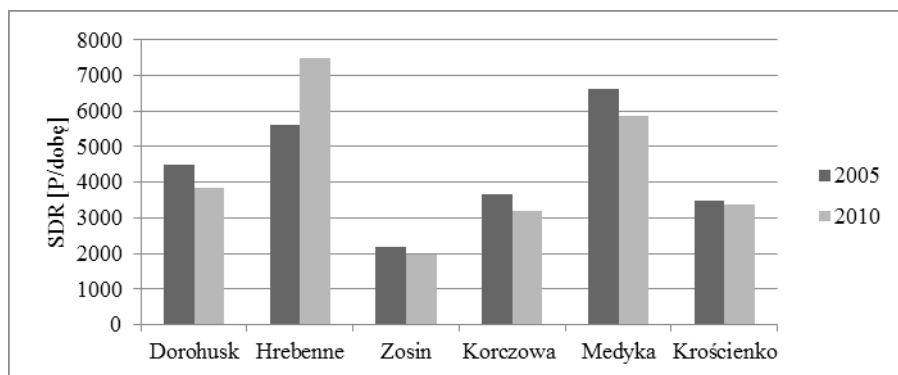
## **3. Ruch drogowy na analizowanym odcinku drogi**

Średni Dobowy Ruch (SDR) w 2010 r. na analizowanym odcinku wahał się w granicach od 6,500 do 12,700 P/dobę [6]. W Tomaszowie Lubelskim SDR wynosił ponad 18,000 P/dobę. W 2020, zgodnie z prognozą, na odcinkach krytycznych SDR przekroczy 22,000 P /dobę. Już w chwili obecnej ruch po DK-17 w obszarze Tomaszowa Lubelskiego jest na granicy przepustowości. Samochody ciężarowe jadące przez miasto na przejściu granicznym w Hrebennym są przyczyną tworzących się na co dzień zatorów. Ruch drogowy może być także przyczyną hałasu przekra-



czającego wartości dopuszczalne. Budowa obejścia (obwodnicy) tej miejscowości była planowana od dawna, jednak ciągle termin jej realizacji jest przekładany. Inwestycja, mimo wykupionych gruntów i pozwolenia na budowę ważnego do początku 2014 roku, nie znalazła się na liście 12 obwodnic na budowę których (w latach 2014-2020) zostały zabezpieczone fundusze.

W Hrebennym, będącym przejściem polsko-ukraińskim SDR jest obecnie największy wśród miejscowości o tym samym znaczeniu. W stosunku do roku 2000 jedynie w Hrebennym odnotowano wzrost liczby pojazdów, wynoszący ponad 30% (rys.1).



Rys. 1. Wzrost natężenia ruchu na polsko-ukraińskich przejściach granicznych w latach 2005 – 2010.

Po wstąpieniu Ukrainy do Unii Europejskiej można spodziewać się równie dużej dynamiki wzrostu ruchu na przejściach granicznych i prowadzących do nich drogach.

Natężenie ruchu na granicy przepustowości (Tomaszów Lubelski) spełnia podstawową przesłankę wyboru inwestycji do realizacji [7]. Budowa drogi ekspresowej S17 do granicy państwa w Hrebennym w pełni wpisuje się w realizację celu głównego Strategii Rozwoju Transportu [8]. Elementami tej strategii są kryteria społeczne takie jak: zwiększenie dostępności transportowej, poprawa bezpieczeństwa uczestników ruchu i efektywności sektora transportowego, poprzez tworzenie spójnego, zrównoważonego i przyjaznego użytkownikowi systemu transportowego w wymiarze krajowym, europejskim i globalnym.

#### 4. Komfort i bezpieczeństwo użytkowników na analizowanym odcinku drogi

Droga krajowa nr 17 w ciągu kilku ostatnich lat na wielu odcinkach była przebudowywana, remontowana, jak również zaprojektowano dla niej nowe oznakowanie. Na kilku odcinkach wprowadzono przekrój 2+1, wydzielono pasy do lewoskrętów, w miejscu linii P-4 zamontowano słupki uniemożliwiające przejazd na pas o przeciwnych kierunku ruchu. Działania te miały ma celu poprawę komfortu i bezpieczeństwa użytkowników drogi oraz zwiększenie przepustowości. Obecnie większość 120 km drogi jest w stanie bardzo dobrym lub dobrym [9].

Zwiększenie parametrów użytkowych DK-17 przyczyniło się do poprawy bezpieczeństwa. Na odcinku Piaski – Zamość ryzyko bycia ofiarą śmiertelną lub ciężko ranną (tzw. ryzyko indywidualne mierzone częstością poważnych wypadków na każdym odcinku drogi w stosunku do liczby pojazdów, które przejeżdżają przez ten odcinek w ciągu roku), zgodnie z mapą EuroRAP-u [10] zmniejszyło się z bardzo dużego do dużego. Na trasie Zamość – Hrebenne ryzyko to w dalszym ciągu jest bardzo duże. W województwie lubelskich 98,4% wszystkich dróg krajowych to odcinki o dużym (30,9%) lub bardzo dużym (67,5%) ryzyku indywidualnym. Wynik ten jest najgorszym w kraju i wskazuje jak duże są potrzeby inwestycyjne w infrastrukturę drogową w tym regionie. Jednocześnie efekt ten powinien stanowić jedno z podstawowych kryteriów społecznych w przygotowywanych dokumentach zarówno planistycznych (pierwszeństwo wykonania danych inwestycji), jak i tych w których dochodzi do porównania i wyboru wariantu do dalszej realizacji.

## 5. Koszty zdarzeń drogowych

Wytyczne IV Europejskiego Programu Działań na rzecz bezpieczeństwa ruchu drogowego zobowiązują do zmniejszenia liczby zabitych o połowę do 2020 roku oraz ich dalszej redukcji o 50 procent do 2030 r. w stosunku do roku 2020. W Polsce przyjęto założenia zmniejszenia ofiar śmiertelnych do 2000 a ciężko rannych do 5600 w 2020 roku [11]. Obecnie w Polsce w wypadkach drogowych ginie rocznie ok. 4 tys. osób około 50 tys. zostaje rannych. Wypadki i kolizje drogowe generują, możliwe do oszacowania, koszty ponoszone przez społeczeństwo. Na koszt jednostkowy zdarzenia drogowego składają się [12]:

- koszty prac służb policyjnych i ratowniczych;
- koszty usług prosekcyjnych i pogrzebu;
- koszty hospitalizacji;
- koszty postępowania karnego;
- koszty rekompensat i zadośćuczynienia;
- straty pracodawców;
- straty materialne;
- straty gospodarcze kraju.

W roku 2012 szacunkowe koszty jednostkowe wypadków i kolizji drogowych wynosiły [12]:

- koszt jednostkowy ofiary śmiertelnej – 2,5 mln zł.;
- koszt jednostkowy ofiary ciężko rannej – 1,1 mln zł.;
- koszt jednostkowy ofiary lekko rannej – 15 tys. zł
- koszt jednostkowy straty materialnej wypadku – 80 tys. zł.;
- koszt jednostkowy kolizji drogowej – 15 tys. zł.

W dotychczasowych opracowaniach środowiskowych brakuje prognozy brd oraz wyceny zdarzeń drogowych. Wynikiem takiego postępowania wariant bezinwestycyjny staje się opcją bezkosztową, a realizacja przedsięwzięcia wynika zwykle z nadmiernego natężenia ruchu oraz pogarszających się warunków życia mieszkańców bez uwzględniania faktycznego wpływu na ich zdrowie i życie, jakim są wy-

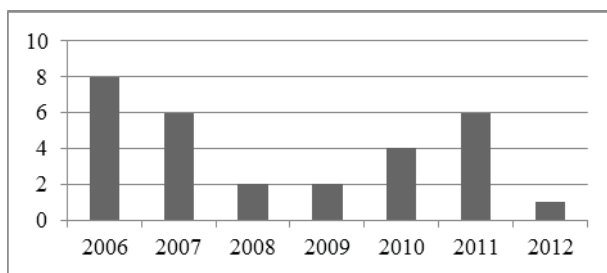
padki drogowe. Niewielką zmianę odnotowuje się w tym zakresie od 2013 r., gdzie coraz powszechniej administracja ochrony środowiska zaczyna respektować obowiązek związany z prowadzeniem analiz brd w raportach środowiskowych dla sieci dróg TEN-T. Niestety zalecenia takiego nie ma dla pozostałej sieci dróg.

## 6. Ogólna analiza zagrożeń życia i zdrowia ludzi na odcinku DK-17

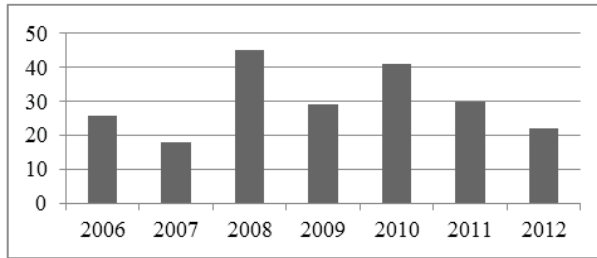
Artykuł 66 Ustawy o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie ... [1] nakazuje w uzasadnieniu proponowanego przez wnioskodawcę wariantu wskazać jego oddziaływanie na środowisko, a w przypadku drogi w transeuropejskiej sieci drogowej również na bezpieczeństwo ruchu drogowego. W wielu raportach o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko do tej pory co najwyżej wprowadza się podstawowe dane ze statystyk policyjnych bez szczegółowego odnoszenia się do faktycznych przyczyn oraz właściwego eksponowania problemów zdrowia i życia (efektów społecznych) a także powiązania tych zjawisk z planowanym zadaniem inwestycyjnym. Poniżej przedstawiono ogólną analizę przyczyn i skutków wypadków dla analizowanego odcinka drogi DK-17. Należy jednak zaznaczyć, że w niektórych przypadkach przedsięwzięć może istnieć poważny problem dotarcia do wielu danych szczegółowych z zakresu zagrożenia brd i nie jest możliwe prowadzenie szczegółowych analiz jak w przypadku studiów korytarzowych wykonywanych dla dróg z sieci TEN-T.

W latach 2008-2009 zmodernizowany został odcinek Piaski-Łopiennik. Na długości 15 km trzykrotnie na podjazdach, zastosowano przekrój 2+1 z pasami wyprzedzania. Przebieg trasy, zarówno w planie jak i w profilu został dostosowany do klasy GP i do prędkości projektowej 70 km/h. Istniejąca droga została poszerzona a konstrukcja wzmocniona. Tam gdzie było to możliwe zaprojektowano boczne drogi serwisowe zapewniające obsługę komunikacyjną przyległego terenu – głównie dojazd maszynami rolniczymi do pól uprawnych. Powstały nowe zatoki autobusowe z wyspą dzielącą. Wybudowano ciągi piesze, w większości usytuowane za rowami. Przebudowano również istniejące obiekty inżynierskie (mosty i przepusty), nie spełniające wymagań odnośnie nośności dla drogi klasy GP [13].

Po przebudowie zaobserwować można spadkową tendencję liczby wypadków, mimo wzrostu natężenia ruchu (rys. 2).

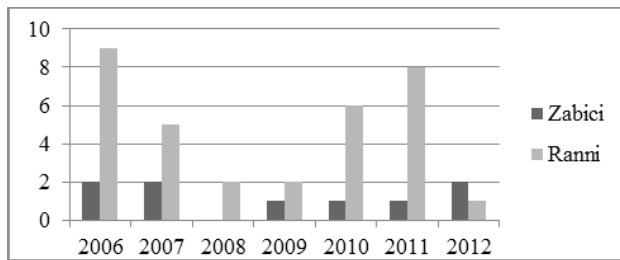


Rys. 2. Liczba wypadków w latach 2006 -2012 na DK nr 17 na odcinku Piaski – Łopiennik.



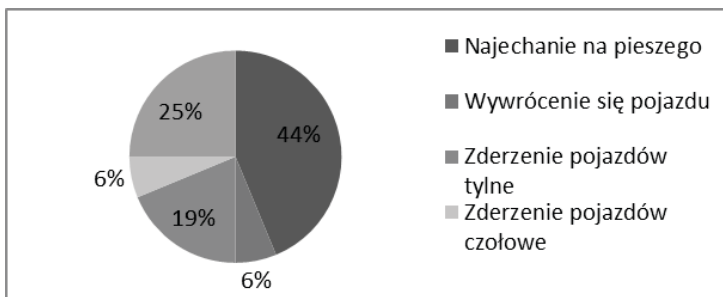
Rys. 3. Liczba kolizji w latach 2006 -2012 na DK nr 17 na odcinku Piaski – Łopiennik.

W latach 2008-2009 odnotowano znaczny spadek liczby wypadków i wzrost liczby kolizji drogowych. Przy czym skutki zdarzeń drogowych, mierzone liczbą zabitych i rannych, były łżejsze niż w pozostałych latach. Ma to związek z prowadzoną w tym okresie modernizacją omawianego odcinka drogi, co wymuszało zmniejszenie prędkości oraz zwiększenie koncentracji kierowców. Po zakończonych pracach remontowych liczba wypadków wzrosła ale do poziomu niższego niż przed remontem. Do spadku liczby zdarzeń drogowych mogło przyczynić się zastosowanie słupków oddzielających przeciwne kierunki ruchu, jak również wzmożone kontrole prędkości ruchu przez policję, w szczególności z pojazdów wyposażonych w wideorejestratory.

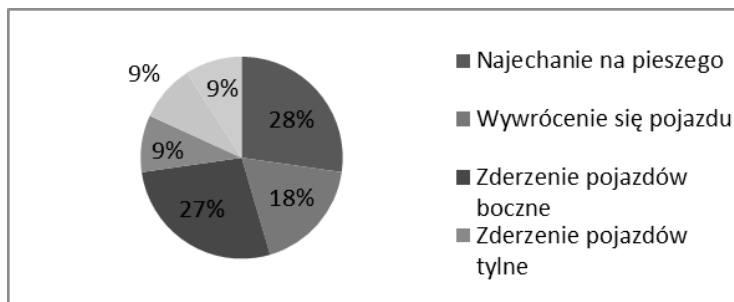


Rys. 4. Liczba zabitych i rannych w latach 2006 -2012 na DK-17 na odcinku Piaski – Łopiennik.

Analiza struktury rodzajowej wypadków wykazuje, że zarówno przed przebudową, jak i po modernizacji najwięcej było wypadków z udziałem pieszych (rys.5, rys.6). Omawiany odcinek przechodzi przez miejscowość Fajstławice i nie ma technicznej możliwości przeniesienia ruchu pieszego poza przekrój drogi. Pozostałe rodzaje zdarzeń to zderzenia czołowe, boczne i tylne, najechanie na przeszkodę (słup, drzewo, barierka) oraz wywrócenie się pojazdu.

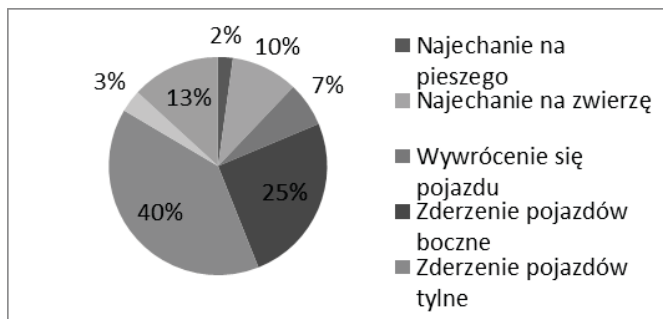


Rys. 5. Struktura rodzajowa wypadków w latach 2006 -2008 na DK-17 na odcinku Piaski – Łopiennik.

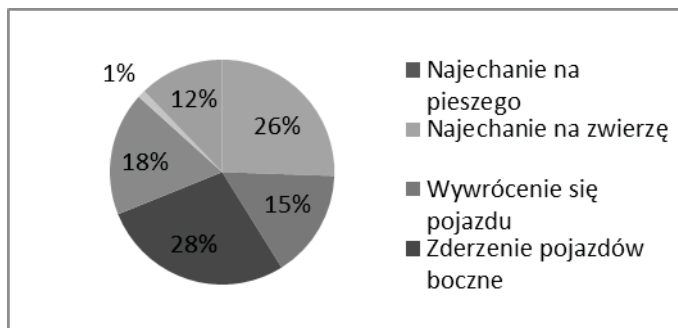


Rys. 6. Struktura rodzajowa wypadków w latach 2010 -2012na DK-17 na odcinku Piaski – Łopiennik.

Przyczyny kolizji mają inny rozkład. Najczęściej dochodzi do zderzeń tylnych. Po modernizacji wzrosła liczba wywróceń samochodów. Do tego typu zdarzeń dochodzi głównie miejscach gdzie korona drogi jest znacznie wyniesiona ponad istniejący teren. Występuje również stosunkowo dużo kolizji spowodowanych zderzeniem ze zwierzętami. Teren przyległy do drogi to, oprócz zabudowy, pola uprawne, łąki i zadrzewienia. Droga staje się przeszkodą w wędrówkach dzikich zwierząt: saren, danieli i dzików. Zwierzęta na jezdni są realnym zagrożeniem dla uczestników ruchu. Bez właściwej ochrony dziko żyjącej fauny [5] sytuacja ta nie ulegnie zmianie.



Rys. 7. Struktura rodzajowa kolizji w latach 2006 -2008 na DK-17 na odcinku Piaski – Łopiennik.



Rys. 8. Struktura rodzajowa kolizji w latach 2010 -2012 na DK-17 na odcinku Piaski – Łopiennik.

Na analizowanym 15 kilometrowym odcinku DK 17 wyodrębnić można dwa miejsca szczególnie niebezpieczne (Tabela 1).

Tabela 1 Miejsca szczególnie niebezpieczne na DK nr 17 km 115+000 - km 130+000.

Kilometraż	Wypadki	Zabici	Ranni
km 123+700 - km 123+800	4	2	2
km 125+500 - km 125+600	2	2	2
km 115+000 - km 130+000	11	4	15

Największa liczba wypadków ma miejsce w kilometrażu 123+700 -123+800. Trzy z czterech zdarzeń to najechanie na pieszego. Można przypuszczać, że były to potrącenia na przejściu dla pieszych. Ten odcinek trasy znajduje się w miejscowości Fajslawice, gdzie zlokalizowane są dwa przejścia dla pieszych. W bliskiej odległości jest kościół, urząd gminy oraz liczne sklepy. Dodatkowo DK-17 skrzyżuje się z dwiema drogami lokalnymi. W planie jest to odcinek prosty, w profilu podłużnym – łuk wypukły. Kierowcy często przekraczają dozwoloną prędkość 50 km/h, i nawet ustawiony w pobliżu fotoradar nie powoduje zadowalającej zmiany. Drugi niebezpieczny odcinek drogi to km 125+500 - 125+600, tj. w miejscu przekroju 2+1, odcinek prosty w planie o małym pochyleniu podłużnym wynoszącym 0,6%. Przyczyną jednego z wypadków, mimo zamontowanych słupków oddzielających pasy ruchu w przeciwnym kierunku, było zderzenie czołowe. Zginęło dwie osoby, jedna została ciężko ranna. Zdarzenie to przypomina, że drogi jezdociowe są dużo mniej bezpieczne od dróg dwujezdniowych, gdzie przeciwne kierunki ruchu są od siebie oddzielone przeszkodą w postaci pasa rozdziału. Jednocześnie odcinki 2+1 stosowane w Szwecji mają rozdzielenie kierunków ruchu barierami linowymi przy zachowanym szerszym przekroju – powoduje to m.in. ograniczenie zderzeń czołowych.

W analizie zdarzeń drogowych nie brano pod uwagę przyczyn zależnych od uczestników ruchu drogowego: nietrzeźwi kierowcy, niewidoczni piesi i rowerzyści, nadmierna prędkość, niedostosowanie prędkości do warunków atmosferycznych. Zachowania użytkowników dróg to przyczyna większości wypadków i kolizji.

## 7. Wariantowanie przebiegu drogi ekspresowej S17 Piaski – Hrebenne.

Obecna trasa drogi krajowej nr 17 prowadzi przez wiele obszarów prawnie chronionych, w tym przez obszary Natura 2000 [3]. Zagospodarowanie terenu przyległego to w dużej części pola uprawne, łąki i lasy. Z powodu braku stosownej ochrony dziko żyjącej fauny pod kołami samochodów giną zarówno duże ssaki kopytne jak i płazy objęte w Polsce ścisłą ochroną.

W fazie koncepcji opracowano kilka wariantów przebiegu inwestycji. W każdym z wariantów występują kolizje z obszarami chronionymi, w tym z obszarami Natura 2000 [3]. Istniejąca trasa DK nr 17 ingeruje w obszary cenne przyrodniczo w dużo większym stopniu. Teoretycznie można zaprojektować przebieg nowej inwestycji z ominięciem wszystkich terenów chronionych. Praktycznie tak zaprojektowana trasa, bez powiązania z istniejącą siecią dróg, przestałaby pełnić swo-



ją podstawową funkcję komunikacyjną. Nie powinno się także omijać obszarów cennych przyrodniczo kosztem kolizji planowanej trasy z zabudową mieszkaniową – niestety ten problem bardzo często występuje. Przesiedlenie mieszkańców, to nie tylko duże koszty wykupu gruntów i wypłaty odszkodowań, ale również zburzenie powstających latami relacji międzyludzkich i społecznych. Wariant bezinwestycyjny jest najmniej korzystny, nie tylko z powodu dużej ingerencji w obszary cenne przyrodniczo, czy przekroczenia dopuszczalnych wartości hałasu, ale głównie z uwagi na dużą wypadkowość.

## 8. Wnioski

Istotnym problemem polskiej sieci drogowej są drogi krajowe prowadzące ruch o dużym natężeniu, w tym tranzytowy ruch samochodów ciężarowych przez tereny zabudowane, które powstały wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych. Sytuacja taka znacznie zmniejsza jakość życia mieszkańców pobliskich miejscowości, którzy są ciągle narażeni na hałas komunikacyjny i emisję spalin samochodowych oraz inne niekorzystne oddziaływania. Duże zagrożenie stwarza także ruch pieszy i rowerowy odbywający się często wzdłuż głównych tras krajowych. Sytuacja taka ogranicza przepustowość ciągów drogowych, zmniejsza prędkość ruchu tranzytowego a jednocześnie jest przyczyną wielu wypadków i kolizji drogowych. W aktualnych opracowaniach środowiskowych (głównie raportach o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko) zbyt mało uwagi poświęca się zagadnieniu bezpieczeństwa ruchu drogowego (oddziaływania na zdrowie i życie ludzi). Uwzględniając koszty zdarzeń drogowych ponoszonych przez społeczeństwo prognozowanie i analiza wypadków staje się istotnym kryterium i argumentem w wyborze wariantu inwestycji. Dla większości przedsięwzięć drogowych poza szczegółową inwentaryzacją przyrodniczą, oceną oddziaływań na cenne przyrodniczo obszary oraz analizą typowych oddziaływań na zdrowie i życie ludzi (takich jak hałas, zanieczyszczenie powietrza) ważnym elementem powinna stać się ocena związana z bezpieczeństwem ruchu drogowego. Obecne regulacje prawne dotyczące konieczności wprowadzania audytu brd do raportów o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko dla dróg w sieci TEN-T są niewystarczające. Praktycznie każda z inwestycji drogowych powinna zawierać elementy oceny jej wpływu na zdrowie i życie ludzi z punktu widzenia brd. Kryteria wyboru wariantów zarówno lokalizacyjnych, jak i technicznych w równym stopniu powinny zawierać problematykę przyrodniczą jak i społeczną, której elementem jest stan bezpieczeństwa użytkowników drogi, jak również mieszkańców w otoczeniu drogi.

Analizowany przypadek drogi DK-17 wskazuje na konieczność jak najszybszej jej przebudowy z punktu widzenia kryteriów społecznych do których zaliczone zostały elementy badań wypadkowości. Wybór wariantu lokalizacyjnego nowego przebiegu DK-17 powinien ostatecznie zawierać zarówno kryteria przyrodnicze, jak i społeczne, choć w tym przypadku istotniejsze są kryteria społeczne ponieważ kolizje z obszarami cennymi przyrodniczo są w praktyce nieuniknione.

## Literatura

- [1] Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U. Nr 199, poz. 1227 z późn. zmianami)
- [2] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. Nr 213, poz. 1397)
- [3] Raport o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko, Budowa drogi ekspresowej S17 (Warszawa) Zakręt – Lublin – Zamość – Hrebenne (Lwów) na odcinku Piaski – Hrebenne (granica Państwa). Streszczenie w języku niespecjalistycznym, [http://www.gddkia.gov.pl/userfiles/articles/Lublin/srodowisko/S17/Piaski\\_Hrebenne/Streszczenie\\_S17\\_Piaski\\_Hrebenne.pdf](http://www.gddkia.gov.pl/userfiles/articles/Lublin/srodowisko/S17/Piaski_Hrebenne/Streszczenie_S17_Piaski_Hrebenne.pdf) ((odczyt z dn. 28 października 2013 r.).
- [4] Bohatkiewicz J., Adamczyk J., Tracz M., Kokowski A., Przystalski A. i inni. *Podręcznik dobrych praktyk wykonywania pracowań środowiskowych dla dróg krajowych*. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad. Kraków, 2008.
- [5] Bohatkiewicz J., Piotrowska A. *Wpływ dróg i ruchu drogowego i działalność ochronna*. SITK. LI Techniczne Dni Drogowe. Międzyzdroje, 5-7 listopada 2008 r.
- [6] <http://www.gddkia.gov.pl/pl/987/gpr-2010> (odczyt z dn. 4 listopada 2013 r.).
- [7] Uchwała Rady Ministrów Nr 10/2011 z dnia 25 stycznia 2011 r. Program Budowy Dróg Krajowych na lata 2011 -2015
- [8] Ministerstwo Infrastruktury, Strategia Rozwoju Transportu do 2020 roku, z perspektywą do 2030 roku
- [9] <http://siskom.waw.pl/drogi-krajowe.htm> (odczyt z dn. 4 listopada 2013 r.).
- [10] <http://eurorap.pl/index.php> (odczyt z dn. 4 listopada 2013 r.).
- [11] Narodowy Program Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego 2013-2020
- [12] Jażdżik-Osmólska A, *Metoda oraz wycena kosztów wypadków i kolizji drogowych na sieci dróg w Polsce na koniec roku 2012, z wyodrębnieniem średnich kosztów społeczno-ekonomicznych zdarzeń drogowych na sieci TENT*, IBDiM, 2013 r.
- [13] Kowal M., *Modernizacja drogi krajowej nr 17 na odcinku Piaski-Łopiennik*, Drogownictwo, 9/2011, str. 278-282

## Threat to human life and health road accidents in environmental studies on the example of the national road number 17 between Piaski and Hrebenne

Agnieszka Woszczuk

*Katedra Budowy Dróg i Mostów, Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Lubelska, e-mail:a.woszczuk@pollub.pl*

**Abstract:** The usefulness of construction the expressway number 17 on the way Piaski and Hrebenne has been analysed in the article. The analysis takes into consideration the environmental impact, inhabitants and drivers as well. The road that has been analysed shows that the cause of roads construction or reconstruction should not concern only individual aspects but all the socio-environmental factors.

## **Możliwości zastosowania sieci neuronowych do oceny bezpieczeństwa ekologicznego dróg na Ukrainie**

Vitalii Naumov<sup>1</sup>, Natalia Vnukova<sup>2</sup>, Ganna Zhelnovach<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Wydział Systemów Transportowych,*

*Charkowski Narodowy Uniwersytet Samochodowo-Drogowy*

<sup>2</sup>*Katedra Ekologii, Wydział Budownictwa Dróg,*

*Charkowski Narodowy Uniwersytet Samochodowo-Drogowy*

<sup>3</sup>*Wydział Budownictwa Dróg, Charkowski Narodowy Uniwersytet Samochodowo-Drogowy*

**Streszczenie.** Przeprowadzono analizę problemów oraz możliwości zapewnienia bezpieczeństwa ekologicznego dróg na Ukrainie. Zaproponowano model matematyczny na podstawie sieci neuronowej, który w warunkach niepełnej i rozmytej informacji pozwala oszacować ilościowo jakość przestrzeni w otoczeniu dróg. Zaproponowane podejście pozwala określić poziom bezpieczeństwa ekologicznego dróg samochodowych, wskazać celowość rozmieszczenia stanowisk monitoringu ekologicznego, a również umożliwi opracowanie wykazu działań co do ochrony środowiska dla odcinków dróg.

**Słowa kluczowe:** sieci neuronowe, bezpieczeństwo ekologiczne, drogi samochodowe, system monitoringu

### **1. Wprowadzenie**

Zapewnienie wysokiej jakości środowiska naturalnego jest jednym z najbardziej znaczących współczesnych problemów. Głównym kryterium, które pozwala określić stopień oddziaływania obiektów technicznych na ekosystemy jest poziom bezpieczeństwa ekologicznego. Może być on opisany ilościowo, przedstawiając odchylenia pomiędzy faktycznymi wartościami ekologicznych wskaźników wpływu obiektu na środowisko naturalne a wartościami normatywnymi.

Do technicznych obiektów i branż oddziałujących na środowisko naturalne należą: przedsiębiorstwa przemysłowe, systemy energetyczne, systemy transportowe, kombinaty rolne, urzędnictwo wojskowe itp. Wśród wymienionych szczególnie znaczenie mają systemy transportowe, a przede wszystkim drogi samochodowe będące ich elementem. Ze względu na ich długość i przechodzenie przez wiele systemów naturalnych; są w stanie zakłócić funkcjonowanie ekosystemów o różnych skalach.

W warunkach stale zwiększającego się udziału transportu samochodowego w przewozach ładunków oddziaływania dróg, jako elementu systemu transportowego, nie są zbadane dostatecznie. To dla Ukrainy i innych krajów postradzieckich jest poważnym problemem. Nie możemy bowiem w pełni korzystać ze światowych doświadczeń w tej dziedzinie. Wynika to z odmiennych uwarunkowań związanych

z budową i eksploatacją dróg oraz różniących się przepisów prawnych dotyczących ochrony środowiska czy systemów monitoringu.

W postradzieckiej nauce problemom zapewniania bezpieczeństwa ekologicznego dróg samochodowych poświęcili swoje prace między innymi: D. Kavtaradze, P. Kanilo, A. Diakova, V. Podolski, E. Pavlova [1-5]. Jednak w dotąd przeprowadzonych badaniach brakuje opisu związku pomiędzy charakterystykami dróg a charakterystykami ruchu pojazdów. Transport drogowy jest wskazywany jako główne źródło destrukcyjnego wpływu na środowisko, jednak bezpośrednim negatywnym oddziaływaniom drogi samochodowej poświęcono zbyt mało uwagi. Oprócz tego, nie udało się zbadać łańcuchów interakcji w relacjach „samochód – droga – środowisko naturalne” w odniesieniu do całej sieci dróg. Oczywiście, przyczyną tego może być niewystarczająca ilość zgromadzonych w badaniach danych.

Problem zapewnienia bezpieczeństwa ekologicznego dróg jest dla Ukrainy bardzo ważny. Ukraina charakteryzuje się wysokim potencjałem ruchu tranzytowego. Prognozowany perspektywicznie wzrost tego ruchu znacznie zwiększy negatywny wpływ dróg na ich otoczenie, a to z kolei zagrozi środowisku naturalnemu.

## **2. Ocena aktualnych problemów w zapewnieniu bezpieczeństwa ekologicznego dróg na Ukrainie**

Ukraina posiada dość rozwiniętą sieć dróg samochodowych. Pod względem ich długości Ukraina zajmuje 30 miejsce wśród 216 państw świata; według danych na 1 stycznia 2014 roku łączna długość dróg wyniosła 169 945 km [6]. Szacuje się, że negatywne oddziaływanie dróg na środowisko obejmuje obszar stanowiący jedną trzecią terytorium państwa. To wskazuje jak duży może być wpływ dróg na stan ekologiczny kraju i wymaga przeprowadzenia kompleksowej oceny tego wpływu.

Zadania ochrony środowiska w sektorze drogowym realizowane są zgodnie z programem przyjętym przez UKRAVTODOR (państwową agencję ds. dróg) na lata 2012-2015. Celem programu jest integracja ukraińskiej sieci dróg z europejską siecią transportową [7]. Określa on dla dróg publicznych oraz infrastruktury drogowej główne kierunki ochrony środowiska. Pomimo zapisania konkretnych działań w ochronie środowiska z uzasadnieniem warunków ich realizacji oraz określeniem oczekiwanych rezultatów, program ten nie jest zbyt skuteczny. Spowodowane jest to brakiem kompleksowej informacji o poziomach bezpieczeństwa ekologicznego obszarów, na które oddziałują ukraińskie drogi.

Niestety państwowy monitoring ekologiczny UKRAVTODOR nie uwzględnia monitoringu ekologicznego dróg. Program zawiera wykaz działań w zakresie inżynierskiego i technicznego wsparcia zadań obejmujących eksploatację i utrzymanie dróg. Zgodnie z postanowieniem UKRAVTODOR-u „W sprawie zatwierdzenia Regulaminu tymczasowego dotyczącego Systemu monitoringu w budownictwie, remoncie i utrzymaniu dróg publicznych” (z dnia 13 kwietnia 2007 roku, №165) wprowadzenie systemu monitoringu zostało zaplanowane w Regionie Czernihowskim. Tego zamierzenia nie udało się jednak zrealizować z powodu braku funduszy. Tak więc system monitoringu ekologicznego dróg na Ukrainie nie działa, pomimo opracowanych i zatwierdzonych przepisów. Dlatego nadal brakuje informacji o bezpieczeństwie ekologicznym dróg.

Zmianę sytuacji może zapewnić współpraca międzynarodowa. W branży drogowej Ukraina dotąd podpisała 7. międzynarodowych konwencji, umów i protokołów, 2. umowy międzyrządowe, 3. umowy w ramach Wspólnoty Niepodległych Państw. Ponadto zawarto 3. umowy między agencjami [8]. Zapisy tych dokumentów pokazują, że na poziomie współpracy międzynarodowej najważniejszym zagadnieniem jest emisja gazów cieplarnianych ( $\text{CO}_2$ ). Wielkość emisji z pojazdów pokonujących terytorium Ukrainy istotnie przyczynia się do globalnych zmian klimatu. Pozostałe negatywne oddziaływania ukraińskiego systemu transportu jednak nie mają transgranicznego wymiaru, nie mogą więc powodować zanieczyszczeń o szerszym charakterze. Ponieważ maksymalny wpływ eksploatowanej drogi sięga do 3 km po obu jej stronach, można stwierdzać, że sieć drogowa Ukrainy nie powoduje pogorszenia stanu środowiska krajów sąsiednich. Aby nie dopuścić do zanieczyszczenia środowiska naturalnego przez transport samochodowy, w tym pochodzący z Ukrainy, kraje Unii Europejskiej ograniczają wjazd na swoje terytorium pojazdów, które nie odpowiadają wymogom EURO5 lub nie spełniają przepisów regulujących przewozy ładunków niebezpiecznych.

### **3. Opracowanie podejścia pozwalającego uzasadnić celowość rozmieszczenia stanowisk ekologicznego monitoringu dróg**

Podstawą zapewnienia bezpieczeństwa ekologicznego dróg jest system monitoringu ekologicznego. Wiadomo, że kręgosłupem tego systemu muszą być stacje pomiarowe, zlokalizowane na sieci drogowej. W „Regulaminie tymczasowym dotyczącym systemu monitoringu w budownictwie, remoncie i utrzymaniu dróg publicznych” określono, że takie stanowiska mają funkcjonować na odcinkach dróg niebezpiecznych lub potencjalnie niebezpiecznych dla środowiska. Jednak brakuje kryteriów wyboru takich miejsc.

Metoda służąca wyznaczeniu stanowisk ekologicznego monitoringu dróg, opracowana przez autorów referatu, opiera się na ocenie bezpieczeństwa środowiskowego dokonanej za pomocą modelowania matematycznego na podstawie badań biomonitoringowych. Biorąc pod uwagę złożoność badań, nieliniowość parametrów wejściowych i faktyczną niemożliwość uwzględnienia wszystkich związków w relacji „samochód – droga – środowisko naturalne”, zdecydowano się zastosować podejście polegające na syntezy sieci neuronowej. Pozwala ono, w warunkach niepełnej informacji, określić jakość przestrzeni w otoczeniu drogi.

W trakcie syntezy probabilistycznej sieci neuronowej do oceny jakości przestrzeni w otoczeniu drogi jako wejściowe wykorzystano następujące wskaźniki: średnią prędkość pojazdów ( $C$ , km/godz.), równość podłużną ( $P$ , cm/km), natężenie ruchu ( $I$ , pojazdów/godz.), okres eksploatacji między naprawami ( $M$ , lata), pochylenie podłużne ( $II$ , ‰). Równość podłużną to cecha eksploatacyjna drogi określająca zdolność nawierzchni jezdni do nie wzbudzania wstrząsów i drgań poruszającego się pojazdu. Takie istotne parametry, jak odległość zabudowy od krawędzi jezdni oraz brak lub obecność chodników mają być też uwzględniane przy badaniach dróg na terenach z zabudową mieszkaniową.

Parametrem wejściowym dla sieci jest numer kategorii (wzorca), do której należy uzyskany zestaw wskaźników wejściowych. Warstwa dodatkowa sieci neuronów mieści jeden element dla każdej kategorii z zestawu danych dla uczenia sieci.

Wszystkie elementy warstwy dodatkowej połączone są tylko z elementami warstwy wzorców, które należą do odpowiedniej kategorii.

Aktywność  $O_j$  dla  $j$ -tego elementu warstwy wzorców określa się w następujący sposób:

$$O_j = \exp \left[ -\frac{1}{\sigma^2} \cdot \sum_i (w_{ij} - x_i)^2 \right] \quad (1)$$

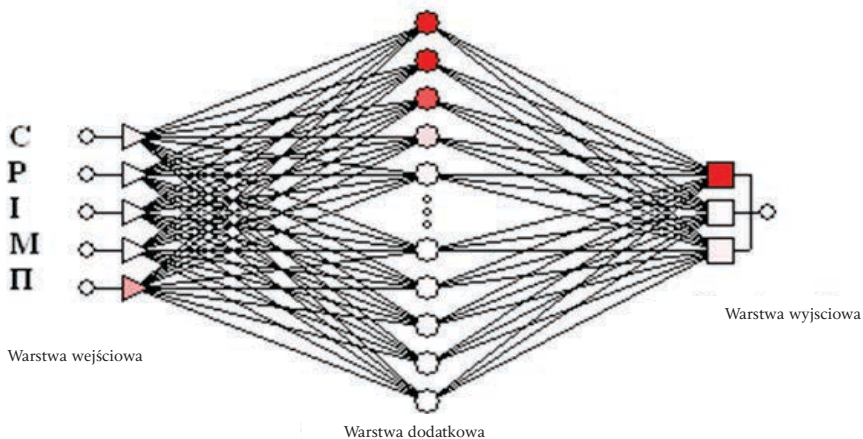
gdzie  $w_{ij}$  – wartości wagowe współczynników;  $\sigma$  – parametr określający szerokość funkcji;  $x_i$  – nieznaną wzorzec wejściowy.

Wartości wagowe połączeń między elementami warstwy wzorców i elementami warstwy dodatkowej przyjmuje się równe 1. Element warstwy dodatkowej określa się przez wyjściowe wartości elementów warstwy wzorców. To pozwala oszacować wartości funkcji gęstości rozkładu dla zestawu egzemplarzy odpowiedniej kategorii. Wyjściowe elementy reprezentują dyskryminatory wielkości progowej, które wskazują na element warstwy wyjściowej z maksymalną wartością aktywacji, tj. wskazują na jedną z trzech kategorii.

W kontekście tego badania nie jest potrzebna dyskretna klasyfikacja, lecz oszacowanie wartości wyjściowej warstwy dodatkowej, które pozwala z kolei oszacować gęstość rozkładu prawdopodobieństwa dla różnych kategorii wyjściowych. W ten sposób pojawia się możliwość zbadania dynamiki zmiany przynależności do jednej z trzech kategorii. Po opracowaniu pewnej skali klasyfikacyjnej można korzystając ze statystyki Bayesa uzyskać ilościową ocenę zanieczyszczeń, które są skutkiem wpływu transportu drogowego na środowisko naturalne.

Do syntezy i badania sieci neuronowej zastosowano pakiet oprogramowania Statistica 7.0 Neural Networks. Jako kryterium funkcjonalne przyjęto minimum błędu sieci neuronowej pod warunkiem, że nie są stosowane procedury uczenia.

Proponowana sieć zawiera 5 neuronów w warstwie wejściowej, 51 neuronów w warstwie do obliczenia gęstości rozkładu i 3 neurony wyjściowe (rys. 1).



Rys. 1. Architektura sieci neuronowej do oceny jakości przestrzeni otoczenia drogi.



Optymalizacja parametrów opiera się na podejściu liniowym i metodzie symulowanego wyżarzania w odniesieniu do rozkładu prawdopodobieństwa Gibbsa:

$$P(\bar{x}^* \rightarrow \bar{x}_{i+1} | \bar{x}_i) = \begin{cases} 1, & F(\bar{x}^*) - F(\bar{x}_i) < 0, \\ \exp\left(-\frac{F(\bar{x}^*) - F(\bar{x}_i)}{Q_i}\right), & F(\bar{x}^*) - F(\bar{x}_i) \geq 0, \end{cases} \quad (2)$$

gdzie  $Q_i > 0$  – elementy dowolnie zmniejszającej się do zera sekwencji;  $F(x)$  – funkcja gęstości rozkładu prawdopodobieństwa.

Wartość  $\bar{x}_{i+1}$  uzyskuje się na podstawie  $\bar{x}_i$  w następujący sposób: do wartości  $\bar{x}_i$  stosuje się dowolny operator, który modyfikuje je losowo; w wyniku dostajemy wartość  $\bar{x}^*$ , dla której prawdopodobieństwo tego, że ona stanowi  $\bar{x}_{i+1}$ , wynosi  $P(\bar{x}^* \rightarrow \bar{x}_{i+1} | \bar{x}_i)$ . W wyniku uczenia probabilistycznej sieci neuronowej w celu oceny jakości przestrzeni w otoczeniu drogi uzyskano następujące wartości średnich kwadratowych błędu uczenia w jednostkach wyjściowych: blok uczenia – 0,16%, blok kontroli – 0,17%, blok testowy – 0,16%. Poziom dokładności klasyfikacji za pomocą sieci sięga 96,1%.

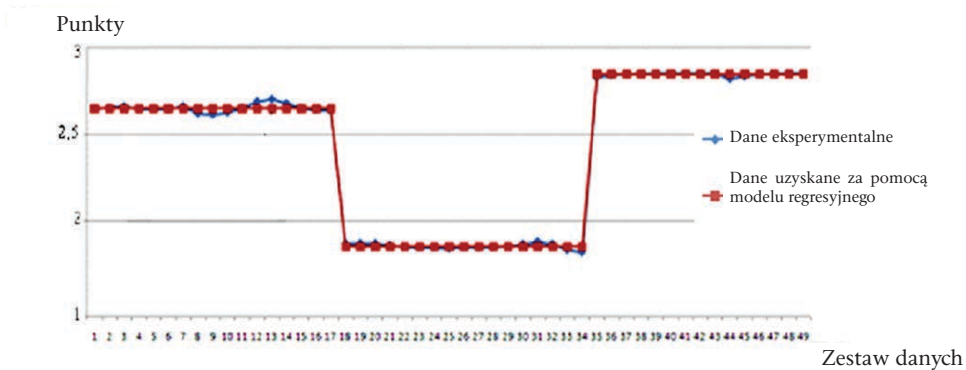
W celu opracowania systemu wsparcia decyzji za pomocą funkcji pakietu Statistica Neural Networks został wygenerowany kod sieci neuronowej, z którego można korzystać w innych środowiskach programowych. W wyniku tego otrzymano kod sieci neuronowej w języku programowania C++.

Z powodu niepełnej ilości danych na początkowym etapie badania, wykorzystanie jedynie modelu sieci neuronowej do analizy jakości przestrzeni otoczenia dróg jest niewystarczające. Dlatego przy opracowaniu wyników modelowania za pomocą sieci neuronowej do odpowiednich ocen jakości przestrzeni została przeprowadzona analiza regresyjna. Zmiennymi niezależnymi są dane wejściowe sieci ( $Y_1, Y_2, Y_3$ ), które wskazują na gęstości rozkładu zestawu egzemplarzy odpowiedniej kategorii, a zmienną zależną jest ocena jakości w punktach ( $P$ ).

Opracowanie danych przeprowadzono w pakiecie oprogramowania Statistica 7.0 Neural Network. W wyniku uzyskano nieliniowe równanie regresji, które charakteryzuje się bardzo wysoką wartością współczynnika korelacji (0,998) i współczynnika determinacji (0,997) (rys. 2):

$$P = -3,608 + 13,021 \cdot Y_1 - 6,767 \cdot Y_1^2 - 0,848 \cdot Y_2 + 6,267 \cdot Y_2^2 + 6,452 \cdot Y_3^2 \quad (3)$$

Praktyczne zastosowanie proponowanego podejścia pozwala, z braku informacji, przeprowadzenie szeregu etapów zmierzających do uzyskania nowych danych i dostosowania już opracowanej probabilistycznej sieci neuronowej zgodnie z szeregiem zaleceń opisanych w [9-11].



Rys. 2. Porównanie danych z wynikami uzyskanymi za pomocą równania regresji

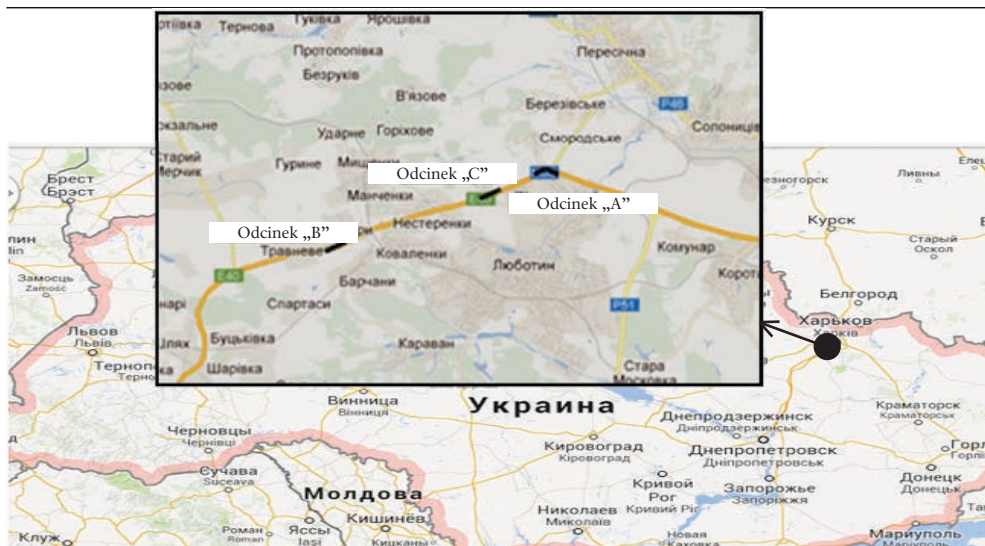
Uzyskane wyniki pozwalają na stwierdzenie, że probabilistyczne sieci neuronowe można docelowo wykorzystać do oceny jakości przestrzeni w otoczeniu dróg. Świadczy o tym wysoka jakość wyników symulacji na testowych zestawach danych (dokładność – 96,1%) oraz na próbach, które wcześniej nie były badane (dokładność – 83,3%). Jednak praktyczne wykorzystanie proponowanej probabilistycznej sieci neuronowej wymaga znacznego uzupełnienia danych statystycznych.

Priorytety rozmieszczenia stanowisk monitoringowych na odcinkach dróg proponujemy ustalać odpowiednio do rekomendacji przedstawionych w tabeli 1.

Tabela 1. Propozycje celowości rozmieszczenia stanowisk monitoringu ekologicznego dróg.

Punkty	Poziom bezpieczeństwa ekologicznego	Potrzeba rozmieszczenia stanowisk monitoringu ekologicznego
3,0 – 4,0	bezpieczny	nie ma potrzeby
2,0 – 2,9	potencjalnie niebezpieczny	jest rekomendowane, ale nie konieczne
1,0 – 1,9	niebezpieczny	konieczne

Badania zostały przeprowadzone w obwodzie charkowskim, w regionie przemysłowym i rolniczym. Do oceny jakości przestrzeni w sąsiedztwie drogi (poziomu bezpieczeństwa ekologicznego) były wybrane jednokilometrowe reprezentatywne 3 odcinki na drodze M-03 Kijów – Charków – Dołżański. Wybór odcinków drogi był uwarunkowany ich typowością dla regionu oraz parametrami geometrycznymi. Droga M-03 jest jedną z najważniejszych tras tranzytowych Ukrainy. Charakteryzuje się znacznym obciążeniem ruchu, wiodącym w kierunku międzynarodowej drogi E-40. (rys. 3).



Rys. 3. Lokalizacja odcinków drogi samochodowej, dla których zostały przeprowadzone pomiary.

Wyniki oceny jakości przestrzeni w otoczeniu trasy i poziomu bezpieczeństwa ekologicznego badanych odcinków drogi, uzyskane na podstawie badań przeprowadzonych w ciągu 3 lat (2008 – 2010 r.), przedstawione są w tabeli 2.

Tabela 2. Wyniki oceny jakości przestrzeni w otoczeniu badanych odcinków drogi M-03.

Odcinek drogi	A	B	C
Punkty	2,65 punkty	1,85 punkty	2,85 punkty
Jakość przestrzeni przydrożnej	średnia	niska	średnia
Poziom bezpieczeństwa ekologicznego	potencjalnie niebezpieczny	niebezpieczny	potencjalnie niebezpieczny

Interpretując uzyskane wyniki, możemy stwierdzać, że na odcinku B drogi M-03 rozmieszczenie stanowiska monitoringowego jest konieczne, a na odcinkach A i C – rekomendowane.

#### 4. Wnioski

Przeprowadzona analiza problemów oraz możliwości zapewnienia bezpieczeństwa ekologicznego dróg na Ukrainie, pozwala stwierdzać, że sieć dróg samochodowych państwa ma znaczny wpływ na środowisko naturalne. Niestety, w obecnej sytuacji kraju nie uda się Ukrainie dołączyć do praktyki europejskich mechanizmów wspierających właściwą realizację działań w zakresie ochrony środowiska. Przyczyną tego może być brak ryzyka rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń transgranicznych, które byłyby negatywnym wynikiem funkcjonowania ukraińskiej sieci drogowej.

Podstawowym zadaniem w podnoszeniu poziomu bezpieczeństwa ekologicznego jest ustalenie jakości środowiska jako skutku oddziaływania całego okresu eksploatacyjnego obiektu. Źródłem takiej informacji może być system monitoringu ekologicznego. Zaproponowany przez autorów model matematyczny w wykorzystaniu sieci neuronowej w warunkach niepełnej i rozmytej informacji pozwala

oszacować ilościowo jakość przestrzeni w otoczeniu dróg. Opracowana probabilistyczna sieć neuronowa spełnia funkcję doradczą i ekspercką, wykorzystując wyniki biomonitoringowych badań jako kryterium oceny. Opracowany model pozwala określić poziom bezpieczeństwa ekologicznego dróg samochodowych, wskazać celowość rozmieszczenia stanowisk monitoringu ekologicznego, jak również umożliwia opracowanie wykazu działań z zakresu ochrony środowiska dla odcinków dróg, które stwarzają zagrożenia bądź są potencjalnie niebezpieczne dla środowiska naturalnego.

## Literatura

- [1] Кавтарадзе Д.Н. Автомобильные дороги в экологических системах / Д.Н. Кавтарадзе, Л.Ф. Николаева, Е.Б. Поршнева, Н.Б. Фролова. – М.: ЧеРо, 1999. – 240 с.
- [2] Экологическая безопасность транспортных потоков / Под ред. А.Б. Дьякова. – М.: Транспорт, 1998. – 178 с.
- [3] Автотранспортное загрязнение придорожных территорий / В.П. Подольский, В.Г. Артюхов, В.С. Турбин, А.Н. Канишев. – Воронеж: Изд-во Воронежского гос. ун-та, 1999. – 261 с.
- [4] Павлова Е.И. Экология транспорта. – М.: Транспорт, 2000. – 248 с.
- [5] Канило П.М., Бей І.С., Ровенський О.І. Автомобіль та навколишнє середовище. – Х.: Прапор, 2000. – 304 с.
- [6] Протяжність і характеристика автомобільних доріг загального користування України (станом на 01.01.2011). – К.: Укравтодор, 2013. – 7 с.
- [7] Програма Укравтодору з охорони навколишнього природного середовища на період 2008-2011 роки. – К.: Укравтодор, 2008. – 32 с.
- [8] Желновач Г.М. Аналіз втілення природоохоронних вимог при оцінці впливу автомобільної дороги на навколишнє середовище // Вестник ХНАДУ. – 2009. – Вып. 48. – С. 29–32.
- [9] Transport at a crossroads / TERM 2008: indicators tracking transport and environment in the European Union. – Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2009. – 56 p.
- [10] Decision № 1692/96/EC of the European Parliament and of the Council on Community guidelines for the development of the trans-European transport network. Official Journal L 228: [http://ec.europa.eu/transport/wcm/infrastructure/grants/2008\\_06\\_20/2007\\_tent\\_t\\_guidelines\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/transport/wcm/infrastructure/grants/2008_06_20/2007_tent_t_guidelines_en.pdf).
- [11] Richtlinien für die Anlage von Straßen / Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau Arbeitsausschuss. – Ausgabe, 2005. – 56 s.

---

## Neural networks applications for environmental safety assessment of roads in Ukraine

Vitalii Naumov<sup>1</sup>, Natalia Vnukova<sup>2</sup>, Ganna Zhelnovach<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Wydział Systemów Transportowych,  
Charkowski Narodowy Uniwersytet Samochodowo-Drogowy*

<sup>2</sup>*Katedra Ekologii, Wydział Budownictwa Dróg,  
Charkowski Narodowy Uniwersytet Samochodowo-Drogowy*

<sup>3</sup>*Wydział Budownictwa Dróg, Charkowski Narodowy Uniwersytet Samochodowo-Drogowy*

**Summary.** The analysis of problems and of approaches for ensuring the environmental safety of roads in Ukraine has been performed. The proposed mathematical model on the basis of neural networks allows numerical evaluation of quality of road area in the conditions of incomplete and fuzzy information. The proposed approach allows the determination of roads' environmental safety level, the indication of necessity for arrangement of environmental monitoring stations, and allows the development of a number of activities for environmental protection on the road sections as well.

**Keywords:** neural networks, environmental safety, roads, monitoring system.





## **Mosty Łucka - przeszłość i terażniejszość**

**Nosaliuk Nataliia<sup>1</sup> , Andreychuk Alexander<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Katedra Inżynierii Przemysłowej i Cywilnej, Wydział Budownictwa, Łucki Narodowy Uniwersytet Techniczny, e-mail: 1991-1991@ukr.net*

<sup>2</sup>*Katedra Dróg i Lotnisk, Wydział Budownictwa, Łucki Narodowy Uniwersytet Techniczny*

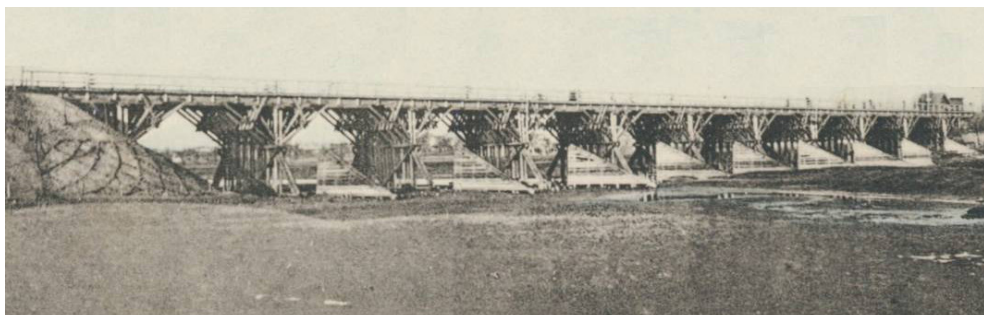
**Streszczenie:** Zagadnienia zrównoważonego rozwoju obejmują także działania utrwalające historyczny dorobek techniczny. Dziedzictwo historyczne daje bowiem odniesienia pomiędzy spełnianiem potrzeb rozwoju w przeszłości i określaniem trafności wyborów dróg rozwoju kiedyś a ocenianiem zasadności danych potrzeb rozwojowych współcześnie.

Łuck jest położony nad jedną rzeką - Styr. Kiedyś w Łucku płynęła jeszcze niewielka rzeka Głuszec, która zniknęła wskutek urbanizacji terenu. Szeroki Styr i niewielki Głuszec kształtowały środowisko transportowe, wyznaczając główne drogi przez miasto. Punktami węzłowymi były mosty. Zawieruchy wojenne sprawiły, że dziś jest trudno udokumentować historię mostów i przepraw z dawnych lat. Jednak moźół odtwarzania i archiwizowania pozostałości obiektów tworzy zbiór danych i informacji wypełniający luki w historii łuckiej inżynierii drogowo-mostowej.

**Słowa kluczowe:** mosty, remonty mostów, Łuck.

### **1. Wprowadzenie**

Z różnych przyczyn widok na zamieszczonym poniżej starym zdjęciu (rys. 1) jest dziś mało znany, a nawet można zaryzykować twierdzenie, że jest nieznanym szczegółem historii inżynierii mostowej w Łucku. Los mostów jest różny, nasuwa się porównanie do losów ludzkich. O starych mostach Kijowa i Lublina, które tak jak ludzie brały udział w wojnach, sukcesach, porażkach, przebudowach czy później ulegały zapomnieniu, napisali N. Nosaliuk i S. Karaś [1]. Na pewno ocalenie mostów od zapomnienia współczesnym uświadamia wymiar koniecznych bieżących działań, równocześnie napawając optymizmem w ich podejmowaniu.



Rys. 1. Most Kraśnieński w Łucku na karcie pocztowej sprzed drugiej wojny światowej [3].

Współczesne potrzeby Łucka w zakresie konstrukcji mostowych obrazuje poniżej prezentowane proste obliczenie. Zgodnie z wykazem Zarządu Nieruchomości Obwodu Wołyńskiego z 2013 roku liczba mostów drogowych wyniosła 57 (w 2010 były odpowiednio 52 obiekty) o łącznej długości 6,5 km, co daje wskaźnik:

$$W_w = \frac{6500}{57} \approx 114m \quad (1)$$

Dla porównania, odpowiednio na obszarze Ukrainy ten wskaźnik kształtuje 11 123 mosty o łącznej długości 642,9 km, co z kolei wyraża się następująco:

$$W_u = \frac{642900}{11123} \approx 57,80m \quad (2)$$

W Łucku (centrum Obwodu Wołyńskiego) jest 30 różnych mostów łączących brzegi rzek w 60 miejscach. Historyczny Łuck był usytuowany na wyspie wśród łęgów w zakolu Styru. Obecnie jest to obszar Starego Miasta. Od strony północnej wyspa była otoczona wodami starorzeczy Styru – Głuszcza Dużego oraz Głuszcza Małego. Obecnie starorzecza, tj. koryta prowadzące wody Dużego i Małego Głuszcza, zostały zasypane. Umiejscowienie Łucka na wyspie powodowało konieczność budowania wielu mostów. Dodatkowo, w sąsiedztwie płynęła rzeka Styreć, a łąkowymi terenami pomiędzy Styrem a Stryciem biegł szlak na Dubno, który z czasem, w sensie technicznym, przekształcono w drogę. Łuck ze światem łączyły 3 główne mosty:

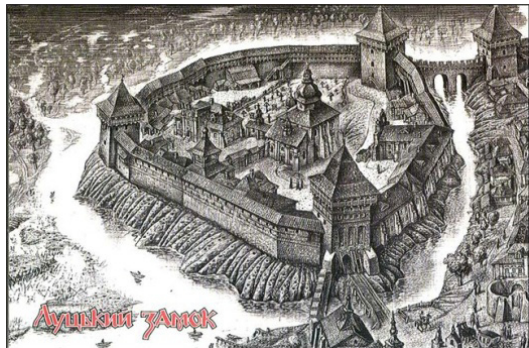
- Miejski most przez Styry,
- Ziemski przez Styreć w kierunku dzielnicy Łucka Gnidawa,
- Bratski most nad Głuszcem.

Odrębną, zamierzchłą historię wiąże się z dwoma zamkowymi mostami zwozonymi. Zamek był z trzech stron otoczony wodami Styru, z czwartej strony wodami rzeki Głuszec. Prawdopodobnie Głuszec był rodzajem fosy, którą w zależności od potrzeb wypełniano wodą ze Styru.

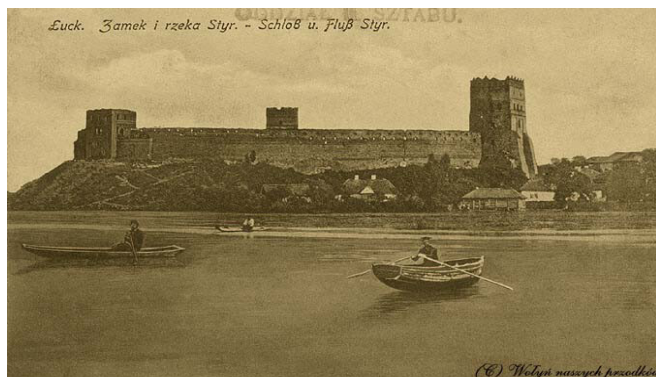
Mosty zamkowe nie istnieją od dawna. Były to:

- most prowadzący do bramy wjazdowej do zamku Lubarta,
- most wiodący do bramy Wratowej zamku okolnego.

Lokalizację tych mostów można odtworzyć na podstawie rycin przedstawiających zamek (rys. 2-7) [2].



Rys. 2-3. Ryciny zamku Lubarta w Łucku[4].



Rys. 4. Zamek Lubarta od strony Styru na niemieckiej pocztówce.



Rys. 5. Zdjęcie z Google Map – stan obecny Zamku Lubarta.



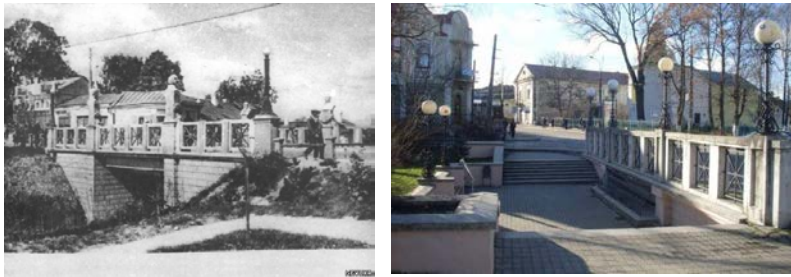
Rys. 6-7. Zamek Lubarta, Brama Wjazdowa.



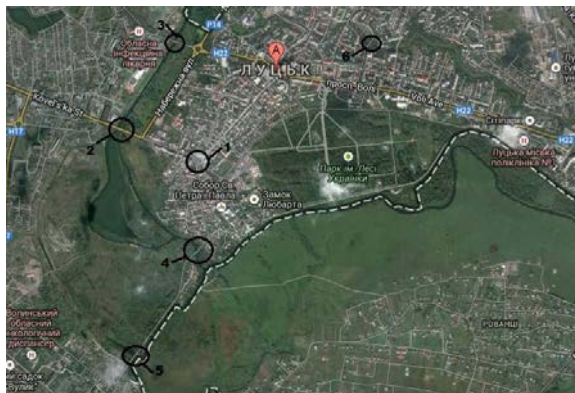
Łucki zamek był rezydencją władcy księstwa Halicko-Wołyńskiego, przejściowo posiadającego status państwa. Duży Łucki most był drewniany, mierzył 700 m. Remont tego mostu przeprowadzali: książę, państwo i szlachta. Most był posadowiony na wysokich dębowych palach, górą związanych balami drewnianymi. **Most Gnidawski** nad Styrem łączył Zaporze i Stare Miasto. W czasach radzieckich został zbudowany nowy most żelbetowy, już w innym miejscu, natomiast stary, drewniany obiekt po prostu zniknął.

W czasach książęcych **Głuszecki (Bratski) most** był strategicznym oraz najdłuższym mostem w Łucku. Łączył wyspy z górzystym międzyrzeczem, którym wiodł szlak handlowy ze Wschodu na Północ. Właśnie w tym kierunku rozrastał się Stary Łuck. Pierwsza informacja o moście pochodzi z XV wieku. W 1924 roku w miejsce istniejącego starego mostu wybudowano nową żelbetową konstrukcję. Mostowi nadano imię polskiego króla **Kazimierza Wielkiego**. Na nim umieszczono cztery popiersia polskich działaczy kultury i nauki: poety Juliusza Słowackiego, pisarza i malarza Józefa Kraszewskiego, uczonego oraz aktywnego działacza oświatowego Tadeusza Czackiego oraz laureata nagrody Nobla, pisarza Henryka Sienkiewicza. Po drugiej wojnie światowej most Kazimierza zrównano z ziemią i w tym miejscu utworzono duży plac z rondem [2].

Obecnie **mostowi Bratskiemu** dano drugie życie - w dużej części został on odtworzony od fundamentów. Obecnie w jego sąsiedztwie znajduje się teren rekreacyjno-parkowy z ławkami do odpoczynku (rys. 8-9).



Rys. 8-9. Most Bratski (XX w.) [6], Plac Most Bratski (XXI w.).



Rys. 10. Zdjęcie z Google Map – stan obecny: 1. Plac Most Bratski, 2. most na ulicy Kowelskiej, 3. most na ulicy Szewczenki, 4-5. mosty na ulicy Gnidawskiej, 6. most na ulicy Chopina.

## 2. Czasy radzieckie i współczesność

W czasach radzieckich w Łucku wybudowano mosty żelbetowe. Są one eksploatowane do dzisiaj. W większości ulokowano je w ciągach dróg miejskich; łączą brzegi głównej arterii wodnej – rzeki Styr (rys.11-12). Na zamieszczonych poniżej zdjęciach Styr jawi się jako spokojna, łagodnie rozlana rzeka, podczas gdy w rzeczywistości jest dość kapryśna. Nawet w ciągu doby następowały nagłe zmiany poziomu lustra wody, co komplikowało pracę zlokalizowanych tam wytwórni materiałów budowlanych. Badania geologiczne wykazały, że dno Styru jest kamieniste, zbudowane z bazaltu. Podczas prac fundamentowych konieczne było przejście przez warstwę zwietrzałego bazaltu o miąższości około 4 m. Posadowienie na palach wymaga stosowania technologii pali wierconych, zamiast tradycyjnych wbijanych [5].



Rys. 11-12. Rzeka Styr. W tle most w ciągu ul. Szewczenki.

Najdłuższymi mostami Łucka są obiekty na ulicach Kowelskiej (rys. 13-14) i Szewczenki (rys. 15-16). Ich długość jest jednakowa, wynosi po 169 m. Zostały wzniesione odpowiednio w roku 1957 i 1964. Most na ulicy Szewczenki remontowano w latach 2012-2013.



Rys. 13-14. Most na ulicy Kowelskiej.



Rys. 15-16. Most na ulicy Szewczenki.

Trochę mniejszy jest most przez rzekę Styr w ciągu ulicy Gnidawskiej, jego długość wynosi 150,4 m (rys. 17-18). W przypadku tego obiektu remont wykonano w roku 2011.



Rys. 17-18. Most na ulicy Gnidawskiej.

Most na ulicy Karpenka-Karego ma długość 150 metrów i szerokość 15 m. Wybudowano go w 1980 roku. W momencie otwarcia był siedemnastym mostem w Łucku i najdłuższym.

Najstarsze i najkrótsze mosty centrum obwodowego znajdują się na ulicach Gnidawskiej (rys.19-20) oraz Chopina (rys.20-21). Długość pierwszego z nich wynosi 51,18 m, natomiast drugiego – 35,92 m. Zostały wybudowane odpowiednio w 1960 i 1957 roku.



Rys. 19-20. Most na ulicy Gnidawskiej.





Rys. 20-21. Most na ulicy Chopina.

Podstawowym problemem utrzymaniowym mostów w Łucku jest cząstkowy zakres ich remontów. Przy tym większość prowadzonych prac ogranicza się do regeneracji nawierzchni drogowej (naprawa szwów) oraz układania nowych powłok malarskich na balustradach. Systematycznie są malowane wyłącznie balustrady i betonowe krawężniki wzdłuż jezdni, natomiast nie wykonuje się renowacji i remontów belek ustrojów nośnych.

Cząstkowość remontów oznacza także, że przed układaniem nowych warstw farby nie dokonuje się drobnych napraw elementów betonowych, ponieważ wiąże się to ze stosowaniem kosztownych tynków zagranicznej produkcji.

W mediach łuckich często pojawiają się informacje o niedostatecznym stanie konstrukcji mostów, co nie dziwi, potwierdza tylko znane mieszkańcom i przez nich dostrzegane zdegradowane fragmenty.



Rys. 22-23. Korozja żelbetowych płyt chodnikowych mostu na ulicy Roweńskiej.

Wiadukt na jednej z głównych ulic Łucka, na ulicy Roweńskiej, został zbudowany w 1971 roku. Jego długość wynosi 244,2 m. Obecnie na chodniku tego mostu w wielu miejscach jego betonowe płyty uległy wykruszeniom, odsłaniając pręty zbrojenia (rys. 22-23). To oznacza, że zbrojenie płyt chodnikowych jest narażone na oddziaływania środowiskowe. Skutki tego są łatwe do przewidzenia. Nastąpi rozwój korozji stali zbrojeniowej, dalsza korozja i wykruszenia betonu, a te zniszczenia będą postępowały w szybkim tempie.

Mosty w Łucku wymagają remontów kapitalnych obejmujących podpory, umocnienia stożków, ustroje nośne, wsporniki chodnikowe, balustrady, montaż barier. Niestety, taki zakres prac utrzymaniowych i naprawczych nie miał miejsca od dziesięcioleci. Jedną z głównych tego przyczyn są bardzo duże koszty takich prac. Na przykład cena pojedynczej belki prefabrykowanej o długości 33 m waha się w granicach 400 000 - 500 000 hrywien. Ponadto należy uwzględnić koszty transportu, gdyż są one produkowane w zakładach w Kijowie lub w Dniepropetrowsku. Cenę transportu szacuje się proporcjonalnie do odległości wynoszącej odpowiednio 400 lub 850 km. Z kolei metr sześcienny chodnikowego prefabrykatu żelbetowego sięga 3000-4000 hrywien. Szacuje się, że w przypadku kapitalnego remontu jednego łuckiego mostu na prospekcie Peremogy lub ulicy Róweńskiej, bez wymiany głównych elementów nośnych, koszt wyniesie 10-20 milionów hrywien.

Koszty są więc znaczne. Jednak skutki potencjalnych awarii będą oczywiście jeszcze wyższe. Jest zatem racjonalnym podejściem niedopuszczające do takiej sytuacji. Stan mostów musi być systematycznie i planowo rozpoznawany, umożliwiając szybką reakcję zapobiegającą pojawieniu się nieodwracalnych procesów destrukcji w głównych elementach nośnych konstrukcji.

Należy również przykładać wagę do prawidłowej eksploatacji obiektów mostowych. W Łucku, jak i w większości miast Ukrainy, stale wzrasta ilość pojazdów ciężkiego transportu. Dużych problemów przysparzają ponadnormatywne przewozy ładunków, przeciążające główne elementy konstrukcyjne mostów.

W ukraińskich normach projektowania mostów termin „długowieczność” nie figurował w ogóle do 2006 roku. Dopiero po przyjęciu DBN B.2.3 - 14 – 2006 został normatywnie przyjęty okres użytkowania głównych elementów nośnych mostów żelbetowych. Obecnie przyjmuje się, że jest to 100 lat [7]. W 2009 roku czas pracy dla prefabrykowanych i prefabrykowano-monolitycznych mostów żelbetowych obniżono odpowiednio do 70 i 80 lat [8]. Taki okres dotyczy mostów, które były zaprojektowane zgodnie z obowiązującymi normatywnymi dokumentami. W krajach Unii Europejskiej okres pracy mostów żelbetowych wynosi 100 lat [9]. Należy zaznaczyć, że w literaturze technicznej można znaleźć wyniki badań potwierdzające inne, alternatywne okresy użytkowania.

W przypadku Ukrainy średni termin użytkowania mostu żelbetowego nie przekracza 45-50 lat [10]. Należy także podkreślić, że na Ukrainie w ciągu ostatnich 10 lat stale wzrasta liczba obiektów mostowych, które wymagają kapitalnego remontu lub innych zaawansowanych prac naprawczych spowodowanych nieprzestrzeganiem grafików planowych prac utrzymaniowych.

### 3. Zakończenie

Dobrym podsumowaniem będzie przywołanie wypowiedzi kierownika NAN Ukrainy B.J. Patona w przedmowie do pracy naukowej *Niezawodność i długowieczność mostów drogowych*, w której napisał: *Szczególnej aktualności nabierają pytania co do eksploatacyjnej pewności i długowieczności obiektów przez wyznaczenie ich technicznego stanu i pozostałej zdolności eksploatacyjnej oraz ustalania naukowo uzasadnionych terminów eksploatacji* [11].

Ocena technicznego stanu, wydłużenia zdolności użytkowej i długowieczności mostów drogowych jest bardzo ważnym zadaniem dla społeczeństwa. Badanie mo-

stowych konstrukcji w celu określenia ich stanu technicznego należy przeprowadzać zgodnie z właściwymi normami [12]. W przypadku mostów w Łucku aktualna pozostaje konieczność obserwacji głównych mostów służąca precyzyjnemu określeniu ich stanu technicznego.

## Literatura

- [1] Nosaliuk N., Karaś S. The bridges fate// Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Збірник наукових праць. – Рівне, 2012. – 575с.
- [2] Шафета П. Дороги стародавнього міста// газ. Радянська Волинь від 1 вересня 1985р.
- [3] Левчанівська І. Мій кольоровий Луцьк. – Луцьк: Волинська обласна друкарня, 2003. –60с.
- [4] Троневица П. Луцький замок. – Діксон, 2003
- [5] Залевський В. Міст через Стир//газ. Радянська Волинь від 16 серпня 1977р.
- [6] Левчанівська І. Луцьк у 50-х роках ХХ століття на світлинах Ірини Левчанівської. – Луцьк: Вид-во «Волинська обласна друкарня», 2003. – 108 с.
- [7] ДБН В.2.3 - 14 - 2006. Мости і труби. Правила проектування. Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства. - К., 2006.
- [8] ДБН В.1.3 - 22 - 2009. Мости і труби. Основні вимоги проектування. Мінрегіонбуд України. - К., 2009.
- [9] EN 1990:2002 Eurocode - Basis of structural design. European Committee for Standardization. Brussels: 2003.
- [10] Лантух-Лященко А.І / Лантух-Лященко А.І. // Транспортна Академія України: 20 років (1992 – 2012): зб. наук. праць. – К.: НТУ, 2012. – С. 39 – 59.
- [11] Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин// Зб. наук. праць; наук. керівник - академік НАН України Б.С.Патон. – К.: Інститут електрозварювання ім. С.О.Патона НАН України, 2006.
- [12] ДБН В.2.3 - 6 - 2009. Мости та труби. Обстеження і випробування: – К.: Мінрегіонбуд України, 2009.

## Bridges in Luck - Past and Present

Nosaliuk Nataliia<sup>1</sup>, Andreychuk Alexander<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Department of Industrial and Civil Engineering, Lutsk National Technical University,  
e-mail: 1991-1991@ukr.net*

<sup>2</sup>*Department of roads and airfields, Department of Construction and Design, Lutsk National  
Technical University.*

**Abstract:** This article is about bridges that existed in the past and currently used by residents and guests in Lutsk. Here are shown the rich history of bridges in Lutsk, and the importance of the existence of these structures in city. The main waterway is the river Stir now. About the river Glushets is resembled only a street with the same name. The article is a reviewed of archival documents, sometimes very modest, is used as a backdrop for modern bridges in Lutsk.

**Keywords:** Bridges, Bridge modernizations, Luck, Lubart Castle.