

KSZTAŁTOWANIE PRZEPUSTÓW PRZEZNACZONYCH NA PRZEJŚCIA DLA ZWIERZĄT

Sławomir Bajkowski, Urszula Witczak

Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Wstęp

Migracja zwierząt dziko żyjących jest procesem związanym z rozrodem, poszukiwaniem dogodniejszych siedlisk do bytowania, zmianą pór roku, lub konkurencją międzygatunkową na danym terenie. Rozprzestrzenianie się gatunku może odbywać się lokalnie, jak i na duże odległości. Do wielkich migrantów występujących na terenie Polski zalicza się wilka i rysia, przemieszczających się w ciągu życia na odległości kilkuset kilometrów. Dzik, jeleń, sarna, kuna leśna i lis przemieszczają się na kilkadziesiąt kilometrów, a odległości kilkunastu kilometrów pokonują: borsuk, zając i kuna domowa. Przekształcenia środowiska naturalnego, jakie nastąpiły pod wpływem działalności człowieka ograniczyły możliwość swobodnego rozprzestrzeniania się zwierząt. Wycinka lasów oraz intensywny rozwój rolnictwa spowodowały ubywanie naturalnych siedlisk dzikich zwierząt, a szybki rozwój infrastruktury komunikacyjnej doprowadził do fragmentaryzacji środowiska naturalnego na małe oddzielone od siebie „płaty” [MACKENZIE i in. 2002]. Spowodowało to zahamowanie procesów migracyjnych zwierząt oraz wymieranie poszczególnych populacji w wyniku niemożliwości kontaktu i wymiany genów. Jednak nie tylko izolacja „wysp”, ale i ich wielkość mają znaczenie dla funkcjonowania populacji, ze spadkiem areału bytowania maleje różnorodność gatunkowa zwierząt.

W przekształconym przez człowieka środowisku przetrwanie świata zwierząt gwarantują odpowiednie połączenia pomiędzy poszczególnymi „płatami”. Połączenia takie określa się pojęciem korytarzy ekologicznych, rozumiejąc przez to pasy o charakterze naturalnych siedlisk, stanowiące łączniki pomiędzy większymi siedliskami zwierząt. Najczęściej spotykanymi korytarzami ekologicznymi w polskim krajobrazie są ciągi zadrzewień śródpolnych oraz pasy roślinności, występujące wzdłuż koryt rzecznych. Odpowiednio zaprojektowane wodne konstrukcje drogowe, nawiązujące do szlaków migracyjnych zwierząt, przebiegających wzdłuż rzek i cieków mogą pełnić rolę pełnowartościowych połączeń w podzielonym przez sieć komunikacyjną krajobrazie.

Na szlakach migracyjnych zwierząt występują przeszkody pochodzenia naturalnego i antropogenicznego. Szlaki migracyjne wytyczone przez kolejne pokolenia żyjących na danym terenie zwierząt, nawiązują do istniejących od wielu lat

ciągów leśnych, śródpolnych pasów drzew oraz cieków wodnych z roślinnością porastającą wzdłuż ich brzegów. Bariery naturalne oraz sztuczne przeszkody, które powstały dawno, zwierzęta nauczyły się pokonywać, wybierając najkorzystniejsze odcinki do przejścia. Są to w większości przypadków trasy przebiegające w lokalnych obniżeniach terenu, osłonięte drzewami. Trudniejsze do zaakceptowania przez zwierzęta są powstające z roku na rok nowe obiekty komunikacyjne. Przeszkody te są trudne do przekraczania, często uniemożliwiają one korzystanie z dotychczasowych przejść, oraz utrudniają wybór nowych szlaków. W celu utrzymania ciągłości szlaków migracyjnych zwierząt, w miejscach gdzie krzyżują się one z ciągami komunikacyjnymi należy wykonywać specjalne konstrukcje pozwalające na swobodne przechodzenie zwierząt. Gdy jednocześnie z przechodzeniem zwierząt spełniają one inne funkcje, np. prowadzą wody cieku, określa się je „wodnymi przejściami zespolonymi” (WPZ) [KATALOG...2002]. Przy ich projektowaniu należy uwzględniać warunki hydrologiczne cieku i hydrauliczne przepawy oraz wymagania konstrukcyjne, krajobrazowe i przyrodnicze. Stawiane tym obiektom wymagania projektowe dotyczą utrzymania ciągłości i bezpieczeństwa ruchu pojazdów w okresach przepływu wód wezbraniowych, jak też swobodnego przechodzenia zwierząt. Konstrukcje te należą do przejść dolnych, a w zależności od wymiarów wolnej przestrzeni pod ustrojem nośnym wykorzystywanej przez zwierzęta, mogą to być przejścia [BAJKOWSKI, MARZYSZ 2004]:

- małe (dla płazów i gadów) – wykonywane w przewodach przepustów,
- średnie (dla małych i średnich ssaków) – pod małymi mostami, lub wzdłuż przewodów przepustów przelazowych,
- duże (dla dużych ssaków) – pod mostami.

W artykule przedstawiono analizy parametrów obliczeniowych wodnych przejść zespolonych. Głównym celem artykułu było zaproponowanie sposobu doboru parametrów obliczeniowych WPZ, gwarantujących prowadzenie wody, jak i bezpieczne przechodzenie zwierząt.

Warunki przepływu wód

Światło przepustów projektuje się na przepływ miarodajny o określonym prawdopodobieństwie występowania, którego wartość podaje ROZPORZĄDZENIE MTiGM [2000]. Prawdopodobieństwo przepływu miarodajnego zależy od klasy drogi, na której przepust jest budowany oraz od rodzaju obiektu. Do zwymiarowania przewodów przepustów służących wyłącznie do przepływu wody, wykorzystywany jest schemat obliczeniowy o swobodnym zwierciadle wody [UTRYSKO i in. 2000]. Taka forma przepływu występuje, gdy zarówno wlot, jak i wylot przepustu są niezatopione. Wymiary przepustów wodnych dobiera się w założeniu bezpiecznego prowadzenia wód, gwarantującego zachowanie zapasów bezpieczeństwa odnośnie wypełnienia rurociągu oraz przewyższenia korony drogi ponad poziom wody spiętrzonej. Warunki określone dla przepływu miarodajnego trwają jednak krótko i pojawiają się stosunkowo rzadko. W pozostałych okresach przepływy są zazwyczaj mniejsze od miarodajnego.

Poziom założenia ścieżek biegnących wzdłuż ścian przewodu, z których korzystają zwierzęta, wiąże się z przepływem, na który projektuje się koryto wewnętrzne. Przepływ obliczeniowy koryta wewnętrznego wg ROZPORZĄDZENIA MTiGM [2000], zaleca się przyjmować równy średniemu przepływowi z wielolecia.

Przejścia zlokalizowane wzdłuż tych koryt będą dostępne tylko wtedy, gdy w cieku wystąpią przepływy mniejsze, a co najwyżej równe przepływowi średniemu. Przepływy wyższe od średniego powodują znaczne ograniczenia migracyjne, zmuszając przyzwyczajone do korzystania z przejścia zwierzęta do poszukiwania innych dróg. Najczęściej korzystają one wtedy z przejścia nad ciągiem jezdnym, co stwarza zagrożenie dla ich życia i bezpieczeństwa ruchu pojazdów. Sposób określania przepływu miarodajnego do zwymiarowania koryta wewnętrznego, prowadzono kierując się kryterium jak najdłuższego okresu dostępności ścieżek dla zwierząt. W analizach wykorzystano krzywe sumowanych częstości czasów trwania przepływów oraz roczne hydrogramy przepływów.

Tabela 1; Table 1

Charakterystyki przepływu dla przekroju hydrometrycznego Wólka Mładzka dla okresu lat 1968–1981

Runoff characteristics for Wólka Mładzka gauging section for term of years 1968–1981

Lp No.	Rok Year	SQ (m ³ ·s ⁻¹)	WQ (m ³ ·s ⁻¹)	NQ (m ³ ·s ⁻¹)	Q60 (m ³ ·s ⁻¹)	T _{SO} (dni; days)	T _{SSQ} (dni; days)	T _{Q60} (dni; days)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1968	3,94	26,20	1,04	5,68	247	295	334
2	1969 ¹⁾	2,68	42,30	0,55	4,18	266	320	344
3	1970	5,61	62,90	1,13	7,30	284	277	304
4	1971	6,23	36,10	0,90	10,30	244	227	260
5	1972	4,06	19,60	1,02	5,62	238	290	331
6	1973	3,72	22,70	0,90	5,60	242	296	324
7	1974	6,49	52,90	1,65	10,20	276	252	283
8	1975	6,49	34,00	1,43	11,10	258	218	268
9	1976	2,76	15,90	0,71	3,60	240	336	354
10	1977	4,86	40,90	1,16	5,34	285	292	323
11	1978	6,00	39,20	2,04	9,20	251	201	283
12	1979 ²⁾	5,97	114,00	0,73	5,62	308	290	318
13	1980 ³⁾	5,01	40,80	0,92	6,80	263	262	313
14	1981	6,03	40,10	1,09	9,33	249	218	273

1) rok suchy; dry year

2) rok mokry; wet year

3) rok średni; medium year

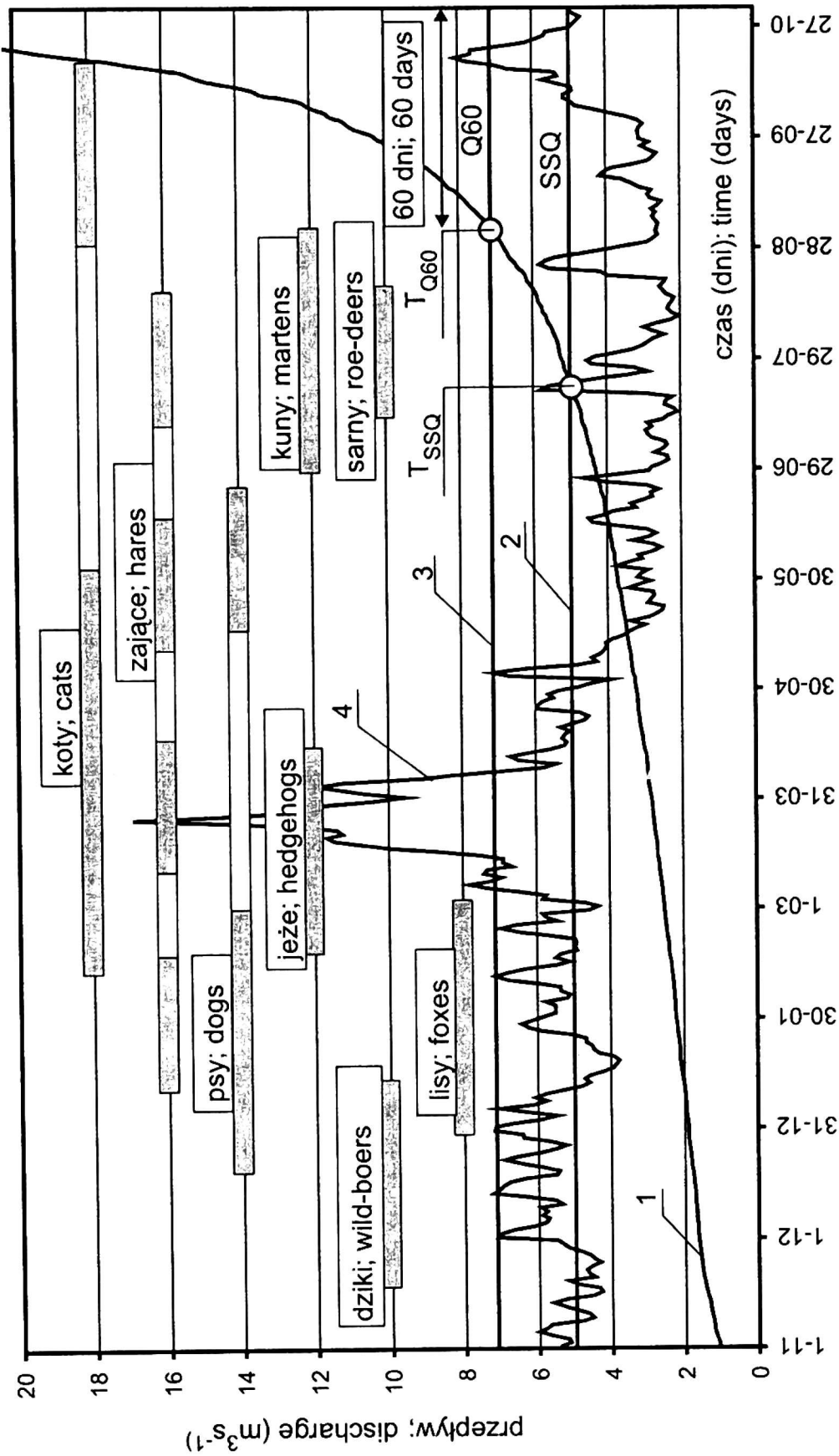
Przeprawy drogowe w formie przepustów wykonuje się w miejscach, gdzie trasa drogi przecina małe cieki, prowadzące wodę stale lub okresowo oraz na skrzyżowaniach tras z lokalnymi obniżeniami terenowymi (wąwozami, jarami), w których przepływ powierzchniowy wody nie występuje, lub zdarza się stosunkowo rzadko. W takich sytuacjach zlewnie zamykane przeprawą są niewielkie, a na przekraczanych ciekach nie są prowadzone ciągłe obserwacje hydrologiczne. Podstawowe przepływy charakterystyczne dla tych przekrojów oblicza się metodami analogii lub wzorami empirycznymi. Okresowe zmiany charakterystyk hydrologicznych małych rzek nizinnych, przebiegają w podobny sposób jak rzek większych w zlewniach, których te niewielkie cieki się znajdują. W prezentowanych anali-

zach wykorzystano dane archiwalne przepływów codziennych z okresu lat 1968–1981, dla przekroju hydrometrycznego Wólka Mładzka, położonego na rzece Świder w 14,8 km. W przekroju zamykającym badaną zlewnię o powierzchni 845 km² znajduje się most, położony na trasie Warszawa – Lublin. Trasa ta na odcinku Warszawa – Kołbiel przebiega wzdłuż wschodniej ściany Mazowieckiego Parku Krajobrazowego (MPK). Na występujących tam mostach i przepustach prowadzone są obserwacje zwierząt w celu określenia możliwości wykorzystania tych obiektów przez zwierzęta do przechodzenia pod ciążem jezdnym.

Przepływy charakterystyczne oraz czasy ich trwania wraz z niższymi, dla poszczególnych lat analizowanego wielolecia zestawiono w tabeli 1. Wybierając średni przepływ z wielolecia $SSQ = 5,0 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ za miarodajny do zwymiarowania koryta wewnętrznego przepawy, przejście byłoby dostępne dla zwierząt, w zależności od roku przez okres od 6 do 10 miesięcy. Okres korzystania z przejścia zależy od wielkości i rozkładu przepływów w ciągu roku. W roku suchym 1969 okres, w którym zwierzęta mogłyby przechodzić ścieżką wynosiłby 320 dni, a w mokrym ograniczyłby się do 200 dni.

W celu określenia przeciętnych warunków w analizowanym wieloleciu opracowano średnią krzywą sumowanych częstości trwania przepływów (krzywa 1 na rys. 1). Rzędne punktów tej krzywej określono jako średnie wartości przepływów z wielolecia o danym czasie występowania. Odzwierciedla ona przeciętne warunki występujące w przekroju hydrometrycznym. Czas trwania przepływu średniego SSQ wraz z wyższymi, w roku przeciętnym wynosi 102 dni. Oznacza to, że w roku przeciętnym koryto wewnętrzne przepustu zaprojektowane na przepływ SSQ , przez tyle dni będzie niedostępne dla zwierząt, a przez pozostałe 263 dni dostępne. Okres ten wyznacza odcięta punktu T_{SSQ} , przecięcia się krzywej 1 z poziomą prostą przepływu średniego z wielolecia (linia 2). Brak możliwości korzystania z przepustu przez ponad 3 miesiące, może być okresem zbyt długim dla niektórych gatunków zwierząt szczególnie, gdy pokrywa się on z okresami, wzmożonej intensywności migracyjnej. Przyjmowanie przepływu SSQ do zwymiarowania wewnętrznego kanału zdaje się być nie w pełni uzasadnione.

W przebiegu krzywych sumowanych częstości czasów trwania przepływów wyróżnia się obszar, w którym następuje znacząco duży przyrost przepływów przy jednoczesnym niewielkim skracaniu się okresów ich trwania. Za punkt ten można dla analizowanego przekroju hydrometrycznego przyjąć przepływ odpowiadający czasowi trwania równemu 60 dni (punkt T_{Q60} na rys. 1). Oznacza to, że przeciętnie przez dwa miesiące w roku wysokie stany wody zalewałyby przejścia, a przez pozostałą część roku przepływy mieściłyby się w wewnętrznym korycie przepustu, zapewniając swobodne przechodzenie zwierząt. Przepływ $Q60$ (linia 3 na rys. 1) w zależności od przyjmowanego roku waha się od $3,60 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ dla dolnej granicznej krzywej sumowanych częstotliwości czasów trwania przepływów, do $11,10 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ dla granicy górnej. Wykorzystując do zwymiarowania koryta wewnętrznego, przepływ 60-dniowy określony dla roku przeciętnego, wynoszący $7,10 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, znacznie wydłużyłby dostępność przejścia; w roku suchym z 320 do 344 dni, a w mokrym z 290 do 318 dni. Do przeprowadzenia przepływu $Q60$ należy jednak wykonać znacznie większe koryto wewnętrzne. Pomimo wyższych kosztów inwestycji takie rozwiązanie jest korzystniejsze ze względu na funkcjonowanie przejścia. Rozwiązaniem alternatywnym może być zastosowanie półek wspornikowych, które w znacznie mniejszym stopniu niż półki pełne ograniczają przekrój czynny przewodu.



- 1 krzywa sumarycznych częstości występowania przepływów; frequency discharge curve
- 2 przepływ średni; mean discharge
- 3 przepływ 60-dniowy; 60-days discharge
- 4 przeciętny hydrogram przepływów; average discharge hydrograph

Rys. 1. Krzywe hydrologiczne i okresy godów wybranych gatunków zwierząt
 Fig. 1. Hydrological curves and mating periods for some animals

Nie zawsze jednak warunki terenowe pozwalają na ukształtowanie wygodnego dojścia do ścieżek położonych na wspornikach. Ścieżki położone na półkach wspornikowych są mniej korzystne do przechodzenia. Zwierzęta łatwiej mogą wpaść do wody, a trudniej jest im z niej się wydostać. Takie konstrukcje są czasami jedynym sposobem wykonania przejścia w przepustach istniejących, ponieważ w małym stopniu ograniczają czynne pole przepływu wody i nie wymagają przebudowy całego przepustu.

Dla cieków niekontrolowanych wartość przepływu Q_{60} należałoby określać metodą analogii z wybraną zlewnią kontrolowaną, przeliczając go w stosunku do przepływu średniego i parametrów zlewni.

Lokalna migracja zwierząt kształtowana jest rocznym cyklem biologicznym. W największym stopniu zależy on od gatunku zwierząt, a szczególnie od cyklu rozrodczego (czasu godów, okresu ciąży i opieki nad potomstwem), miejsc żerowania i warunków bytowania w okresie zimowym. Stosunkowo dużą intensywność biologiczną zwierzęta zachowują w okresie rui.

Porównując hydrogramy przepływów z okresami nasilonej migracji, daje się wydzielić okresy w ciągu roku, w których dostępność przejścia pokrywa się ze wzmożoną ruchliwością życiową gatunków zwierząt występujących na badanym obszarze. Długości okresów dostępności ścieżek dla zwierząt zależą od hydrogramu analizowanego roku. Roczne zmiany przepływu w przekroju hydrometrycznym na przestrzeni wielolecia najbardziej odzwierciedla hydrogram roku przeciętnego. Na rysunku 1 zawierającym hydrogram przepływu roku przeciętnego (krzywa 4), naniesiono okresy godowe gatunków zwierząt występujących na terenie MPK, oraz linie odpowiadające wartości przepływu $SSQ = 5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (linia 2) i przepływu $Q_{60} = 7,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (linia 3).

Analogicznie do występowania dużych przepływów i stanów wód, niedostępność przejścia zaprojektowanego na SSQ przypada na okres zimy i pierwszą połowę wiosny. W tym czasie większość występujących na tym terenie gatunków zwierząt ma swoje gody. Dla ścieżek założonych na poziomie SSQ , przez blisko pół roku ścieżki migracji w obiekcie byłyby zalane. Spośród zwierząt dziko żyjących jedynie kuny, częściowo zające oraz rzadko migrujące przez przepusty sarny mogłyby przekraczać przepust podczas rui. Dla ścieżek założonych na poziomie przepływu SSQ , z przejścia w pierwszej połowie roku sporadycznie mogłyby korzystać: lisy, psy i zające. Znacznie dłużej w przeciągu roku byłoby dostępne przejście, dla którego koryto wewnętrzne zaprojektowane byłoby na przepływ Q_{60} . W pierwszym półroczu hydrologicznym, takie przejście byłoby dostępne dla większości zwierząt, prowadzących aktywny tryb życia w okresie zimy, a nawet dla budzących się wczesną wiosną jeży. Po wiosennych wezbraniach większość analizowanych gatunków zwierząt mogłaby swobodnie migrować przepustem.

Wnioski

1. Projektowanie wodnych przejść zespolonych dla zwierząt powinno opierać się o jednoczesne analizy przepływu wody oraz warunków przechodzenia zwierząt. W przepustach drogowych można projektować przejścia dla małych i średnich ssaków.
2. W przewodach wodnych przejść zespolonych należy wydzielić wewnętrzne

koryto do przeprowadzania przepływów średnich oraz ścieżki do przechodzenia zwierząt. Wymiary koryt wewnętrznych wskazane jest projektować jako hydraulicznie najkorzystniejsze. W doborze ich kształtu należy kierować się wymogami bezpiecznego przechodzenia zwierząt półkami założonymi na ich brzegach.

3. Przepływ obliczeniowy do zwymiarowania koryta wewnętrznego zaleca się określać indywidualnie, kierując się kryterium jak najdłuższego okresu dostępności ścieżek dla zwierząt. Przyjmowanie przepływu SSQ do wymiarowania tego koryta może, w niektórych przypadkach, prowadzić do wydłużania się okresów zalania wewnętrznych ścieżek wodą. Zaproponowany w artykule sposób określania przepływu obliczeniowego daje możliwość takiego doboru przepływu, aby zachowany był dopuszczalny ze względów projektowych możliwie jak najdłuższy w ciągu przeciętnego roku okres dostępności przejścia dla zwierząt.
4. W projektowaniu wodnych przejść zespolonych dla zwierząt, przyjmowanie współczynnika ciasnoty względnej za główne kryterium ich wymiarowania jest niewystarczające. Równocześnie należy zagwarantować minimalne szerokości i wysokości tych przejść. Wymiary przekroju poprzecznego przejścia, aby spełniało ono swoje funkcje, powinny być większe od wartości minimalnych zależnych od gatunku zwierząt.

Literatura

BAJKOWSKI S., MARZYSZ P. 2004. *Możliwości wykorzystania przepustów drogowych na przejścia dla zwierząt*. ACTA Scientiarum Polonorum, Architectura 3(2): 69–78.

KATALOG 2002. *Katalog drogowych urządzeń ochrony środowiska*. Załącznik do Zarządzenia Nr 58 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 19 kwietnia 2002 roku. Wyd. GDDKiA, Warszawa.

MACKENZIE A., BALL A.S., VIRDEE S.R. 2002. *Ekologia – krótkie wykłady*. Wyd. PWN, Warszawa: 396 ss.

ROZPORZĄDZENIE MTiGM 2000. *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 zmianami.

UTRYSKO B., DĄBKOWSKI SZ. L., SZUSTER A., JAWOROWSKA B., BAJKOWSKI S. 2000. *Światła mostów i przepustów. Zasady obliczeń z komentarzem i przykładami*. Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych. Warszawa: 161 ss.

Słowa kluczowe: przepusty drogowy, przejścia dla zwierząt

Streszczenie

W artykule omówiono zasady projektowania przepustów drogowych wykorzystywanych przez zwierzęta do przechodzenia pod drogami. Scharakteryzowano nowe tendencje w projektowaniu przepustów, uwzględniające ich walory przyrod-

nicze. Przejścia dla zwierząt prowadzące wody cieków nazywane są wodnymi przejściami zespolonymi. Na wstępie podano prawne wymagania dotyczące kształtowania wybranych elementów tych przejść. W przewodach wodnych przejść zespolonych występuje koryto dla wody średniej oraz półki dla zwierząt. Te dodatkowe elementy konstrukcyjne ograniczają przekrój przewodu wykorzystywany do przepływu wody. Projektowanie tych obiektów prowadzi się dla dwóch przepływów: pierwszego do zaprojektowania złożonego przewodu przepustu, drugiego dla prostego koryta wewnętrznego. Obliczeniowe natężenie przepływu koryta wewnętrznego należy dobierać w oparciu o analizy zachowania się występujących na danym obszarze gatunków zwierząt, mogących korzystać z przepustów do przechodzenia pod drogami.

FORMING OF CULVERTS DESIGNED AS PASSAGES FOR ANIMALS

Sławomir Bajkowski, Urszula Witczak

Department of Hydraulic Engineering and Environmental Recultivation,
Warsaw Agricultural University, Warszawa

Key words: road culverts, passages for animals

Summary

The principles of designing road culverts, utilized by animals for proceeding under roads were presented in the article. New trends in culverts designing, taking into consideration of their natural features, were characterized. Such passages are called water combined passages for animals. In admission the legal claims concerning forming chosen elements of these passages were given. The channel for water average discharge and shelves for animals, perform in the water combined passages. These additional elements limit section of pipeline for flow of water. These objects are designed on two computational flows: one for designing the culvert compound pipeline, second for simple internal channel. Computational discharge of internal trough belongs to select according analyses of behavior of the animals which live nearby the object and can use the culvert for coming under the road.

Dr inż. Sławomir **Bajkowski**

Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

ul. Nowoursynowska 166

02-787 WARSZAWA

e-mail: bajkowski@alpha.sggw.waw.pl