

AGATA JAŹDZIK-OSMÓLSKA¹⁾

PANDORA - VALUATION METHOD OF SOCIAL COSTS OF ROAD ACCIDENTS IN POLAND

PANDORA - METODA WYCENY SPOŁECZNYCH KOSZTÓW ZDARZEŃ DROGOWYCH W POLSCE

STRESZCZENIE. Tematem artykułu jest metoda wyceny społecznych kosztów wypadków i kolizji drogowych w Polsce, opracowana w Zakładzie Ekonomiki Instytutu Badawczego Dróg i Mostów. Koszty ekonomiczne, obok strat osobowych (wyrażonych fizycznymi ofiarami wypadków drogowych) oraz strat emocjonalnych (w postaci kręgu ofiar i ich bliskich cierpiących w największej mierze emocjonalnie), należą do podstawowej kategorii skutków zdarzeń drogowych. Wysoki udział tych strat w gospodarkach krajów (średnio w wysokości ponad 2% PKB) nadaje zagadnieniu wymiar problemu gospodarczego. Z kolei wyniki szczegółowej analizy struktury tych kosztów skłaniają do rozpatrywania procesu bezpieczeństwa w ruchu drogowym w szerszym kontekście, tj. nie tylko transportowym, ale i społecznym. Wśród społeczeństwa i decydentów brak pełnej świadomości odnośnie zagrożeń, wyrażonych stratami osobowymi i emocjonalnymi, jakie niesie ruch drogowy. Z tego powodu edukacja motoryzacyjna w aspekcie ekonomicznym może się okazać efektywna, ponieważ podejście monetarne jest jednym ze skuteczniejszych argumentów przemawiających na co dzień do wyobraźni każdego *homo oeconomicus*. Z kolei z pozycji działań na poziomie operacyjnym jednostkowe wyniki wyceny kosztów, w postaci wartości życia i zdrowia ofiar wypadków, są niezbędnym elementem wyceny opłacalności ekonomicznej inwestycji drogowych, opartej na analizie kosztów i korzyści społecznych uczestników ruchu. W związku z tym wybór metody wyceny kosztów społecznych, w tym ekonomicznych, zdarzeń drogowych jest kwestią zasadniczą i będącą od dawna przedmiotem studiów w dziedzinie ekonomiki transportu.

SŁOWA KLUCZOWE: koszty kolizji drogowych, koszty wypadków drogowych, metoda Pandora, metoda wyceny kosztów zdarzeń drogowych.

ABSTRACT. The article presents a valuation method of social costs of road accidents and collisions in Poland, which was developed in the Economic Division of Road and Bridge Research Institute. In addition to personal losses (expressed in physical victims of road accidents) and emotional losses (in relation to a victims' circle and their loved ones suffering mostly in the emotional way), the economic costs fall into a basic category of consequences of road occurrences. The high share of all these costs in the economy of countries (an average of over 2% of GDP), gives them the economic dimension of a problem. Moreover, the results of a detailed analysis of their structure convince that it is worth considering the process of road safety in a broader context, not just a transport one, but social as well. Dangers posed by road traffic and expressed as personal and emotional losses are still undervalued by a society and a governing body. That is the reason why the motorization education including the economic aspect can be effective: financial arguments appeal to the imagination of each *homo oeconomicus*. From the operational level, unit costs of accidents in the form of the value of life and health of victims, are an essential element of the economic viability valuation of road projects, based on an analysis of social costs and benefits of road users. For this reason the choice of valuation methods for socio-economic costs of occurrences is essential and that is why it has been the subject of research in the field of transport economics for a long time.

KEYWORDS: costs of road accidents, costs of road collisions, Pandora's method, valuation method of road occurrences.

¹⁾ Instytut Badawczy Dróg i Mostów w Warszawie; ajazdzik-osmolska@ibdim.edu.pl

1. WPROWADZENIE

Geneza metody wyceny kosztów zdarzeń drogowych w Polsce sięga 1993 roku, kiedy to została zapoczątkowana przez prof. Halinę Chrostowską²⁾. W środowisku drogowców dorobek prof. Chrostowskiej jest po dziś dzień szeroko znany i doceniany. Warto jednak przypomnieć, że rozwinęła ona na polskim gruncie zagadnienia ekonomiczne w drogownictwie i przetransponowała wiele rozwiązań mających na celu podniesienie efektywności w zarządzaniu inwestycjami drogowymi [1]. Opracowała między innymi metodę wyceny kosztów jednostkowych skutków wypadków drogowych w warunkach polskich [2]. Inspiracją tej metody były ówczesne trendy w ekonomice transportu i szacowaniu kosztów wypadków [3] poprzez wycenę strat kapitału ludzkiego w gospodarce, wyrażonego utraconym PKB na skutek śmierci lub trwałej bądź czasowej niepełnosprawności ofiary wypadku drogowego (tzw. metoda strat kapitału ludzkiego) [4]. Straty PKB w wyniku nadumieralności na skutek wypadków drogowych do dziś są podstawowym elementem wyceny kosztów drogowych metod opartych na kapitale ludzkim. Z czasem metodę strat kapitału rozszerzono (w miarę dostępności danych) o tzw. metodę restytucji [4, 5], czyli o szacunek bezpośrednio generowanych przez wypadki drogowe kosztów prac służb operacyjnych, administracyjnych, kosztów hospitalizacji, rehabilitacji ofiar wypadków drogowych, odszkodowań i świadczeń społecznych, zniszczenia mienia etc. Obecnie do komponentów podstawowej metody wyceny kosztów wypadków zalicza się [6]:

- a) straty ogólnospołeczne, takie jak:
 - wartość utraconej produkcji (PKB), w wyniku okresowej niezdolności do pracy lub trwałej utraty zdrowia czy śmierci, pomniejszone o niezrealizowaną konsumpcję,
 - kategorie kosztów operacyjno-administracyjnych (kosztów akcji ratowniczej, opieki medycznej, rehabilitacyjnej itp.),
- b) koszty indywidualne, w szczególności straty materialne w wyniku zniszczenia mienia.

1. INTRODUCTION

The method for valuation of road occurrences had its genesis in 1993 when it was initiated by Prof. Halina Chrostowska²⁾. Even today her wide-known achievements are appreciated by the environment of highway engineering. Certainly, it is worth recalling that she developed a lot of economic issues in Polish milieu and transposed to Poland many solutions aiming at improving the management effectiveness of highway investments [1]. Among other issues she worked out the valuation method for unit costs of road accidents in Polish conditions [2]. A source of inspiration for that method were contemporary trends in the transport economics and estimation of accident costs [3] by means of valuation of human capital losses to the economy, expressed through the lost GPD as a result of death or permanent or temporary disability of road accident victims (the so-called method of human capital losses) [4]. Even today GPD losses as a result of super-mortality due to road accidents are the basic element of the road cost valuation by applying methods grounded on the human capital. With the passing of time the method of capital losses has been extended (with the data accessibility) to include the so-called restitution method [4, 5], that is the estimation of activity costs of operational and administrative services, hospitalization costs, rehabilitation costs of road accident victims, compensations and social security benefits, costs of destroyed property etc., directly caused by road accidents. Currently, the following elements are included into the basic method for the cost estimation of road accidents [6]:

- a) all-social losses such as:
 - the value of the lost production (GPD), as a result of a temporary incapacity to work or a permanent loss of health or death, diminished by the lost consumption,
 - categories of operational-administrative costs (costs of rescue operations, medical attention, rehabilitation, etc.),
- b) individual costs, particularly material losses as a result of damaged properties.

²⁾ Prof. Halina Chrostowska (1926-1996) – wybitny naukowiec w dziedzinie ekonomiki drogownictwa, wieloletni pracownik IBDiM i kierownik Samodzielnej Pracowni Ekonomiki; autorka lub współautorka 120 publikacji i 5 książek mających kluczowe znaczenie dla polskiego transportu i drogownictwa.

²⁾ Prof. Halina Chrostowska (1926-1996) – an outstanding scientist in the field of highway engineering economics, the IBDiM's long-term employee, head of the Independent Laboratory of Economics, the authoress or co-authoress of 120 publications and 5 books of essential significance to the Polish transportation and highway engineering.

Warta podkreślenia jest duża trudność w pozyskiwaniu tych danych kosztowych. Z reguły opierają się one bardziej na szacunkach kosztów jednostkowych, aniżeli w rzeczywistości ponoszonych kosztach globalnych z tytułu pracy jednostek operacyjno-administracyjnych. Z problemem tym można się spotkać w wielu krajach [7]. Jako że założenia metodologiczne co do zakresu komponentów są uwarunkowane dostępnością danych, metody bywają tak silnie zróżnicowane, że wyniki wyceny są często nieporównywalne między krajami. W ciągu minionego dwudziestolecia w warunkach polskich udało się opracować dostęp do istotnej części danych wrażliwych oraz na podstawie badań własnych opracować szczegółowe założenia do metody kapitału ludzkiego i restytucji.

Obydwie wspomniane metody są najstarszymi metodami wyceny i nie uwzględniają oszacowania kosztów obniżenia jakości życia wśród ofiar i ich bliskich. Z punktu widzenia strat społecznych metoda kapitału ludzkiego i restytucji pozwala na wycenę kosztów ponoszonych przez całe społeczeństwo. Innego rodzaju straty ponoszą indywidualne, bezpośrednie ofiary zdarzeń drogowych oraz najbliższe ich otoczenie. Do najtrudniejszych pod względem wyceny strat należy utracone życie, ból i cierpienie, które zaliczają się do kategorii dóbr nierynkowych. Wycena wartości nierynkowych jest możliwa z zastosowaniem metody gotowości do zapłaty za określone dobro – metoda WTP (ang. *willingness to pay*)³⁾. Obecnie znanych jest co najmniej kilkanaście różnych metod szacowania ekonomicznych wartości nierynkowych, w tym obniżania ryzyka utraty zdrowia lub życia [8, 9]. Wyróżnia się wśród nich dwie kategorie metod, które najczęściej stosuje się do wyceny wartości życia: metody pośrednie oraz bezpośrednie. Do najczęściej stosowanych metod w zagadnieniach związanych z bezpieczeństwem ruchu drogowego należą metody bezpośrednie, a w szczególności metoda wyboru warunkowego.

W wyniku podejmowanych prac i analiz w zakresie wyceny skutków zdarzeń drogowych przez Zakład Ekonomiki IBDiM [10] zwrócono uwagę na potrzebę traktowania zagadnienia w kontekście silnie społecznym, z uwzględnieniem życia ludzkiego. Przyczyniło się to do prowadzenia prac badawczych nad szczegółową strukturą skutków ekonomiczno-społecznych wypadków i kolizji oraz rozważania zasadności sięgania do innych metod wyceny – dotyczących dóbr niematerialnych.

It is worth emphasizing that acquiring such cost data turns out to be a serious difficulty. As a rule, they are rather grounded on estimations of unit costs than really incurred global costs on account of activities of operational-administrative units. That problem occurs in many countries [7]. The methods are so strongly diverse since their methodological assumptions as for the scope of components are conditioned by the data accessibility. Consequently, estimation results from different countries are often incomparable with each other. Within the last twenty years the access to significant part of sensitive data has been worked out in Polish conditions. Moreover, the detailed assumptions of the method of human capital and restitution grounded on author's own researches have been made.

Both of the above mentioned methods remain the oldest estimation tools which do not take into account the reduced life's quality of victims and their next of kin. From a perspective of social losses the method of human capital and restitution enables the valuation of costs incurred by the whole society. Individual direct victims of traffic occurrences and people around them suffer from another type of losses. The lost life, pain and suffering that belong to the category of non-commercial values, are the most difficult to value. The valuation of non-market values is possible by applying the WTP³⁾ method assuming willingness to pay for a definite value. Currently, there are at least a dozen or so different well know methods for estimation of economic, non-market values, including the risk reduction of health or life loss [8, 9]. Two categories of methods are the most often applied to estimate life's values: direct and indirect methods. The later, particularly the method of conditional selection, are frequently employed in issues related to road traffic security.

As a result of researches and analyses carried out by the Division of Economics of IBDiM [10] attention has been paid to the need of treating the discussed issue in the definitely social context taking into consideration human life's values. Such a position has contributed to conducting researches on a detailed structure of economic and social effects of traffic accidents and collisions. It has played a part as well in considering the use of other methods for evaluation regarding non-material values.

³⁾ Metoda WTP jest stosowana w dwóch kategoriach gotowości: indywidualnej i społecznej.

³⁾ The WTP method has been applied for two categories of willingness, not only an individual, but also a social one.

2. METODOLOGIA WYCENY KOSZTÓW ZDARZEŃ DROGOWYCH W POLSCE - PANDORA

2.1. UWAGI OGÓLNE

Od roku 2012, kontynuując tradycję i korzystając z wieloletniego doświadczenia, Zakład Ekonomiki IBDiM w oparciu o metodę kapitału ludzkiego i restytucji przeprowadza coroczną wycenę kosztów społecznych wszystkich zdarzeń drogowych, jakie mają miejsce na polskich drogach [9]. Przeprowadzanej wycenie towarzyszą prace nad aktualizacją i rozwojem stosowanej metody, których potrzeba wyniknęła przede wszystkim ze zmieniających się dynamicznie modeli społeczno-ekonomicznych, zmiany parku samochodowego, zmiany struktury cen, w szczególności kosztów hospitalizacji⁴⁾. Rozszerzonej metodzie wyceny nadano nazwę Pandora i pod takim terminem jest ona przytaczana. Jednym z pierwszych elementów rozszerzenia metody była potrzeba objęcia wyceną wszystkich zdarzeń drogowych i uwzględnienie wartości kosztów kolizji drogowych. Kolejną kwestią było uwzględnienie w szacunkach tych kosztów operacyjnych i administracyjnych, które nie były dotąd uwzględniane, jak np. koszty więziennictwa, sądownictwa oraz wartości odszkodowań i rekompensat.

2.2. ZAŁOŻENIA DO METODY I DANE WEJŚCIOWE

2.2.1. Dane źródłowe

Stosowanie metody Pandora wymaga spełnienia dwóch podstawowych warunków:

- wycenie podlegają wszystkie zdarzenia drogowe, czyli zarówno wypadki, jak i kolizje drogowe⁵⁾,
- istotne jest wyodrębnienie wyników wyceny w postaci kosztów jednostkowych i całkowitych względem:
 - podziałów administracyjnych z uwagi na różnicowane między regionami czynniki społeczno-ekonomiczne,
 - lokalizacji zdarzeń drogowych z uwagi na rodzaj zabudowy,
 - kategorii uczestników ruchu w kontekście wyodrębnienia grup chronionych i niechronionych.

⁴⁾ Weryfikacja kosztów hospitalizacji była nader potrzebna z powodu wzrostu ciężkości skutków wśród ofiar.

⁵⁾ W wielu krajach dostępność i jakość danych ogranicza wycenę do szacunku wartości ekonomicznej jedynie wypadków drogowych.

2. PANDORA'S EVALUATION METHODOLOGY OF ROAD OCCURRENCES IN POLAND

2.1. GENERAL REMARKS

Since 2012 the Division of Economics of IBDiM, carrying on the tradition and making good use of many years' experience, based on the method of human capital and restitution, has carried out the annual valuations of all road occurrences that have taken place on the Polish roads [9]. Each of the carried out valuations has been accompanied by researches into revision and development of the applied method. In general, such works have been justified by the dynamically changing social-economic models, changes into the vehicle fleet, changes to structures of prizes, particularly costs of hospitalization⁴⁾. The extended method of valuation has been named after Pandora, and it has been quoted by this name. One of the first elements of the method extension was the need to provide all road occurrences with the valuation taking into consideration the values of costs of road collisions. The next question was taking into account those operational and administrative costs, that until then were not considered, e.g. the costs of prison system, judiciary, indemnities and compensations.

2.2. ASSUMPTIONS OF THE METHOD AND INPUT DATA

2.2.1. Source data

Two basic conditions must be met to apply the Pandora's method:

- all road traffic occurrences, i.e. both accidents and collisions, are subjects for valuation⁵⁾,
- it is essential to distinguish valuation results in the form of unit costs and total costs regarding:
 - administrative divisions on account of the social-economic diversity between regions,
 - location of road occurrences regarding the type of development,
 - categories of traffic participants in the context of distinguishing protected and unprotected groups.

⁴⁾ The verification of hospitalization costs has become necessary because of the dramatic effects which road accident have on their victims.

⁵⁾ In many countries the availability and data quality cut down the valuation to the estimation of economic value of road accidents.

Na podstawowe dane wejściowe, niezbędne do realizacji wyceny kosztów wypadków drogowych metodą Pandora, składają się:

- dane statystyczne o liczbie wypadków, kolizji oraz strat osobowych i materialnych; których źródłem jest policyjna baza danych o wypadkach i kolizjach drogowych SEWIK,
- dane statystyczne dotyczące liczby jednostek operacyjnych oraz godzin pracy funkcjonariuszy uczestniczących w usuwaniu skutków wypadków drogowych (policji, straży pożarnej, etc.), udostępniane przez Komendę Główną Państwowej Straży Pożarnej (KG PSP),
- elementarne koszty jednostkowe dotyczące wartości pracy jednostek operacyjnych i administracyjnych, na podstawie danych udostępnianych przez te jednostki (policja, straż pożarna etc.),
- dane statystyczne obejmujące liczbę sprawców zdarzeń drogowych odbywających kary w zakładach penitencjarnych, udostępniane przez Służbę Więzienną (SW),
- koszty jednostkowe utrzymania osób przebywających w zakładach penitencjarnych w oparciu o dane udostępnione przez SW,
- koszty jednostkowe hospitalizacji ofiar śmiertelnych oraz rannych pochodzące z danych udostępnionych przez Państwowy Instytut Zdrowia Publicznego,
- wartość i liczba odszkodowań oraz rekompensat w oparciu o dane z orzeczeń sądowych dotyczących zdarzeń drogowych,
- wysokość strat pracodawców na podstawie badania własnego, przeprowadzonego na reprezentatywnej próbie dla tej grupy społecznej.

Dla pozostałych danych, takich jak np. dane gospodarcze (wartość PKB, konsumpcja), wysokość zasiłku pogrzebowego, struktura i rynek wartości pojazdów, struktura strat materialnych etc., źródłem są informacje zawarte w raportach GUS, Ministerstwa Finansów, Zakładu Ubezpieczeń Społecznych, Komisji Nadzoru Finansowego, Polskiej Izby Ubezpieczeń oraz na podstawie analizy własnej rynku cen i wartości pojazdów. Za wyjątkiem wyników badań dotyczących strat pracodawców i kosztów hospitalizacji, które podlegają corocznej aktualizacji w oparciu o zmieniające się założenia makroekonomiczne, pozostałe dane wejściowe są zbierane rokrocznie.

The basic source data, essential for the completion of valuation of road accidents with the use of the Pandora's method, consist of:

- statistical data concerning the number of accidents, collisions, personal and material losses which originated from the police database SEWIK⁶⁾,
- statistical data concerning numbers of operational units and timetables of government functionaries taking part in removing the effects of road accidents (police, fire brigade, etc.), made available by KG PSP⁷⁾,
- elementary unit costs concerning the value of the work of operational and administrative units based on data made available by these units (police, fire brigade, etc.),
- statistical data including number of perpetrators of road occurrences who serve sentences in penal institutions, made available by SW⁸⁾,
- individual maintenance costs of persons staying in penal institutions, based on data made available by SW,
- individual hospitalization costs of fatalities and injured coming from data made available by the National Institute of Public Health-National Institute of Hygiene,
- values and number of indemnities and compensations based on data from court announcements regarding road occurrences,
- amount of employers' losses assessed by means of an individual investigation carried out on a representative sample for that social group.

Information included in reports of GUS⁹⁾, the Ministry of Finance, the Social Insurance Institution, the Polish Financial Supervision Authority, the Polish Insurance Association and other ones coming from author's individual analyses of the market of prices and vehicles' values, constitute a source for remaining data, such as e.g. economic data (the value of GDP, consumption), the level of funeral benefits, the structure and value market of vehicles, the structure of material losses, etc. All remaining input data are collected each year, except for research data concerning employers' losses and costs of hospitalization, which are subjects of annual updating based on changeable macro-economic assumptions.

⁶⁾ the Record System of Road Accidents and Collisions.

⁷⁾ the Polish abbreviation of HQ of the State Fire Brigade.

⁸⁾ the Polish abbreviation of the Prison Service.

⁹⁾ the Polish acronym of the Central Statistical Office of Poland.

2.2.2. Ograniczenia metody

W metodzie przyjęto następujące uproszczenia:

- założono, że policyjne statystyki rejestrują wszystkie zdarzenia, w wyniku których następują obrażenia ciała,
- nie uwzględnia się skutków przypadków zgonów, które nastąpiły po 30 dniach,
- pomija się utracone na skutek wypadku PKB osób najbliższych ofiarom,
- straty pracodawców nie są uwzględniane w kosztach całkowitych, tylko jako koszt odrębny,
- pomija się straty w infrastrukturze drogowej, mostowej i kubaturowej,
- pomija się spadek jakości życia oraz straty najbliższych (wartość życia ludzkiego).

2.3. METODOLOGIA

Zgodnie z [10] roczne koszty wypadków drogowych oblicza się według wzoru, osobno w obszarze zabudowanym i niezabudowanym:

$$KW = KZ + KR + KM, \quad (1)$$

gdzie:

KW – roczne koszty wypadków drogowych,

KZ – roczne koszty ofiar śmiertelnych,

KR – roczne koszty rannych,

KM – roczne koszty strat materialnych.

Algorytm szczegółowej wyceny kosztów wypadków drogowych opiera się na wymienionych wcześniej danych statystycznych dotyczących bezpośrednich skutków społecznych w postaci liczby zabitych i rannych oraz na wycenie kosztów jednostkowych oddzielnie dla ofiar śmiertelnych oraz ofiar ciężko i lekko rannych.

$$KZ = Str_{prod}^z + KL_{z30} + \sum_{i=1}^5 [(LZ_i^n + LZ_i^{30}) \cdot k_i^p], \quad (2)$$

gdzie:

KZ – roczne koszty ofiar śmiertelnych w PLN,

Str_{prod}^z – strata produktywności ofiar śmiertelnych w PLN,

KL_{z30} – koszty leczenia ofiar śmiertelnych w PLN,

LZ_i^n – liczba zmarłych na miejscu wypadku według grup wiekowych,

LZ_i^{30} – liczba zmarłych w czasie do 30 dni po wypadku według grup wiekowych,

2.2.2. Limitations of the method

Here are the simplifications adopted in the method:

- working on the assumption that police statistics register all road occurrences that result in injuries,
- deaths after 30 days from the date of accident are not taken into account,
- the lost GDP due to consequences of the accident to the situation of victims' next of kin is not considered,
- employers' losses are omitted in total costs, but regarded as a separate cost,
- losses to road, bridge and spatial infrastructures are not considered,
- the decrease in quality of life and losses of victims' next of kin are passed over (the value of human life).

2.3. METHODOLOGY

Basing on [10], annual costs of traffic accidents are calculated in accordance with the following formula, individually for built-up and non-built-up areas:

$$KW = KZ + KR + KM, \quad (1)$$

where:

KW – annual costs of road accidents,

KZ – annual costs of fatalities,

KR – annual costs of injured victims,

KM – annual costs of material losses.

The algorithm of a detailed cost valuation of road accident is grounded on the given above statistical data regarding direct social consequences in form of numbers of fatalities and injuries, as well as the valuation of unit costs separately for fatalities and both badly and slightly injured victims.

$$KZ = Str_{prod}^z + KL_{z30} + \sum_{i=1}^5 [(LZ_i^n + LZ_i^{30}) \cdot k_i^p], \quad (2)$$

where:

KZ – annual costs of fatalities in PLN,

Str_{prod}^z – productivity loss of fatalities in PLN,

KL_{z30} – treatment costs of fatalities in PLN,

LZ_i^n – number of victims who died on an accident spot according to age groups,

LZ_i^{30} – number of victims who died within 30 days after an accident according to age groups,

k_i^P – koszty pogrzebu.

Roczne koszty rannych oblicza się według płci, w obszarze zabudowanym i niezabudowanym, zgodnie ze wzorem:

$$KR = Str_{prod}^r + KL_{bc} + KL_c + KL_l + \sum_{i=1}^5 (LR_i^{bc} \cdot k_i^r \cdot TR_r), \quad (3)$$

gdzie:

KR – roczne koszty rannych,
 Str_{prod}^r – strata produktywności rannych,
 KL_{bc} – koszty leczenia bardzo ciężko rannych,
 KL_c – koszty leczenia ciężko rannych,
 KL_l – koszty leczenia lekko rannych,
 LR_i^{bc} – liczba bardzo ciężko rannych według grup wiekowych,
 k_i^r – koszt renty inwalidzkiej,
 TR_r – okres pobierania renty inwalidzkiej (średnio 10 lat).

Roczne koszty strat materialnych oblicza się według wzoru (osobno: w obszarze zabudowanym i niezabudowanym):

$$KM = K_{op}^{adm} + K_{op}^{med} + \sum_{i=1}^8 (LP_i \cdot k_i^P), \quad (4)$$

gdzie:

KM – roczne koszty strat materialnych,
 K_{op}^{adm} – koszty operacyjne związane z wypadkiem (policja, straż pożarna itp.),
 K_{op}^{med} – koszty operacyjne związane z wypadkiem (karetka pogotowia),
 LP_i – liczba uszkodzonych pojazdów według rodzaju (motocykle + motorowery, samochody osobowe, autobusy, samochody ciężarowe z przyczepą, samochody ciężarowe bez przyczep, samochody ciężarowe do przewozu osób i mikrobusy, ciągnik rolniczy z przyczepą, ciągnik rolniczy bez przyczepy),
 k_i^P – strata wartości uszkodzonych pojazdów według rodzaju.

Ponadto stosowanie wymienionych algorytmów jest warunkowane następującymi założeniami:

- dla ofiar śmiertelnych utracony PKB oblicza się jako iloczyn PKB na pracującego i potencjalnej liczby lat, w czasie których ofiara pracowałaby do wieku emerytalnego,

k_i^P – funeral expenses.

Annual costs of injuries, which are calculated according to sex, built-up and non built-up areas, can be determined by means of the following formula:

where:

KR – annual costs of the injured,
 Str_{prod}^r – productivity loss of the injured,
 KL_{bc} – treatment costs of the very badly injured,
 KL_c – treatment costs of the badly injured,
 KL_l – treatment costs of the lightly injured,
 LR_i^{bc} – number of the very badly injured according to age groups,
 k_i^r – costs of disability allowance,
 TR_r – time of receiving of a disability allowance (on average 10 years).

Annual costs of material losses are calculated (individually for built-up areas and non built-up areas) according to the formula:

$$KM = K_{op}^{adm} + K_{op}^{med} + \sum_{i=1}^8 (LP_i \cdot k_i^P), \quad (4)$$

where:

KM – annual costs of material losses,
 K_{op}^{adm} – accident-related operational costs (police, fire brigade, etc.),
 K_{op}^{med} – accident-related operational costs (ambulances),
 LP_i – number of damaged vehicles according to their type (motor-bikes + mini-bikes, motor-cars, buses, lorries with trailers, lorries without trailers, lorries for passenger transport and mini-buses, agricultural tractors with trailers, agricultural tractors without trailers),
 k_i^P – diminished value of damaged vehicles according to their type.

Additionally, the application of the mentioned algorithms is conditioned by the following assumptions:

- for fatalities the lost GPD is calculated as a product of GPD per an employee and a potential number of years when a victim would work up to the retirement age,

- niewykorzystaną konsumpcję oblicza się jako iloczyn PKB na mieszkańca przez wskaźnik spożycia i liczby lat konsumpcji do osiągnięcia średniej długości życia,
- w celu obliczenia utraconego PKB i niewykorzystanej konsumpcji wyróżnia się cztery kategorie wiekowe: wiek przedprodukcyjny, wiek produkcyjny mobilny, wiek produkcyjny niemobilny, wiek poprodukcyjny,
- dla rannych utracone PKB szacuje się tylko dla ofiar w wieku produkcyjnym,
- dodatkowo, do każdego z kosztów dodaje się średni koszt jednostkowy związany z usuwaniem skutków (koszty operacyjne i hospitalizacji), działaniami administracyjnymi, w tym więziennictwa (koszty administracyjne) oraz wydatki na odszkodowania i rekompensaty oraz straty materialne wynikające z uszkodzenia pojazdów uczestniczących.

2.4. WYNIKI

Metoda Pandora pozwala na określenie rocznych kosztów całkowitych oraz kosztów jednostkowych skutków społecznych wypadków i kolizji drogowych. Do grupy kosztów jednostkowych zaliczamy:

- koszt jednostkowy wypadków drogowych,
- koszt jednostkowy kolizji drogowych,
- koszt jednostkowy ofiary śmiertelnej oraz ciężko i lekko rannej na skutek wypadku drogowego,
- wartość jednostkowej straty materialnej w wyniku wypadku drogowego i kolizji drogowej.

Wartość kosztów jednostkowych wypadków i kolizji drogowych w Polsce w 2012 roku pokazano w Tabl.1. Według metody Pandora koszty wypadków i kolizji drogowych w Polsce w 2012 roku stanowiły 1,9% PKB i wyniosły razem 34,5 mld złotych. Względna szczegółowość danych wejściowych pozwala na oszacowanie, że około 30% tych kosztów ponoszą indywidualni sprawcy, a pozostałe 70% ponoszą wszyscy obywatele naszego kraju.

- the unused consumption is calculated as a product of GPD per an inhabitant, the consumption rate, and number of consumption years till reaching an average lifetime,
- four age categories are singled out in order to calculate the lost GPD and unused consumption: a pre-productive age, a mobile productive age, a non-mobile productive age, a post-productive age,
- for the injured the lost GPD is estimated only for victims at a productive age,
- additionally, an average unit cost related to removing consequences (operational and hospitalization costs), administrative activities including the prison system (administrative costs), indemnities, compensations, material losses aroused due to damages to participating vehicles.

2.4. RESULTS

The Pandora's method enables to determine annual total costs and unit costs of social consequences of road accidents and collisions. The group of unit costs includes:

- the unit cost of road accidents,
- the unit cost of road collisions,
- the unit cost of a traffic fatality and a serious or light injured victim as a result of road accident,
- the value of a unit material loss as a result of a road accident or traffic collision.

Table 1 presents values of unit costs of road accidents and collisions in Poland in 2012. According to the Pandora's method the costs constituted 1.9% of GDP and amounted totally to 34.5 milliard PLN. The relative detail of the input data enables to assess that about 30% of those costs were incurred by individual perpetrators, while the remaining 70% were paid by all Polish citizens.

Table 1. Unit costs of road accidents in Poland in 2012

Tablica 1. Koszty jednostkowe wypadków drogowych w Polsce w 2012 roku

Unit cost category / Kategoria kosztu jednostkowego	Unit cost in PLN in 2012 / Koszt jednostkowy w PLN w roku 2012
Unit cost of fatality / jednostkowy koszt ofiary śmiertelnej	2 471 000
Unit cost of very badly injured / Jednostkowy koszt ofiary ciężko rannej	1 093 000
Unit cost of slightly injured / Jednostkowy koszt ofiary lekko rannej	15 000
Unit cost of material losses / Jednostkowy koszt strat materialnych w wypadku	80 000
Unit cost of accident / Jednostkowy koszt wypadku drogowego	733 000
Unit cost of collision / Jednostkowy koszt kolizji drogowej	15 000

3. WNIOSKI

Monetarny wymiar skutków zdarzeń drogowych obliguje kraje do sukcesywnej ich wyceny i standaryzacji metodologii szacunków. Na świecie koszty zdarzeń drogowych stanowią od około 1,5 do ponad 2% PKB. Szacowanie kosztów związanych z wypadkami drogowymi jest problemem wszystkich krajów UE. Wynika to z różnych przyczyn, najważniejsze z nich to: niepełna rejestracja wszystkich zdarzeń, problem z dotarciem do danych, brak przepływu danych i informacji, różnice w definicjach wypadku i kategoriach skutków oraz różne metody wyceny dóbr nierynkowych.

W Polsce udział kosztów zdarzeń drogowych jest na poziomie blisko 2% PKB, co świadczy o wysokich stratach dla budżetu kraju z tytułu usuwania ich skutków. Z analizy składowych kosztów zdarzeń drogowych w Polsce metodą Pandora wynika ważny wniosek: wielkość tych kosztów stanowi istotny problem ekonomiczny naszego kraju, którego skutki pokrywane są z podatków wszystkich obywateli. Usuwanie tych skutków z kolei związane jest z zaangażowaniem wszystkich służb państwowych, od których zależy sprawne działanie państwa i bezpieczeństwo oraz zdrowie jego obywateli. Największy udział w kosztach zdarzeń drogowych w Polsce w 2012 roku miały koszty ofiar rannych (50%) i koszty ofiar zabitych (27%). Największy wpływ na wysokość skutków ekonomicznych poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego ma wielkość utraconej produkcji, a zaraz za tym straty materialne i kapitału ludzkiego oraz świadczenia rentowe wypłacane przez ZUS ofiarom wypadków drogowych.

Obecnie stosowana w Polsce metoda wykracza poza podstawowe elementy wyceny metodą strat kapitału i restytucji. Towarzyszą jej jednak pewne uproszczenia i ograniczenia, które wynikają z braku dostępności do wybranych danych. Należy pamiętać, że podstawą metody są dane zewnętrzne i od ich wiarygodności, jak w przypadku podstawowej informacji dotyczącej statystyk wypadkowych, zależy dokładność ogólnej wyceny. Dostępność i rzetelność bazy danych jest punktem wyjścia każdej metody, dlatego najważniejszą rekomendacją na przyszłość jest dbałość o podniesienie jakości tych danych podstawowych. Znaczącym ograniczeniem metody jest brak uwzględnienia wartości życia ludzkiego, której wycena wykracza poza stosowaną metodę. Z kolei dużym walorem metody jest szacunek strat pracodawców jako szczególnej grupy społecznej obciążanej skutkami ekonomicznymi stanu bezpieczeństwa ruchu drogowego w Polsce.

3. CONCLUSIONS

The monetary dimension of consequences of road occurrences obliges the states to their successive valuation and standardisation of estimation methodologies. Globally, costs of road occurrences make from nearly 1.5% to more than 2% of GDP. Basically, the valuation of costs related to road accidents remains the problem of all UE countries. It results from various reasons; the most significant of them are: incomplete registration of all occurrences, problems with data access, lack of data flow, differences in definitions of an accident and the categories of results, as well as different evaluation methods of non-commercial goods.

In Poland costs of road occurrences constitute almost 2% of GDP what signifies high losses to the state budget on account of eliminating their consequences. Using the Pandora's method a significant conclusion can be withdrawn from the analysis of component costs of road occurrences in Poland: the level of those costs makes a substantial economic complication of our country and its effects are being covered through taxes of all citizens. Eliminating such effects results in an involvement of all state services on which depend efficient activities and security of the state, as well as health of its citizens. In 2012 costs of the injured (50%) and fatalities (27%) constituted the highest share in costs of all road occurrences in Poland. The highest impact on the dimension of economic consequences of the road security level has the amount of production losses immediately followed by material and human capital losses, accompanied by social security benefits paid the victims of road accidents by ZUS¹⁰⁾.

The method currently used in Poland goes beyond the basic elements of valuation by applying the method of capital losses and restitution. However, it is accompanied by some simplifications and limitations resulting from the lack of access to selected data. Still, it should be remembered that external data make the base of it, so their creditability, as in case of essential information concerning statistics of accidents, determines the accuracy of the general valuation. The accessibility and accuracy of the information is a starting point of every method. That is why the most important recommendation for the future is to increase the quality of those basic data. Unfortunately, not taking into consideration the value of human life that cannot be estimated by means of that method, constitutes

¹⁰⁾ the Polish acronym of the Social Insurance Institution.

BIBLIOGRAFIA / REFERENCES

- [1] *Chrostowska H.*: *Ekonomika transportu drogowego*. WNT, Warszawa, 1984
- [2] *Chrostowska H.*: *Ocena efektywności ekonomicznej inwestycji drogowych i mostowych*. IBDiM, Warszawa, 1993-1998
- [3] HEATCO-Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment - Deliverable 5: Proposal for Harmonised Guidelines, 2005
- [4] *Van Essen H., Schrotten A., Otten M., Sutter D., Schreyer Ch., Zandonella R., Maibach M., Doll C.*: *External costs of transport in Europe. Update Study for 2008*. Report. CE Delft, Delft, 2011
- [5] *Korzhenevych A., Dehnen N., Bröcker J., Holtkamp M., Meier H., Gibson G., Varma A., Cox V.*: *Update of the Handbook on External Costs of Transport*. Final report. Ricardo-AEA, Issue Number 1, London, 2014
- [6] *Jażdżik-Osmólska A.M.* i inni: *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 TEN-T*. IBDiM, Warszawa, 2013
- [7] *Jażdżik-Osmólska A., Mitas A.*: *Metoda wyceny kosztów społecznych, w tym ekonomicznych, wypadków drogowych w Polsce w aspekcie BRD*. *Roads and Bridges - Drogi i Mosty*, **13**, 4, 2014, 379-391
- [8] *Jażdżik-Osmólska A.*: *Wartość życia ludzkiego: analiza porównawcza metod wyceny kosztów zdarzeń drogowych*. *Roads and Bridges - Drogi i Mosty*, **13**, 4, 2014, 321-336
- [9] *Fredrich F., Ricci A.* (et al.): *Calculating transport environmental costs*. Final report of the expert advisor to the high level group on infrastructure charging (working group 2), 1999
- [10] *Jażdżik-Osmólska A.* i inni: *Wycena ekonomiczna inwestycji drogowych i mostowych. Aktualizacja cen jednostkowych na poziomie 2011 roku*. IBDiM, Warszawa, 2012

its significant limitation. On the other hand, the estimation of employers' losses as a special social group being charged with economic effects of the road traffic security in Poland makes an outstanding value of that method.