

INSTYTUT BADAWCZY DRÓG I MOSTÓW

**Instrukcja oceny efektywności ekonomicznej
przedsięwzięć drogowych i mostowych
- weryfikacja metody badań
zgodnie z zaleceniami UE
oraz aktualizacja cen jednostkowych
na poziomie 2007 r.**

Umowa nr 17/9/07
z dnia 11 czerwca 2007 r.

Praca zespołowa pod kierunkiem
mgr Janiny Szrajber

WARSZAWA, marzec 2008

CZĘŚĆ I

METODA I PROCEDURA OCENY EKONOMICZNEJ

SPIS TREŚCI

WPROWADZENIE.....	2
OKREŚLENIA I DEFINICJE.....	3
ZASADY OGÓLNE	6
Schemat analizy efektywności ekonomicznej.....	7
Dyskontowanie i ceny	8
FORMUŁY OBLICZENIOWE DO ANALIZY EKONOMICZNEJ	9
Ekonomiczna wartość bieżąca netto <i>ENPV</i>	9
Wskaźnik korzyści - koszty <i>BCR</i>	10
Ekonomiczna wewnętrzna stopa zwrotu <i>EIRR</i>	10
ELEMENTY RACHUNKU EFEKTYWNOŚCI EKONOMICZNEJ I KOLEJNE KROKI OCENY EKONOMICZNEJ.....	11
Prognoza średniego dobowego natężenia ruchu.....	11
Prędkości podróży do analiz ekonomicznych	14
Uproszczona metoda szacowania wielkości ruchu na planowanych obwodnicach	16
Koszty drogowe	21
Koszty eksploatacji pojazdów	25
Koszty czasu w przewozach pasażerskich	26
Koszty czasu w przewozach towarowych	26
Koszty wypadków drogowych	27
Koszty emisji toksycznych składników spalin.....	28
Koszty użytkowników i środowiska	29
Analiza ekonomiczna kosztów i korzyści.....	30
Analiza wrażliwości.....	33
OCENA ANALIZY EKONOMICZNEJ.....	34
FORMULARZE	35

WPROWADZENIE

Przedmiotem instrukcji jest metoda i procedura oceny ekonomicznej przedsięwzięć drogowych i mostowych na sieci dróg krajowych.

Trafność i prawidłowość decyzji inwestycyjnych wiąże się ściśle z ekonomicznym kryterium ich oceny. Stosując scenariusze rozwoju sytuacji, wyniki rachunku ekonomicznego są niezbędne do oceny wariantów inwestycji. Proces opracowania analizy ekonomicznej i rachunku ekonomicznego powoduje konieczność identyfikacji oraz usystematyzowania nakładów i efektów oraz ich wyceny.

Do oceny efektywności ekonomicznej przedsięwzięć drogowych i mostowych przyjęto metodę analizy korzyści - koszty, uwzględniającą korzyści użytkowników analizowanej inwestycji i koszty drogowe (budowy, remontów, utrzymania).

Ponieważ zasoby przeznaczone na inwestycje publiczne są bardzo ograniczone, należy więc dokonywać porównawczego mierzenia efektywności wydatkowania środków pieniężnych na różne cele, ustalać priorytety oraz oceniać i wybierać warianty poszczególnych projektów inwestycyjnych.

Porównywalna ocena efektywności ekonomicznej wielu inwestycji drogowych i mostowych na sieci dróg krajowych umożliwia uszeregowanie postulowanych wielu inwestycji według wskaźników efektywności i wyznaczenie według nich kolejności (pilności ekonomicznej) realizacji przedsięwzięć. Do planu (programu) realizacji wprowadza się przedsięwzięcia od najwyższych wskaźników efektywności na liście proponowanych inwestycji aż do wyczerpania funduszu inwestycyjnego w dyspozycji.

Celem analizy ekonomicznej jest wybranie korzystniejszego rozwiązania, możliwego do realizacji w danym okresie. Wyboru tego dokonuje się na podstawie identyfikacji dwóch wariantów przedsięwzięć drogowych lub mostowych (wariant bezinwestycyjny, tj. stan istniejący i wariant inwestycyjny).

Przyjęta metoda analizy korzyści - koszty została opracowana dla gałęzi gospodarki, które nie produkują na rynek (usługi ich są nieodpłatne) i wobec tego jest ukierunkowana na mierzenie kosztów i korzyści społecznych, do których zalicza się: zmniejszenie kosztów eksploatacji pojazdów, zmniejszenie kosztów czasu w przewozach pasażerskich, zmniejszenie kosztów czasu w przewozach towarowych, zmniejszenie liczby wypadków i zmniejszenie uciążliwości dla środowiska.

W instrukcji szczegółowo opisano korzyści społeczne i procedury ich szacowania aby w efekcie finalnym, zgodnie z przedstawionym w pracy schematem obliczeń podać wskaźniki ekonomiczne.

OKREŚLENIA I DEFINICJE

1. Rachunek dyskontowy

Rachunek dyskontowy polega na sprowadzeniu do porównywalności wariantów o różnym rozkładzie czasowym nakładów i korzyści. Rachunek dyskontowy stosuje się do oceny efektywności ekonomicznej przedsięwzięć, zwłaszcza o wieloletnich okresach użytkowania.

2. Stopa dyskontowa

Stopa dyskontowa r jest to wysokość stopy oprocentowania bankowego, właściwej dla danego rodzaju zamierzenia. Stopa dyskontowa ma zasadniczy wpływ na wybór wariantu inwestycji, ponieważ wyraża maksymalny przyrost nakładów inwestycyjnych, który opłaca się ponieść w celu uzyskania określonych korzyści. Stopa dyskontowa staje się miarą rentowności (efektywności) nakładów inwestycyjnych w danych warunkach, a ponadto krańcową stopą zysku netto od kapitału.

3. Czynniki dyskontujący

Czynnik dyskontujący jest obliczany ze wzoru:

$$v_r = \frac{1}{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^t} \quad 1.$$

gdzie:

- v_r czynnik dyskontujący;
- r stopa dyskontowa w %;
- t kolejny rok okresu obliczeniowego.

4. Korzyści netto (*NV - Net Value*),

jest to suma nakładów netto i oszczędności¹⁾.

5. Ekonomiczna wartość bieżąca netto (*ENPV - Economic Net Present Value*),

jest wynikiem kalkulacji spodziewanego zysku lub straty netto poprzez dyskontowanie wszelkich przyszłych korzyści lub strat w stosunku do ich aktualnej wartości²⁾.

6. Ekonomiczna wewnętrzna stopa zwrotu (*EIRR - Economic Internal Rate of Return*),

jest stopą oprocentowania, przy której ekonomiczna wartość bieżąca netto korzyści spodziewanych z danej inwestycji równa będzie wartości nakładów.

Ekonomiczna wewnętrzna stopa zwrotu znana jest jako stopa zwrotu, uwzględniająca czynnik czasu, jest stopą dyskontową powodującą, że Ekonomiczna wewnętrzna stopa zwrotu jakiejś inwestycji równa się zeru.

Alternatywnym wyrazem *Ekonomicznej wewnętrznej stopy zwrotu* jest maksymalna stopa oprocentowania, jaką można by zapłacić instytucji finansującej pożyczkę na inwestycję (i spłacana przez okres trwałości inwestycji), aby osiągnąć próg rentowności. Osiągnięcie progu rentowności to sytuacja, w której aktualna wartość netto *ENPV* wynosi zero, lub gdy ekonomiczna wewnętrzna stopa zwrotu *EIRR* równa jest pożądanej stopie zwrotu.

¹⁾ zobacz wzory: 37, 38,

²⁾ zobacz wzory: 2, 3 i 5,

7. Wskaźnik efektywności (BCR - Benefit Cost Ratio; współczynnik korzyści – nakłady),

jest to stosunek zdyskontowanych oszczędności do zdyskontowanych nakładów w analizowanym okresie dla każdej stopy dyskontowej r oddzielnie.

8. Budowa

- a. drogi:
 - budowa nowej drogi,
 - dobudowa drugiej jezdni,
 - budowa obwodnicy miejscowości,
- b. mosty:
 - budowa nowego obiektu z drogami dojazdowymi.

9. Przebudowa (modernizacja)

- a. drogi:

przebudowa (modernizacja) drogi polega na wykonaniu robót, w wyniku których następuje podwyższenie parametrów technicznych i eksploatacyjnych istniejącej drogi:

- podwyższenie nośności nawierzchni (wzmocnienie),
- dostosowanie przekroju poprzecznego istniejącej nawierzchni do przekroju normatywnego,
- poszerzenie nawierzchni,
- dobudowa utwardzonych poboczy,
- zmiana przekroju poprzecznego nawierzchni w łukach i na krzywych przejściowych

- b. mosty:

przebudowa (modernizacja) mostu polega na podwyższeniu parametrów technicznych i eksploatacyjnych istniejącego mostu.

- przebudowa obiektów nietrwałych na obiekty trwałe,
- przebudowa obiektów trwałych nienormatywnych na obiekty trwałe normatywne (do szerokości, nośności itp., ustalonych dla danej klasy drogi).

10. Remont okresowy (odnowa)

- a. drogi:

remont okresowy (odnowa) polega na wykonywaniu robót przywracających pierwotny stan drogi, także przy użyciu wyrobów budowlanych innych niż użyte w stanie pierwotnym, z wyłączeniem robót konserwacyjnych, porządkowych i innych zamierzających do zwiększenia bezpieczeństwa i wygody ruchu, w tym odśnieżania i zwalczania śliskości zimowej. Remont okresowy wykonuje się, jeśli więcej niż 10% powierzchni jezdni wykazuje uszkodzenia.

- przywrócenie pierwotnej równości podłużnej i poprzecznej,
- przywrócenie pierwotnych właściwości przeciwpoślizgowych.

- b. mosty:

remont okresowy (odnowa) ma na celu przywrócenie pełnej wartości technicznej obiektowi mostowemu.

- wymiana uszkodzonych elementów konstrukcji,
- przywrócenie pierwotnych cech nawierzchni.

11. Remont cząstkowy

a. drogi:

remontem cząstkowym nawierzchni określamy zespół zabiegów technicznych wykonywanych na bieżąco, związanych z usuwaniem uszkodzeń nawierzchni zagrażających bezpieczeństwu ruchu, jak również zabiegi obejmujące małe powierzchnie, hamujące proces powiększania się powstałych uszkodzeń. Remontowi cząstkowemu podlegają odcinki dróg niewymagające remontu w podstawowych elementach konstrukcyjnych (nośność konstrukcji jest wystarczająca):

- łatanie nawierzchni,
- usuwanie drobnych uszkodzeń, pęknięć, złuszczeń i wykruszeń nawierzchni,
- usuwanie skutków przełomów,
- uszczelnienie nawierzchni.

b. mosty:

remonty cząstkowe dotyczą usunięcia uszkodzeń spowodowanych działaniem ruchu, warunkami atmosferycznymi i gruntowo-wodnymi oraz robót konserwacyjnych elementów konstrukcji:

- naprawa uszkodzonych poręczy,
- malowanie konstrukcji i urządzeń,
- naprawa rozmytych skarp,
- usuwanie drobnych uszkodzeń, pęknięć i wykruszeń nawierzchni.

12. Utrzymanie bieżące

a. drogi:

utrzymaniem bieżącym określamy roboty utrzymaniowe mające charakter robót ciągłych, wykonywanych w ciągu całego roku. Roboty utrzymaniowe mają charakter robót sezonowych. Zależnie od pory wykonania wyróżniamy roboty: wiosenne, letnie, jesienne i zimowe.

- pielęgnacja jezdni,
- czynności związane ze zwalczaniem skutków wysadzin,
- usuwanie zanieczyszczeń i walka z kurzem,
- walka z poceniem się nawierzchni bitumicznych,
- zapewnienie należytego odwodnienia,
- zabezpieczenie odcinków przełomowych,
- utrzymanie oznakowania pionowego i poziomego drogi,
- utrzymanie zieleni w pasie drogowym.
- utrzymanie zimowe.

b. mosty:

utrzymanie bieżące obiektów mostowych obejmuje drobne roboty konserwacyjne konstrukcji i nawierzchni oraz roboty porządkowe.

- oczyszczanie ścieków i urządzeń odwadniających,
- pielęgnacja nawierzchni jezdni i urządzeń.

ZASADY OGÓLNE

Do oceny porównawczej wielu postulowanych przedsięwzięć niezbędne jest zachowanie pełnej porównywalności między nimi. W tym celu określa się dane zmienne każdej inwestycji oraz dane stałe, stosowane w każdej indywidualnej ocenie przez wszystkich inwestorów i zarządy drogowe.

I. Dane zmienne:

- 1) **koszty drogowe**, w tym: koszty budowy, koszty przebudowy, koszty remontów okresowych, koszty remontów cząstkowych i utrzymania bieżącego,
- 2) **prognozy ruchu**, w tym: ruch istniejący, tempo wzrostu ruchu, prognoza (według składu ruchu obejmującego samochody osobowe, samochody dostawcze, samochody ciężarowe bez przyczep, samochody ciężarowe z przyczepami i autobusy),
- 3) **wskaźniki ryzyka wypadków** ⁵⁾ lub wskaźniki wypadkowości obliczone na podstawie zarejestrowanej liczby wypadków, występujące na odcinku lub skrzyżowaniu proponowanym do budowy lub przebudowy,
- 4) **lata realizacji inwestycji**.

II Dane stałe:

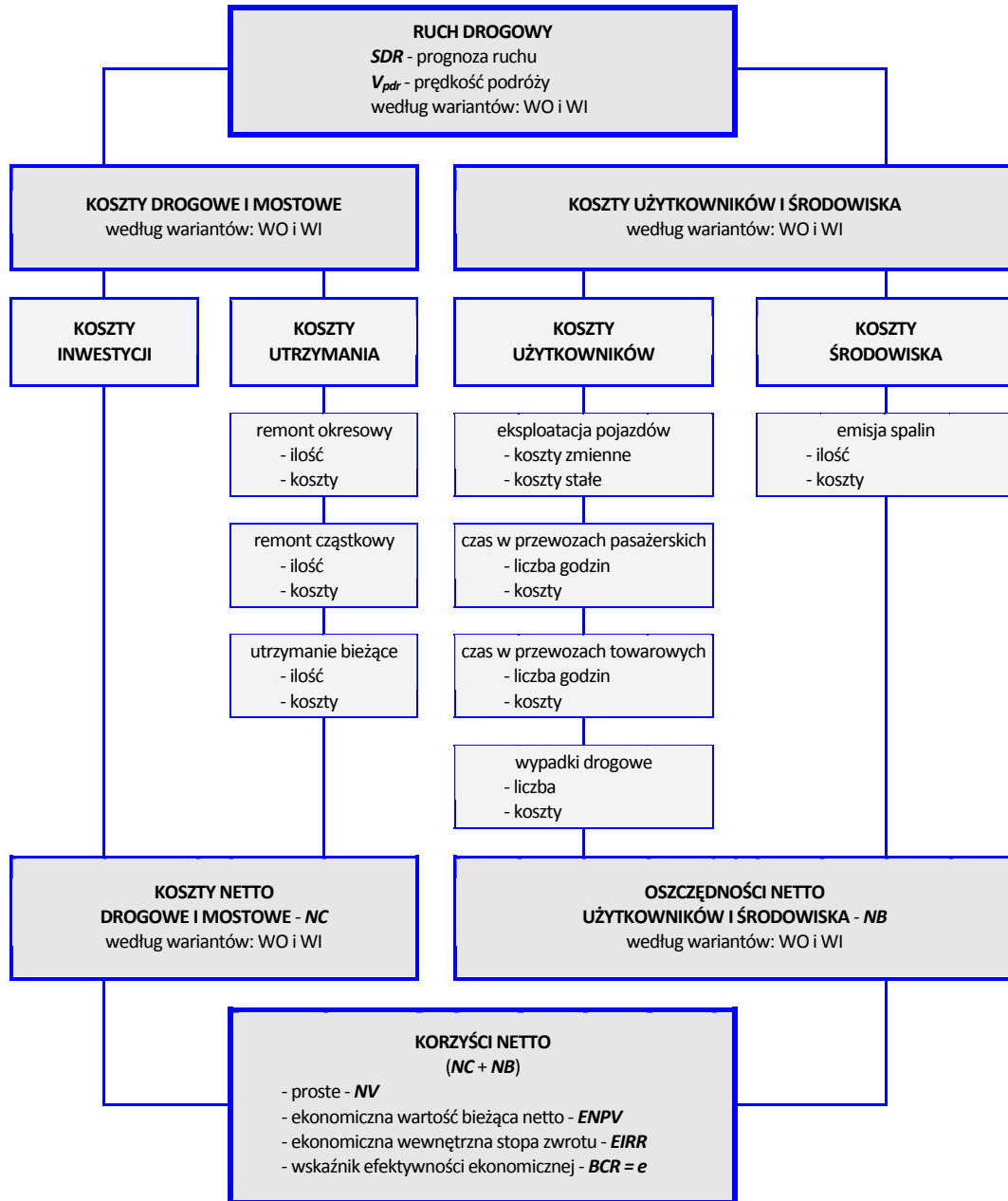
- 1) **okres analizy** – 25 lat od rozpoczęcia realizacji inwestycji. Przyjmuje się rok 2008 za rok bazowy; rok w którym kończy się proces przedinwestycyjny projektu (badania, dokumentacja i analizy). W przypadku inwestycji zaplanowanych do realizacji w późniejszym okresie niniejsza instrukcja może być stosowana wyjątkowo po konsultacji z przedstawicielem GDDKiA (dotyczy wydłużenia okresu analizy i związanych z tym przeliczeń kosztów drogowych i kosztów użytkowników),
- 2) **jednostkowe koszty eksploatacji**: samochodów osobowych, samochodów dostawczych, samochodów ciężarowych bez przyczep, samochodów ciężarowych z przyczepami i autobusów [PLN/poj.km], zależnie od prędkości podróży,
- 3) **jednostkowe koszty czasu w przewozach pasażerskich**,
- 4) **jednostkowe koszty czasu w przewozach towarowych**,
- 5) **jednostkowe koszty wypadków**,
- 6) **wskaźniki ryzyka wypadków** na drogach o różnych cechach,
- 7) **jednostkowe koszty emisji toksycznych składników spalin**,

Podstawę analizy ekonomicznej stanowi identyfikacja dwóch wariantów robót drogowych i mostowych:

Wariant W0, tj. wariant bez robót inwestycyjnych lub modernizacyjnych, w którym muszą być przewidziane koszty remontów okresowych, remontów cząstkowych i utrzymania bieżącego drogi lub mostu. Przy wzrastających obciążeniach ruchem, według prognozy częstotliwość zabiegów wzrasta i okresy międzyremontowe są coraz krótsze.

Wariant W1, tzn. inwestycyjny, w którym określa się nakłady inwestycyjne do poniesienia w pierwszym i ewentualnie w następnych latach oraz koszty utrzymania odcinka nowego lub przebudowanego. W przypadku przejęcia ruchu z innego odcinka (np. miejskiego, gdy projektuje się obwodnicę miasta, lub budowę nowego mostu) uwzględnia się również koszty utrzymania i remontów drogi istniejącej odciążonej.

Schemat analizy efektywności ekonomicznej



Analizę ekonomiczną na sieci dróg przeprowadza się obliczając koszty oddzielnie dla każdego elementu sieci, a następnie wykonuje się obliczenia zbiorcze

Analiza ruchu nie stanowi elementu metody koszty - korzyści, bowiem są to tzw. dane wejściowe

Dyskontowanie i ceny

Realizacja i eksploatacja inwestycji drogowej wywołują strumień kosztów drogowych, tj. ponoszonych nakładów na inwestycję, remonty okresowe, remonty cząstkowe, utrzymanie bieżące, oraz strumień oszczędności (korzyści) użytkowników dróg i środowiska wynikających z polepszenia warunków drogowo-ruchowych, które co do wartości różnią się w czasie.

W pierwszym roku (lub i w dalszych latach) realizacji inwestycji ponoszone są tylko nakłady. W miarę rozwoju ruchu (ale po oddaniu inwestycji do eksploatacji) występują zwiększające się korzyści, w porównaniu z którymi nakłady na utrzymanie drogi są nieznaczne. Indywidualnie, społecznie jak i w organizacjach finansowych preferuje się oddalenie wydatków i jak najszybsze uzyskiwanie korzyści. Jeżeli analizuje się projekt inwestycyjny, to koszty i korzyści występujące w różnych latach wyraża się według ich wartości w roku odniesienia, którym jest rok wykonania analizy, a więc jako wartość zdyskontowaną. Można dyskontować osobno koszty i osobno korzyści a następnie sumować je algebraicznie, w wyniku czego otrzymujemy ekonomiczne wartości bieżące netto:

$$ENPV_r = NPB_r + NPC_r \quad 2.$$

gdzie:

$ENPV_r$ ekonomiczne wartości bieżące netto przy stopie dyskontowej r ,
 NPB_r zdyskontowane oszczędności użytkowników przy stopie dyskontowej r ,
 NPC_r zdyskontowane koszty drogowe netto przy stopie dyskontowej r .

czyli:

$$ENPV_r = \sum_{t=1}^n NB_t \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^t} + \sum_{t=1}^n NC_t \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^t} \quad 3.$$

gdzie:

NB_t oszczędności użytkowników w kolejnym roku t ,

NC_t koszty drogowe netto w kolejnym roku t ,

$\frac{1}{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^t} = v_r$ czynnik dyskontujący (wzór 1.),

n okres.

W niniejszej instrukcji przyjęto uproszczony sposób dyskontowania korzyści netto, jako sumy algebraicznej ($NV = NB + NC$), co przyspiesza obliczenia, a nie wpływa w znaczący sposób na wynik analizy.

Strumień rocznych wartości netto NV dyskontuje się przy różnych stopach dyskontowych r , aby za pomocą metody iteracji określić aktualne wartości netto (korzyści zdyskontowane netto) i ustalić w ten sposób stopę dyskontową r , która odpowiada ekonomicznej wewnętrznej stopy zwrotu **EIRR**.

EIRR jest stopą dyskontową, przy której ekonomiczne wartości bieżące netto $ENPV_r$ są równe zero, czyli nakłady poniesione na inwestycje pokrywają przyszłe korzyści z niej wynikające, a zysk będzie równy zero.

W całym okresie analizy należy przyjąć ceny stałe. Koszty budowy (lub przebudowy) podajemy bez podatku od towarów i usług VAT

FORMUŁY OBLICZENIOWE DO ANALIZY EKONOMICZNEJ

Wzory rachunku efektywności ekonomicznej oparto na zasadzie porównania kosztów i korzyści w badanym okresie, z zastosowaniem rachunku dyskontowego do różnicy tych elementów. Przyjęto oznaczenia międzynarodowe.

Ekonomiczna wartość bieżąca netto *ENPV*

Podstawowym wzorem rachunku efektywności ekonomicznej jest wzór:

$$ENPV_r = \sum_{t=1}^n \frac{NB_t + NC_t}{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^t} \quad 4.$$

gdzie:

$ENPV_r$ ekonomiczna wartość bieżąca netto (zdyskontowany zysk netto lub zdyskontowana korzyść netto przy stopie dyskontowej r) z inwestycji; 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 %.

Wartość $ENPV$ stanowią zdyskontowane oszczędności uzyskane w wyniku realizacji inwestycji, po pomniejszeniu ich o zdyskontowane nakłady inwestycyjne i remontowo-utrzymmaniowe dróg netto.

Jeżeli $ENPV$ danego projektu inwestycyjnego jest dodatnie, to projekt jest efektywny, gdyż oznacza to, że zdyskontowane oszczędności przewyższają zdyskontowane koszty netto (a przy $ENPV = 0$ oszczędności są równe kosztom).

Koszty drogowe C_t obejmują koszty: budowy c_b (lub przebudowy c_m), remontu okresowego c_o , remontu częściowego c_r oraz utrzymania bieżącego c_u :

$$C_t = c_b + (c_m) + c_o + c_r + c_u \quad 5.$$

Koszty użytkowników drogi i środowiska B_t obejmują koszty: eksploatacji pojazdów samochodowych b_e , czasu w przewozach pasażerskich b_c , koszty czasu w przewozach towarowych b_t , koszty czasu w transporcie b_{ct} , koszty wypadków drogowych b_w i koszty emisji toksycznych składników spalin b_s , wariantach: bezinwestycyjnym i inwestycyjnym (na istniejącej drodze i na nowej lub przebudowanej):

$$B_t = b_e + b_c + b_t + b_{ct} + b_w + b_s \quad 6.$$

Następnie oblicza się NC_t koszty drogowe netto jako różnicę kosztów drogowych w wariantach: bezinwestycyjnym i inwestycyjnym ($C_t^{[Wol]} - C_t^{[Wol]}$) oraz NB_t oszczędności użytkowników dróg i środowiska jako różnicę kosztów w wariantach: bezinwestycyjnym i inwestycyjnym ($B_t^{[Wol]} - B_t^{[Wol]}$), kolejno oblicza się NV_t , czyli korzyści netto w każdym roku (oszczędności użytkowników i środowiska NB_t po dodaniu kosztów drogowych netto NC_t), a więc zysk niezdykontowany w każdym kolejnym roku badanego okresu:

$$NV_t = NB_t + NC_t \quad 7.$$

Po zastosowaniu czynników dyskontujących przy założonej stopie dyskontowej r , odpowiednio do rocznej NV_t , sumuje się zdyskontowane NV_t wszystkich lat badanego okresu i otrzymuje się $ENPV_r$ (ekonomiczną wartość bieżącą netto, zdyskontowaną wartość netto).

Wskaźnik korzyści - koszty BCR

Przy metodzie korzyści/koszty ocenę stopnia efektywności wykonuje się obliczając wskaźnik **BCR**, wyrażający stosunek korzyści do kosztów. Wskaźnik ten jest to stosunek sumy zdyskontowanych rocznych korzyści do sumy zdyskontowanych rocznych kosztów drogowych netto badanego okresu.

$$BCR = e = \frac{\sum_{t=1}^n v_{rt} \cdot NB_t}{\sum_{t=1}^n v_{rt} \cdot NC_t} \quad 8.$$

gdzie:

- $BCR=e$ wskaźnik efektywności ekonomicznej,
- v_{rt} czynnik dyskontujący w kolejnym roku t badanego okresu,
- NB_t oszczędności użytkowników w kolejnym roku t badanego okresu,
- NC_t koszty drogowy w kolejnym roku t badanego okresu,
- n okres (w analizie przyjmujemy $n = 25$ lat)

W tym przypadku nie dyskontuje się sumy oszczędności i kosztów drogowych netto w każdym kolejnym roku. Osobno dyskontuje się oszczędności, i osobno koszty drogowy netto, nie wprowadza się ich sumy w każdym roku, lecz oblicza się sumę zdyskontowanych oszczędności, następnie dzieli ją przez sumę zdyskontowanych kosztów drogowych netto.

Inwestycja jest efektywna przy założonej stopie dyskontowej r , gdy $BCR \geq 1$

Ekonomiczna wewnętrzna stopa zwrotu EIRR

Określenie ekonomicznej wewnętrznej stopy zwrotu **EIRR** (stopy zysku netto, wewnętrznej stopy zwrotu kapitału) jest również miernikiem efektywności inwestycji przy wyznaczeniu z góry minimalnej granicznej stopy zysku. Projekt inwestycyjny można zaakceptować, gdy:

$$EIRR > RRR \quad 9.$$

gdzie:

- RRR graniczna minimalna stopa zysku przyjęta jako zewnętrznie ustalona (pożądana stopa zwrotu),
- $EIRR$ jest to taka stopa dyskontowa, przy której $ENPV_r$ zysk zdyskontowany netto (wartość zdyskontowana netto) wynosi zero $BCR=e$.

czyli:

$$ENPV_r = \sum_{t=1}^n \frac{NB_t + NC_t}{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^t} = 0 \quad 10.$$

Do wyznaczania ekonomicznej wewnętrznej stopy zwrotu **EIRR** niezbędne jest zastosowanie w obliczeniach **ENPV**, wachlarza rocznych stóp dyskontowych.

Do znalezienia właściwej dla danego projektu inwestycyjnego ekonomicznej wewnętrznej stopy zwrotu **EIRR** przydatne jest opracowanie takiej samej tablicy, jak do obliczenia ekonomicznej wartości bieżącej netto **ENPV**. **ENPV** można jednak obliczać tylko dla jednej założonej wysokości stopy dyskontowej r , natomiast **EIRR** wymaga obliczeń, przy co najmniej kilku wysokościach stopy dyskontowej.

ELEMENTY RACHUNKU EFEKTYWNOŚCI EKONOMICZNEJ I KOLEJNE KROKI OCENY EKONOMICZNEJ

Podstawę kalkulacji efektywności ekonomicznej stanowią odrębnie przygotowane dane wejściowe i parametry elementów wchodzących do rachunku ekonomicznego. Są one kolejno omówione w następujących punktach.

Prognoza średniego dobowego natężenia ruchu

Prognozę średniego dobowego ruchu [SDR] na sieci dróg krajowych, należy wykonać uwzględniając pięć kategorii pojazdów:

- samochody osobowe,
- samochody dostawcze,
- samochody ciężarowe bez przyczep,
- samochody ciężarowe z przyczepami,
- autobusy.

Prognoza średniorocznego dobowego natężenia ruchu SDR winna uwzględniać:

1. Prognozy zmian:
 - wskaźnik wzrostu Produktu Krajowego Brutto średni (tabela 1) - wskaźnik wzrostu PKB maksymalny lub minimalny może być stosowany wyjątkowo po konsultacji z przedstawicielem GDDKiA,
 - rozwoju demograficznego,
 - planowanego rozwoju infrastruktury,
 - rozwoju motoryzacji,
2. Planowane przewozy osób:
 - podróże mieszkańców miasta,
 - podróże nie mieszkańców,
3. Przewóz ładunków.

Powyższe dane można pozyskać z:

- Strategii rozwoju danej aglomeracji,
- Regionalnych scenariuszy rozwoju itp.

Prognoza średniorocznego dobowego natężenia ruchu jest prognozą wieloletnią. W przypadku inwestycji drogowych i mostowych sporządza się ją na okres co najmniej dwudziestu pięciu lat.

Tabela 1 Prognoza wskaźnika wzrostu PKB średniego do 2040 roku [%]

Rok	Polska	dolnośląskie	kujawsko-pomorskie	lubelskie	lubuskie	łódzkie	małopolskie	mazowieckie	opolskie	podkarpackie	podlaskie	pomorskie	śląskie	świętokrzyskie	warmińsko-mazurskie	wielkopolskie	zachodnio-pomorskie
		NTS ¹⁾															
		2.02	2.04	2.06	2.08	2.10	2.12	2.14	2.16	2.18	2.20	2.22	2.24	2.26	2.28	2.30	2.32
2008	5,4	5,6	4,9	5,7	5,7	5,9	6,5	5,4	5,1	5,7	5,5	5,6	5,0	5,3	6,4	4,5	4,5
2009	5,4	5,6	4,9	5,7	5,7	5,9	6,5	5,4	5,1	5,7	5,5	5,6	5,0	5,3	6,4	4,5	4,5
2010	5,4	5,6	4,9	5,7	5,7	5,9	6,5	5,4	5,1	5,7	5,5	5,6	5,0	5,3	6,4	4,5	4,5
2011	5,4	5,6	4,9	5,7	5,7	5,9	6,5	5,4	5,1	5,7	5,5	5,6	5,0	5,3	6,4	4,5	4,5
2012	5,4	5,6	4,9	5,7	5,7	5,9	6,5	5,4	5,1	5,7	5,5	5,6	5,0	5,3	6,4	4,5	4,5
2013	5,4	5,6	4,9	5,7	5,7	5,9	6,5	5,4	5,1	5,7	5,5	5,6	5,0	5,3	6,4	4,5	4,5
2014	5,0	5,2	4,6	5,3	5,3	5,5	6,1	5,0	4,8	5,3	5,2	5,2	4,7	4,9	5,9	4,2	4,2
2015	5,0	5,2	4,6	5,3	5,3	5,5	6,1	5,0	4,8	5,3	5,2	5,2	4,7	4,9	5,9	4,2	4,2
2016	5,0	5,2	4,6	5,3	5,3	5,5	6,1	5,0	4,8	5,3	5,2	5,2	4,7	4,9	5,9	4,2	4,2
2017	5,0	5,2	4,6	5,3	5,3	5,5	6,1	5,0	4,8	5,3	5,2	5,2	4,7	4,9	5,9	4,2	4,2
2018	5,0	5,2	4,6	5,3	5,3	5,5	6,1	5,0	4,8	5,3	5,2	5,2	4,7	4,9	5,9	4,2	4,2
2019	5,0	5,2	4,6	5,3	5,3	5,5	6,1	5,0	4,8	5,3	5,2	5,2	4,7	4,9	5,9	4,2	4,2
2020	3,8	4,0	3,5	4,1	4,1	4,2	4,7	3,8	3,6	4,1	3,9	4,0	3,6	3,8	4,5	3,2	3,2
2021	3,8	4,0	3,5	4,1	4,1	4,2	4,7	3,8	3,6	4,1	3,9	4,0	3,6	3,8	4,5	3,2	3,2
2022	3,8	4,0	3,5	4,1	4,1	4,2	4,7	3,8	3,6	4,1	3,9	4,0	3,6	3,8	4,5	3,2	3,2
2023	3,8	4,0	3,5	4,1	4,1	4,2	4,7	3,8	3,6	4,1	3,9	4,0	3,6	3,8	4,5	3,2	3,2
2024	3,8	4,0	3,5	4,1	4,1	4,2	4,7	3,8	3,6	4,1	3,9	4,0	3,6	3,8	4,5	3,2	3,2
2025	3,8	4,0	3,5	4,1	4,1	4,2	4,7	3,8	3,6	4,1	3,9	4,0	3,6	3,8	4,5	3,2	3,2
2026	3,8	4,0	3,5	4,1	4,1	4,2	4,7	3,8	3,6	4,1	3,9	4,0	3,6	3,8	4,5	3,2	3,2
2027	2,8	2,9	2,6	3,0	3,0	3,1	3,4	2,8	2,7	3,0	2,9	2,9	2,6	2,8	3,3	2,4	2,4
2028	2,8	2,9	2,6	3,0	3,0	3,1	3,4	2,8	2,7	3,0	2,9	2,9	2,6	2,8	3,3	2,4	2,4
2029	2,8	2,9	2,6	3,0	3,0	3,1	3,4	2,8	2,7	3,0	2,9	2,9	2,6	2,8	3,3	2,4	2,4
2030	2,8	2,9	2,6	3,0	3,0	3,1	3,4	2,8	2,7	3,0	2,9	2,9	2,6	2,8	3,3	2,4	2,4
2031	2,8	2,9	2,6	3,0	3,0	3,1	3,4	2,8	2,7	3,0	2,9	2,9	2,6	2,8	3,3	2,4	2,4
2032	2,8	2,9	2,6	3,0	3,0	3,1	3,4	2,8	2,7	3,0	2,9	2,9	2,6	2,8	3,3	2,4	2,4
2033	2,8	2,9	2,6	3,0	3,0	3,1	3,4	2,8	2,7	3,0	2,9	2,9	2,6	2,8	3,3	2,4	2,4
2034	2,2	2,3	2,0	2,3	2,3	2,4	2,7	2,2	2,1	2,3	2,2	2,3	2,0	2,1	2,6	1,8	1,8
2035	2,2	2,3	2,0	2,3	2,3	2,4	2,7	2,2	2,1	2,3	2,2	2,3	2,0	2,1	2,6	1,8	1,8
2036	2,2	2,3	2,0	2,3	2,3	2,4	2,7	2,2	2,1	2,3	2,2	2,3	2,0	2,1	2,6	1,8	1,8
2037	2,2	2,3	2,0	2,3	2,3	2,4	2,7	2,2	2,1	2,3	2,2	2,3	2,0	2,1	2,6	1,8	1,8
2038	2,2	2,3	2,0	2,3	2,3	2,4	2,7	2,2	2,1	2,3	2,2	2,3	2,0	2,1	2,6	1,8	1,8
2039	2,2	2,3	2,0	2,3	2,3	2,4	2,7	2,2	2,1	2,3	2,2	2,3	2,0	2,1	2,6	1,8	1,8
2040	2,2	2,3	2,0	2,3	2,3	2,4	2,7	2,2	2,1	2,3	2,2	2,3	2,0	2,1	2,6	1,8	1,8

¹⁾ Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 13 lipca 2000 r. w sprawie wprowadzenia Nomenklatury Jednostek Terytorialnych do Celów Statystycznych (NTS). (Dz. U. Nr 58, poz. 685 z późn. zmianami)

Tabela 1 Prognoza wskaźnika wzrostu PKB średniego do 2040 roku [%] – (c.d.)

Rok	Polska	Wrocław	Toruń	Lublin	Łódź	Kraków	Warszawa	Rzeszów	Białystok	Gdańsk	Katowice	Poznań	Szczecin
		NTS ¹⁾											
		0263	0463	0663	1061	1261	1465	1863	2061	2261	2469	3064	3262
2008	5,4	5,6	5,9	5,2	6,0	6,2	6,9	5,4	6,0	5,8	5,9	6,7	4,7
2009	5,4	5,6	5,9	5,2	6,0	6,2	6,9	5,4	6,0	5,8	5,9	6,7	4,7
2010	5,4	5,6	5,9	5,2	6,0	6,2	6,9	5,4	6,0	5,8	5,9	6,7	4,7
2011	5,4	5,6	5,9	5,2	6,0	6,2	6,9	5,4	6,0	5,8	5,9	6,7	4,7
2012	5,4	5,6	5,9	5,2	6,0	6,2	6,9	5,4	6,0	5,8	5,9	6,7	4,7
2013	5,4	5,6	5,9	5,2	6,0	6,2	6,9	5,4	6,0	5,8	5,9	6,7	4,7
2014	5,0	5,5	5,8	5,1	5,9	6,0	6,7	5,2	5,9	5,7	5,8	6,6	4,6
2015	5,0	5,5	5,8	5,1	5,9	6,0	6,7	5,2	5,9	5,7	5,8	6,6	4,6
2016	5,0	5,5	5,8	5,1	5,9	6,0	6,7	5,2	5,9	5,7	5,8	6,6	4,6
2017	5,0	5,5	5,8	5,1	5,9	6,0	6,7	5,2	5,9	5,7	5,8	6,6	4,6
2018	5,0	5,5	5,8	5,1	5,9	6,0	6,7	5,2	5,9	5,7	5,8	6,6	4,6
2019	5,0	5,5	5,8	5,1	5,9	6,0	6,7	5,2	5,9	5,7	5,8	6,6	4,6
2020	3,8	4,4	4,6	4,1	4,7	4,8	5,4	4,2	4,7	4,6	4,6	5,3	3,7
2021	3,8	4,4	4,6	4,1	4,7	4,8	5,4	4,2	4,7	4,6	4,6	5,3	3,7
2022	3,8	4,4	4,6	4,1	4,7	4,8	5,4	4,2	4,7	4,6	4,6	5,3	3,7
2023	3,8	4,4	4,6	4,1	4,7	4,8	5,4	4,2	4,7	4,6	4,6	5,3	3,7
2024	3,8	4,4	4,6	4,1	4,7	4,8	5,4	4,2	4,7	4,6	4,6	5,3	3,7
2025	3,8	4,4	4,6	4,1	4,7	4,8	5,4	4,2	4,7	4,6	4,6	5,3	3,7
2026	3,8	4,4	4,6	4,1	4,7	4,8	5,4	4,2	4,7	4,6	4,6	5,3	3,7
2027	2,8	3,4	3,6	3,1	3,6	3,7	4,2	3,3	3,6	3,5	3,6	4,1	2,9
2028	2,8	3,4	3,6	3,1	3,6	3,7	4,2	3,3	3,6	3,5	3,6	4,1	2,9
2029	2,8	3,4	3,6	3,1	3,6	3,7	4,2	3,3	3,6	3,5	3,6	4,1	2,9
2030	2,8	3,4	3,6	3,1	3,6	3,7	4,2	3,3	3,6	3,5	3,6	4,1	2,9
2031	2,8	3,4	3,6	3,1	3,6	3,7	4,2	3,3	3,6	3,5	3,6	4,1	2,9
2032	2,8	3,4	3,6	3,1	3,6	3,7	4,2	3,3	3,6	3,5	3,6	4,1	2,9
2033	2,8	3,4	3,6	3,1	3,6	3,7	4,2	3,3	3,6	3,5	3,6	4,1	2,9
2034	2,2	2,8	2,9	2,6	3,0	3,0	3,4	2,6	3,0	2,9	2,9	3,3	2,3
2035	2,2	2,8	2,9	2,6	3,0	3,0	3,4	2,6	3,0	2,9	2,9	3,3	2,3
2036	2,2	2,8	2,9	2,6	3,0	3,0	3,4	2,6	3,0	2,9	2,9	3,3	2,3
2037	2,2	2,8	2,9	2,6	3,0	3,0	3,4	2,6	3,0	2,9	2,9	3,3	2,3
2038	2,2	2,8	2,9	2,6	3,0	3,0	3,4	2,6	3,0	2,9	2,9	3,3	2,3
2039	2,2	2,8	2,9	2,6	3,0	3,0	3,4	2,6	3,0	2,9	2,9	3,3	2,3
2040	2,2	2,8	2,9	2,6	3,0	3,0	3,4	2,6	3,0	2,9	2,9	3,3	2,3

Prędkości podróży do analiz ekonomicznych

Prędkości podróży dla dróg zamiejskich określa się dla następujących grup pojazdów samochodowych:

1. samochody osobowe [SO] i samochody dostawcze [SD],
2. samochody ciężarowe bez przyczep [SCb], samochody ciężarowe z przyczepami [SCp] i autobusy [A].

Prędkość podróży dla wszystkich typów dróg i przekrojów poprzecznych uzależnione są od następujących parametrów:

- wielkości ruchu pojazdów lekkich, do których zalicza się samochody osobowe [SO] i samochody dostawcze [SD],
- wielkości ruchu pojazdów ciężkich, do których zalicza się samochody ciężarowe bez przyczep [SCb], samochody ciężarowe z przyczepami [SCp] oraz autobusy [A],
- średniego spadku podłużnego na odcinku drogi w procentach,
- krętości drogi wyrażonej w gradach na kilometr drogi.

Do określenia prędkości podróży samochodów osobowych [SO] i dostawczych [SD] na drogach zamiejskich należy obliczyć pomocnicze godzinowe natężenie ruchu N_1 według wzoru:

$$N_1 = 0,5 \cdot [SO + SD + 2 \cdot (SCb + SCp + A)] \cdot k \quad 11.$$

gdzie:

- N_1 pomocnicze godzinowe natężenie ruchu w [poj./godz],
- SO średni dobowy ruch samochodów osobowych w [poj./dobę],
- SD średni dobowy ruch samochodów dostawczych w [poj./dobę],
- SCb średni dobowy ruch samochodów ciężarowych bez przyczep w [poj./dobę],
- SCp średni dobowy ruch samochodów ciężarowych z przyczepami w [poj./dobę],
- A średni dobowy ruch autobusów w [poj./dobę],
- k współczynnik przeliczeniowy na ruch godzinowy.

Do określenia prędkości podróży samochodów ciężarowych bez przyczep [SCb], samochodów ciężarowych z przyczepami [SCp] i autobusów [A] na drogach zamiejskich należy obliczyć pomocnicze godzinowe natężenie ruchu N_2 według wzoru:

$$N_2 = 0,5 \cdot (SCb + SCp + A) \cdot k \quad 12.$$

gdzie:

- N_2 pomocnicze godzinowe natężenie ruchu w [poj./godz],
- SCb średni dobowy ruch samochodów ciężarowych bez przyczep w [poj./dobę],
- SCp średni dobowy ruch samochodów ciężarowych z przyczepami w [poj./dobę],
- A średni dobowy ruch autobusów w [poj./dobę],

Na drogach (ulicach) miejskich należy obliczyć jedną prędkość podróży według wzoru 11, taką samą dla wszystkich kategorii pojazdów samochodowych

Do obliczeń prędkości podróży (zestawionych w części II instrukcji) należy określić parametry identyfikujące analizowany odcinek drogi zgodnie z podanymi dalej tabelami.

Współczynnik przeliczeniowy na ruch w godzinie miarodajnej w zależności od charakteru ruchu na odcinku drogi oraz wielkości średniego dobowego ruchu [SDR]:

Charakter ruchu na odcinku drogi	SDR pojazdów samochodowych ogółem (SO+SD+SCs+ SCp+A) poj./dobę	Współczynnik przeliczeniowy k
Gospodarczy	<10 000	0,095
	≥10 000	0,085
Turystyczny	<6 000	0,125
	≥6 000	0,110
Rekreacyjny	<6 000	0,135
	≥6 000	0,125

Określenie średnich spadków podłużnych dróg dla różnego ukształtowania terenu.

Rodzaj terenu	Spadek podłużny
płatki	0% ÷ 2,49%
falisty	2,50% ÷ 4,99%
górski	≥ 5%

Udział odcinków z widocznością na wyprzedzanie ≥ 450 m powiązany z krętością drogi.

Udział odcinków z widocznością na wyprzedzanie ≥450	Krętość drogi w gradach na kilometr
100 %	20
80 %	56
60 %	92
40 %	128
20 %	164
0 %	≥ 200

Dane techniczne do określenia prędkości podróży (przykład)

Lp.	Wyszczególnienie	Jedn.	Odcinek istniejący Wariant:	
			[WO]	[WI]
1	Rodzaj terenu: P - Płaski; F - Falisty; G - Górski			
2	Rodzaj obszaru: Z - niezabudowany; M - zabudowany			
3	Charakter ruchu na: G - Gospodarczy, T - Turystyczny, R - Rekreacyjny			
4	Klasa drogi (A , S , GP , G)			
5	Ilość i szerokość jezdni	m		
6	Szerokość poboczy utwardzonych lub szerokość pasa awaryjnego	m		
7	Odcinki z widocznością na wyprzedzanie ≥ 450 m	%		
8	Stan techniczny nawierzchni według SOSN: A , B , C , D			

Uproszczona metoda szacowania wielkości ruchu na planowanych obwodnicach

Zakres stosowania

Metoda umożliwia oszacowanie wielkości ruchu na planowanej obwodnicy miasta. Może być ona stosowana dla obwodnic miast o liczbie ludności poniżej 100 tysięcy, położonych nie w bezpośredniej bliskości aglomeracji miejskich, na ciągach dróg krajowych i wojewódzkich (dla miast o liczbie mieszkańców od 50 do 100 tys. wskazane byłoby przeprowadzenie uzupełniająco analizy wrażliwości).

Metoda nie uwzględnia dodatkowych czynników związanych z miastem takich, jak: atrakcje turystyczne i handlowe, ośrodki przemysłowe, położenie blisko granicy itp., oraz charakterystyk technicznych dróg i wpływu innych dróg krzyżujących się z planowaną obwodnicą.

W celu określenia wielkości ruchu na obwodnicach miast o liczbie ludności większej niż 100 tysięcy wymagane jest wykonanie studium ruchu metodą modelową

Materiały wyjściowe

Do oszacowania wielkości ruchu na planowanej obwodnicy miasta konieczne jest posiadanie następujących danych:

- a) średni dobowy ruch [*SDR*] na drodze, w ciągu której budowana jest obwodnica, na odcinkach bezpośrednio przed i za miastem wraz z rodzajową strukturą ruchu uwzględniającą pięć kategorii pojazdów:
 - samochody osobowe [*SO*],
 - samochody dostawcze [*SD*],
 - samochody ciężarowe bez przyczep [*SCb*],
 - samochody ciężarowe z przyczepami [*SCp*],
 - autobusy [*A*].
- b) aktualne dane o liczbie mieszkańców miasta, dla którego planowana jest obwodnica.

W przypadku braku danych o ruchu drogowym konieczne jest wykonanie pomiarów ruchu

Określenie wielkości ruchu na planowanej obwodnicy

W pierwszej kolejności należy obliczyć [*SDR*] średnie dla pięciu kategorii pojazdów: [*SO*], [*SD*], [*SCb*], [*SCp*] i [*A*] na odcinkach położonych bezpośrednio przed i za miastem na drodze, w ciągu której planowana jest obwodnica. Będą one stanowić podstawę do oszacowania wielkości ruchu na obwodnicy obliczonego według wzoru:

$$SDR_{sr[j]} = \frac{SDR_{p[j]} + SDR_{z[j]}}{2} \quad 13.$$

gdzie:

$SDR_{sr[j]}$ średni dobowy ruch pojazdów kategorii j , stanowiący podstawę do oszacowania wielkości ruchu na obwodnicy w [poj./dobę],

$SDR_{p[j]}$ średni dobowy ruch pojazdów kategorii j na odcinku drogi przed miastem w [poj./dobę],

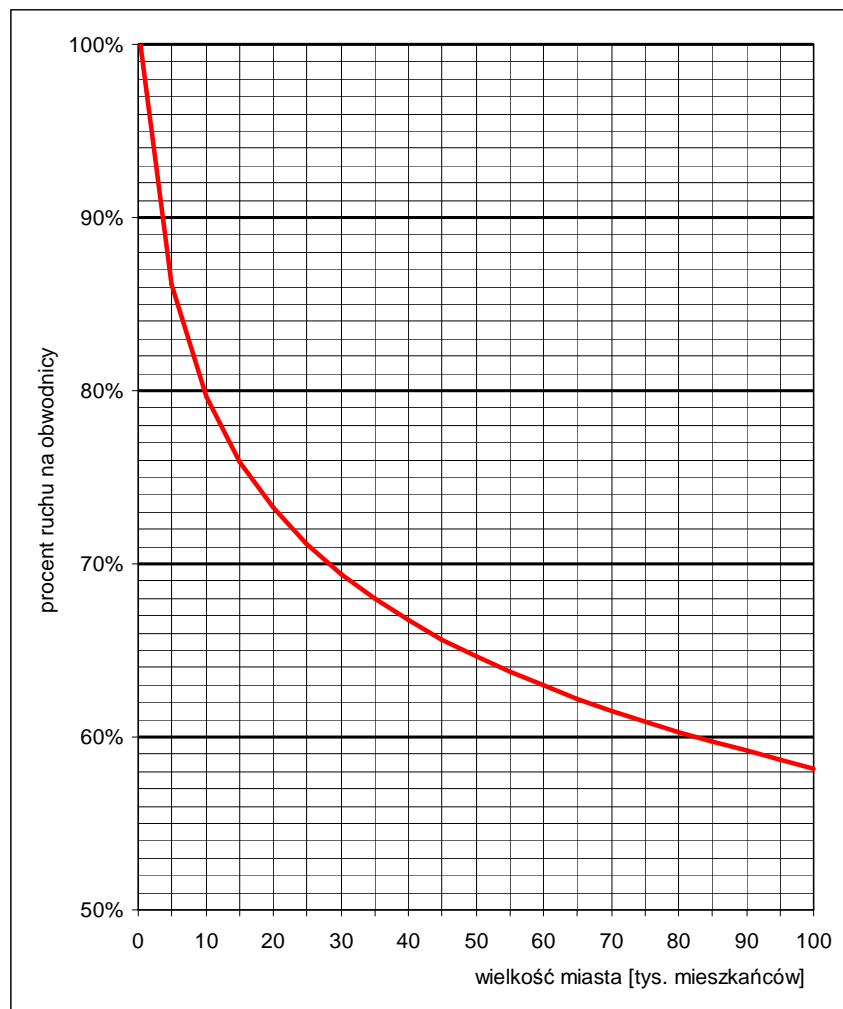
$SDR_{z[j]}$ średni dobowy ruch pojazdów kategorii j na odcinku drogi za miastem w [poj./dobę],

j symbol kategorii pojazdu: [*SO*], [*SD*], [*SCb*], [*SCp*] oraz [*A*].

W kolejnym etapie należy dla każdej kategorii pojazdu oszacować wielkość ruchu, który wystąpi na obwodnicy. Sposób obliczeń jest zależny od kategorii pojazdu.

Samochody osobowe [SO]

Na podstawie wykresu 1, w zależności od liczby mieszkańców miasta, należy odczytać procentową wielkość ruchu samochodów osobowych, który przemieści się na obwodnicę, np. dla miasta o liczbie ludności 30 tys. będzie to ok. 69%.



Wykres 1. Samochody osobowe [SO]

Odniesienie odczytanej wielkości procentowej t_1 do obliczonego wcześniej [SDR] średniego samochodów osobowych umożliwia obliczenie ruchu tych pojazdów na obwodnicy według wzoru:

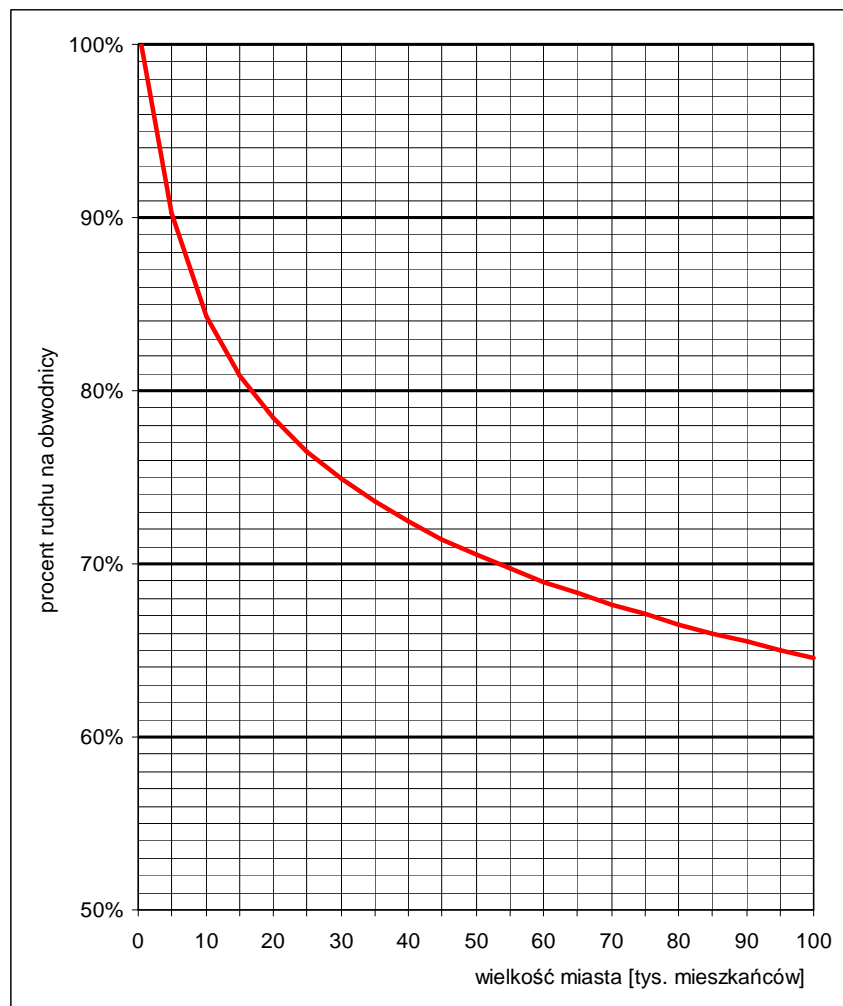
$$SDR_{0[SO]} = SDR_{sr[SO]} \cdot \frac{t_1}{100} \quad 14.$$

gdzie:

- $SDR_{0[SO]}$ średni dobowy ruch samochodów osobowych na obwodnicy w [poj./dobę],
- $SDR_{sr[SO]}$ średni dobowy ruch samochodów osobowych stanowiący podstawę do oszacowania wielkości ruchu tych pojazdów na obwodnicy w [poj./dobę],
- t_1 wielkość odczytana z wykresu 1, procent ruchu przeniesiony na obwodnicę.

Samochody dostawcze [SD]

Na podstawie wykresu 2, w zależności od liczby mieszkańców miasta, należy odczytać procentową wielkość ruchu samochodów dostawczych, który przemieści się na obwodnicę, np. dla miasta o liczbie ludności 20 tys. będzie to ok. 79%.



Wykres 2. Samochody dostawcze [SD]

Odniesienie odczytanej wielkości procentowej t_2 do obliczonego wcześniej [SDR] średniego samochodów dostawczych umożliwi obliczenie ruchu tych pojazdów na obwodnicy wg wzoru:

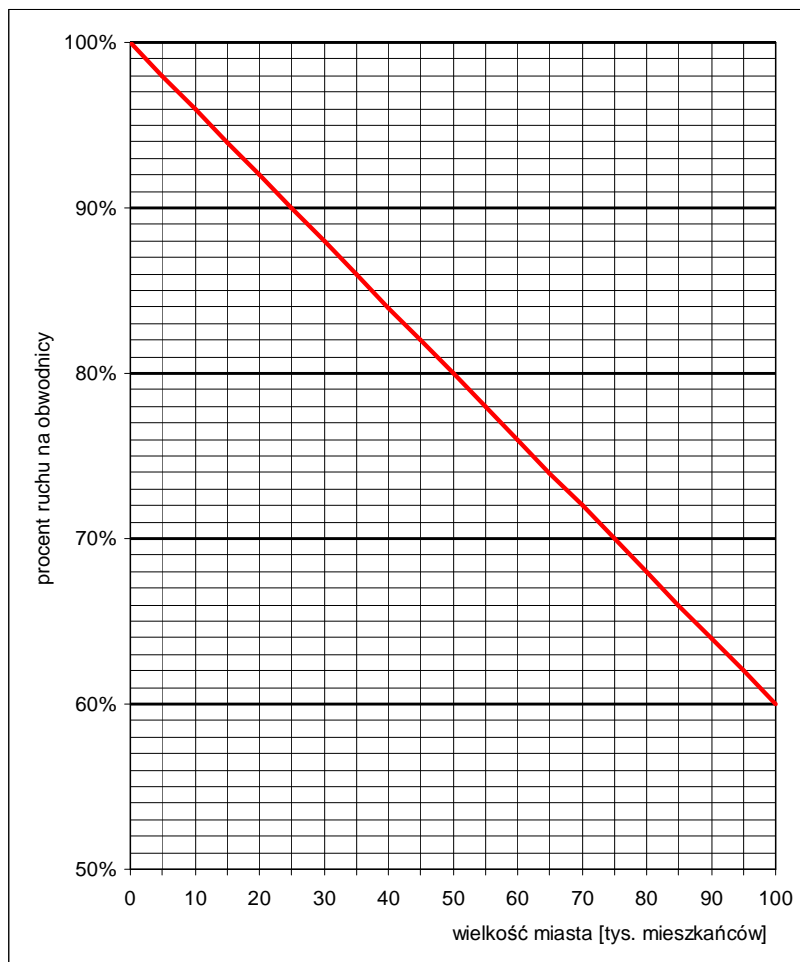
$$SDR_{0[SD]} = SDR_{\text{sr}[SD]} \cdot \frac{t_2}{100} \quad 15.$$

gdzie:

- $SDR_{0[SD]}$ średni dobowy ruch samochodów dostawczych na obwodnicy w [poj./dobę],
- $SDR_{\text{sr}[SD]}$ średni dobowy ruch samochodów dostawczych stanowiący podstawę do oszacowania wielkości ruchu tych pojazdów na obwodnicy w [poj./dobę],
- t_2 wielkość odczytana z wykresu 2, procent ruchu przeniesiony na obwodnicę.

Samochody ciężarowe [SCb] i [SCp] oraz autobusy [A]

Dla samochodów ciężarowych bez przyczep, samochodów ciężarowych z przyczepami i autobusów korzystamy z jednego wykresu opisującego zależność wielkości ruchu przenoszącego się na obwodnicę od liczby mieszkańców miasta.



Wykres 3. Samochody ciężarowe i autobusy [SCb], [SCp], [A]

Na podstawie wykresu 3 odczytujemy jedną dla wszystkich trzech kategorii pojazdów [SCb], [SCp] oraz [A] procentową wielkość ruchu, który przeniesie się na obwodnicę, np. dla miasta o liczbie mieszkańców 50 tys. będzie to około 80%.

Wielkość [SDR] wymienionych pojazdów, które przeniosą się na planowaną obwodnicę należy obliczać zgodnie z podanymi wzorami:

$$SDR_{0[SCb]} = SDR_{sr[SCb]} \cdot \frac{t_3}{100} \quad 16.$$

gdzie:

$SDR_{0[SCb]}$ średni dobowy ruch samochodów ciężarowych bez przyczep [SCb] na obwodnicy w [poj./dobę],

$SDR_{sr[SCb]}$ średni dobowy ruch samochodów ciężarowych bez przyczep [SCb] stanowiący podstawę do oszacowania wielkości ruchu na obwodnicy w [poj./dobę],

t_3 wielkość odczytana z wykresu 3, procent ruchu przeniesiony na obwodnicę.

$$SDR_{0[Scp]} = SDR_{\acute{s}r[Scp]} \cdot \frac{t_3}{100} \quad 17.$$

gdzie:

$SDR_{0[Scp]}$ średni dobowy ruch samochodów ciężarowych z przyczepami [Scp] na obwodnicy w [poj./dobę],

$SDR_{\acute{s}r[Scp]}$ średni dobowy ruch samochodów ciężarowych z przyczepami [Scp] stanowiący podstawę do oszacowania wielkości ruchu na obwodnicy w [poj./dobę],

t_3 wielkość odczytana z wykresu 3, procent ruchu przeniesiony na obwodnicę.

$$SDR_{0[A]} = SDR_{\acute{s}r[A]} \cdot \frac{t_3}{100} \quad 18.$$

gdzie:

$SDR_{0[A]}$ średni dobowy ruch autobusów na obwodnicy [A] w [poj./dobę],

$SDR_{\acute{s}r[A]}$ średni dobowy ruch autobusów [A] stanowiący podstawę do oszacowania wielkości ruchu na obwodnicy w [poj./dobę],

t_3 wielkość odczytana z wykresu 3, procent ruchu przeniesiony na obwodnicę.

Oszacowany całkowity ruch, który wystąpi na planowanej obwodnicy oblicza się według wzoru:

$$SDR_0 = SDR_{0[SO]} + SDR_{0[SD]} + SDR_{0[Scb]} + SDR_{0[Scp]} + SDR_{0[A]} \quad 19.$$

gdzie:

SDR_0 szacowany średni dobowy ruch pojazdów ogółem na planowanej obwodnicy w [poj./dobę],

$SDR_{0[SO]}$ średni dobowy ruch samochodów osobowych [SO] na obwodnicy w [poj./dobę],

$SDR_{0[SD]}$ średni dobowy ruch samochodów dostawczych [SD] na obwodnicy w [poj./dobę],

$SDR_{0[Scb]}$ średni dobowy ruch samochodów ciężarowych bez przyczep [Scb] na obwodnicy w [poj./dobę],

$SDR_{0[Scp]}$ średni dobowy ruch samochodów ciężarowych z przyczepami [Scp] na obwodnicy w [poj./dobę],

$SDR_{0[A]}$ średni dobowy ruch autobusów na obwodnicy [A] w [poj./dobę].

Obliczone w przedstawiony wyżej sposób wielkości ruchu mogą być wykorzystane do określenia efektywności ekonomicznej planowanej obwodnicy.

Dla każdego kolejnego roku użytkowania inwestycji oblicza się prognozę przebiegów pojazdów w obu wariantach **W0** i **W1**, mnożąc średnioroczne dobowe natężenie ruchu każdej kategorii pojazdów przez 365 dni i długość trasy w kilometrach.

W przypadku budowy nowego odcinka lub nowego mostu konieczna jest analiza ekonomiczna sieci dróg związanych z tą inwestycją. Należy zatem obliczyć prognozę ruchu dla każdego elementu sieci dróg objętych analizą w obu wariantach W0 i W1

Prognoza ruchu stanowi kluczowy element analizy i od jej wiarygodności zależy w przyszłości spełnienie się korzyści

Koszty drogowe

Ponieważ inwestycje drogowo-mostowe są inwestycjami publicznymi nie generują dochodów (za wyjątkiem autostrad płatnych). Wskaźniki finansowe są więc ujemne. Dlatego zamiast analizy finansowej należy przedstawić plan finansowy zawierający:

- całkowite nakłady,
- przepływy pieniężne w założonym horyzoncie czasowym.

Plan finansowy inwestycji powinien wykazywać ciągłość finansowania inwestycji. Należy wykazać odpowiednią harmonizację czasową pomiędzy: harmonogramami prac przygotowawczych i realizacji prac budowlano-montażowych przedstawiony w tabeli 1 a harmonogramem rzeczowo-finansowym płatności inwestycji w czasie realizacji projektu, przedstawiony w tabeli 2.

W ramach planu finansowego należy przedstawić kwartalny harmonogram płatności inwestycji na tle harmonogramu przygotowania i realizacji robót budowlano-montażowych w celu zbadania spójności i realności proponowanej inwestycji. Harmonogramy należy wykonać zarówno w podziale na poszczególne projekty, jak i kontrakty.

Tabela 1

HARMONOGRAM INWESTYCJI DROGOWO-MOSTOWEJ (PRZYKŁAD)

A. Część drogowa

Lp.	Numer Specyfik.	Wyszczególnienie elementów rozliczeniowych	Rok ...				Rok ...			
			I kw.	II kw.	III kw.	IV kw.	I kw.	II kw.	III kw.	IV kw.
1	01.00.00	Roboty przygotowawcze	■	■	■					
2	02.00.00	Roboty ziemne		■	■	■				
3	03.00.00	Odwodnienie korpusu drogowego		■	■	■				
4	04.00.00	Podbudowy			■	■	■	■		
5	05.00.00	Nawierzchnie					■	■	■	
6	06.00.00	Roboty wykończeniowe						■	■	■
7	07.00.00	Urządzenia bezpieczeństwa ruchu						■	■	■
8	08.00.00	Elementy ulic					■	■	■	■
9	09.00.00	Zieleń drogowa						■	■	■
10	10.00.00	Inne roboty			■	■	■	■	■	■

B. Część mostowa

Lp.	Numer Specyfik.	Wyszczególnienie elementów rozliczeniowych	Rok ...				Rok ...			
			I kw.	II kw.	III kw.	IV kw.	I kw.	II kw.	III kw.	IV kw.
11	11.00.00	Fundamentowanie	■	■	■	■	■			
12	12.00.00	Zbrojenie		■	■	■				
13	13.00.00	Beton			■	■	■	■		
14	14.00.00	Konstrukcje stalowe				■	■	■	■	
15	15.00.00	Izolacja					■	■		
16	16.00.00	Odwodnienie					■	■		
17	17.00.00	Łożyska						■	■	
18	18.00.00	Urządzenia dylatacyjne						■	■	
19	19.00.00	Elementy zabezpieczające						■	■	
20	20.00.00	Inne roboty mostowe		■	■	■	■	■	■	■

ZESTAWIENIE KOSZTÓW NETTO (PRZYKŁAD)

Wyszczególnienie elementów rozliczeniowych	Koszty w PLN				
	I kw.	II kw.	III kw.	IV kw.	Razem
1	2	3	4	5	6
A. ROBOTY DROGOWE					
1. Roboty przygotowawcze					
Rok					
Rok					
2. Roboty ziemne					
Rok					
Rok					
3. Odwodnienie korpusu drogowego					
Rok					
Rok					
4. Podbudowy					
Rok					
Rok					
5. Nawierzchnie					
Rok					
Rok					
6. Roboty wykończeniowe					
Rok					
Rok					
7. Urządzenia bezpieczeństwa ruchu					
Rok					
Rok					
8. Elementy ulic					
Rok					
Rok					
9. Zieleni drogowa					
Rok					
Rok					
10. Inne roboty					
Rok					
Rok					
Razem roboty drogowe					
Rok					
Rok					
B. ROBOTY MOSTOWE					
11. Fundamentowanie					
Rok					
Rok					
12. Zbrojenie					
Rok					
Rok					
13. Beton					
Rok					
Rok					
14. Konstrukcje stalowe					
Rok					
Rok					
15. Izolacja					
Rok					
Rok					
16. Odwodnienie					
Rok					
Rok					
17. Łożyska					
Rok					
Rok					

Wyszczególnienie elementów rozliczeniowych	Koszty w PLN				
	I kw.	II kw.	III kw.	IV kw.	Razem
1	2	3	4	5	6
18. Urządzenia dylatacyjne					
Rok					
Rok					
19. Elementy zabezpieczające					
Rok					
Rok					
20. Inne roboty mostowe					
Rok					
Rok					
Razem roboty mostowe					
Rok					
Rok					
C. POZOSTAŁE					
21. Analizy, projekt i nadzory					
Rok					
Rok					
22. Wykup terenu					
Rok					
Rok					
23. Odszkodowania					
Rok					
Rok					
Razem pozostałe					
Rok					
Rok					
OGÓŁEM (poz. 1 do 23)					
Rok					
Rok					

Tabela 3

KWARTALNE ZESTAWIENIE KOSZTÓW

Kwartał	Rok ...			Rok ...		
	netto	VAT	brutto	netto	VAT	brutto
I kw.						
II kw.						
III kw.						
IV kw.						
Razem						

Koszty drogowe należy opracować, stosując wskaźniki kosztorysowe: budowy, przebudowy (wzmocnienia, poszerzenia, budowy poboczy utwardzonych itd.), remontów okresowych, remontów cząstkowych i utrzymania bieżącego drogi lub dane o nakładach inwestycyjnych z dokumentacji technicznej. Dane dotyczące kosztów drogowych (tabele 1 do 3) muszą uwzględniać parametry techniczne drogi (istniejące i projektowane), warunki terenowe (teren: płaski, falisty, górski; obszar: zamiejski, miejski lub podmiejski, zabudowany itd.), (tabela 4). Zamieszczone tabele są przykładowymi zestawieniami, które w zależności od stopnia zaawansowania prac projektowych mogą być bardziej szczegółowe.

Roczne nakłady na drogi opracowuje się dla obu wariantów: bezinwestycyjnego **WO** i inwestycyjnego **WI** w okresie cyklu inwestycyjnego i eksploatacji drogi:

- w wariantcie bezinwestycyjnym **WO** należy obliczyć nakłady na remonty okresowe, remonty cząstkowe i utrzymanie bieżące odcinka drogi (z ewentualnym obiektem lub np. skrzyżowaniem z linią kolejową) w kolejnych latach analizowanego okresu,
- w wariantcie inwestycyjnym **WI** należy obliczyć nakłady na budowę lub przebudowę odcinka drogi (z ewentualnym obiektem i drogami dojazdowymi) oraz nakłady na remonty okresowe, remonty cząstkowe i utrzymanie bieżące odcinka drogi w kolejnych latach analizowanego okresu.

Wskaźniki cenowe robót drogowych podaje się w cenach stałych w całym okresie.

Na podstawie rozkładu czasowego ponoszenia wydatków na budowę, remonty okresowe, remonty cząstkowe i utrzymanie bieżące zestawia się tabelarycznie strumienie kosztów drogowych obu wariantów **WO** i **WI**.

We wstępie do analizy każdego projektowanego przedsięwzięcia inwestor musi podać opis stanu istniejącego (cechy geometryczne: szerokość jezdni, szerokość poboczy, stan nawierzchni, widoczność na wyprzedzanie lub krętość drogi itd.) oraz opis stanu po realizacji budowy lub przebudowy.

Tabela 4

ZBIORCZE ZESTAWIENIE KOSZTÓW (PRZYKŁAD)

Lp.	Numer Specyfik. Techniczn.	Wyszczególnienie elementów rozliczeniowych	Wartość netto	VAT	Wartość brutto
1	2	3	4	5	6
	A	ROBOTY DROGOWE			
1	01.00.00	Roboty przygotowawcze			
2	02.00.00	Roboty ziemne			
3	03.00.00	Odwodnienie korpusu drogowego			
4	04.00.00	Podbudowy			
5	05.00.00	Nawierzchnie			
6	06.00.00	Roboty wykończeniowe			
7	07.00.00	Urządzenia bezpieczeństwa ruchu			
8	08.00.00	Elementy ulic			
9	09.00.00	Zieleń drogowa			
10	10.00.00	Inne roboty			
		RAZEM ROBOTY DROGOWE			
	B	ROBOTY MOSTOWE			
11	11.00.00	Fundamentowanie			
12	12.00.00	Zbrojenie			
13	13.00.00	Beton			
14	14.00.00	Konstrukcje stalowe			
15	15.00.00	Izolacja			
16	16.00.00	Odwodnienie			
17	17.00.00	Łożyska			
18	18.00.00	Urządzenia dylatacyjne			
19	19.00.00	Elementy zabezpieczające			
20	20.00.00	Inne roboty mostowe			
		RAZEM ROBOTY MOSTOWE			
	C	POZOSTAŁE			
21		Analizy, projekt i nadzory			
22		Wykup terenu			
23		Odszkodowania			
		RAZEM POZOSTAŁE			
		OGÓŁEM (poz. A + B + C)			

Koszty eksploatacji pojazdów

Podstawą obliczania kosztów eksploatacji pojazdów są:

- przebiegi pojazdów według pięciu kategorii pojazdów:
 - samochody osobowe [SO],
 - samochody dostawcze [SD],
 - samochody ciężarowe bez przyczep (solo) [SCb],
 - samochody ciężarowe z przyczepami [SCp],
 - autobusy [A],
- prędkości podróży pojazdów samochodowych V_{pdr} zależne od ukształtowania terenu, cech dróg i natężenia ruchu, wyrażone w km/godz,
- wskaźniki jednostkowych kosztów eksploatacji każdej kategorii pojazdów, przypisane odpowiednim prędkościom podróży, wyrażone w PLN/poj.km.

Wskaźniki jednostkowych kosztów eksploatacji pojazdów podają koszt w PLN na 1 poj.km pojazdu rzeczywistego, tj. osobno samochodu osobowego, samochodu dostawczego, samochodu ciężarowego bez przyczepy, samochodu ciężarowego z przyczepą (naczepą) i autobusu. Są to wskaźniki scalone, obliczone na podstawie kosztów zmiennych eksploatacji (zużycie paliw) i kosztów stałych (zużycia olejów, smarów, części pojazdu, płac kierowców, ubezpieczeń, kosztów ogólnych itp.). Koszty te należy wyrazić w obowiązujących cenach roku opracowania analiz. Przyjmuje się je jako ceny stałe w całym badanym okresie analizy.

Mnożąc zgodnie z poniższym wzorem roczne przebiegi pojazdów każdej kategorii dla każdego kolejnego roku eksploatacji drogi w obu wariantach **WO** i **WI** przez jednostkowe koszty eksploatacji, otrzymuje się strumienie kosztów eksploatacji w okresie analizy dla każdej kategorii pojazdów, a następnie sumuje się je dla całego potoku pojazdów łącznie, w każdym wariantcie.

$$K_e = L \cdot \sum_{j=1}^5 k_{e,j}(V_{pdr,j}, T, S) \cdot 365 \cdot SDR_j \quad 20.$$

gdzie:

- K_e roczne koszty eksploatacji pojazdów samochodowych w [PLN],
- $k_{e,j}(V_{pdr,j}, T, S)$ jednostkowe koszty eksploatacji grupy pojazdów samochodowych j w funkcji prędkości podróży $V_{pdr,j}$, ukształtowania terenu T i stanu technicznego nawierzchni S w [PLN/km],
- SDR_j średni dobowe natężenie ruchu grupy pojazdów j w [poj/dobę],
- L długość odcinka drogi w [km].

Jednostkowe koszty eksploatacji pojazdów samochodowych wyznacza się z tabel zawartych w części III opracowania na podstawie danych techniczno-ruchowych odcinka drogi:

- a) rodzaj pojazdu (**SO, SD, SCb, SCp, A**),
- b) ukształtowanie terenu (płaski, falisty, górski),
- c) funkcja drogi (ruchu normalnego - ogólnodostępna, ruchu szybkiego - autostrada, droga ekspresowa),
- d) stan techniczny nawierzchni według SOSN (**A, B, C, D**),
- e) prędkość podróży pojazdu samochodowego.

Koszty czasu w przewozach pasażerskich

Koszty czasu w przewozach pasażerskich oblicza się w oparciu o koszty pracy zdefiniowane przez Główny Urząd Statystyczny, jako:

Koszty ponoszone przez pracodawcę na rzecz pozyskania, wykorzystania, utrzymania i doskonalenia zasobów pracy. Koszty pracy stanowią sumę wynagrodzeń brutto (łącznie z zaliczkami na poczet podatku dochodowego od osób fizycznych i ze składkami na obowiązkowe ubezpieczenia emerytalne, rentowe, chorobowe płaconymi przez ubezpieczonego pracownika) oraz pozapłacowych wydatków (m.in. składek na ubezpieczenia emerytalne, rentowe i wypadkowe opłacanych przez pracodawcę, wydatków na doskonalenie, kształcenie i przekwalifikowanie kadr), poniesionych w celu pozyskania, utrzymania, przekwalifikowania i doskonalenia kadr.

Koszty czasu pracy wyniosły w 2007 roku **5 425,46** zł (37,16 zł/godz.) w tym: **4 107,07** zł (28,13 zł/godz.) wynagrodzenie osobowe i **2 691,03** zł (18,43 zł/godz.) przeciętne miesięczne wynagrodzenie w gospodarce narodowej (podstawa wymiaru emerytur i rent).

Koszty pracy wprowadzono jako zmienną w okresie analizy przy założonym wzroście Produktu Krajowego Brutto i przyjęciu, że ¼ tego wzrostu przypadnie na wzrost wynagrodzeń i dochodów ludności.

Koszty czasu w przewozach pasażerskich obejmują:

- koszty czasu dla podróży służbowych,
- koszty czasu dla podróży niesłużbowych (koszty czasu wolnego od pracy).

Jednostkowy koszt czasu dla podróży służbowych przyjmuje się, jako koszt pracy w gospodarce narodowej.

Jednostkowy koszt czasu dla podróży niesłużbowych przyjmuje się w wysokości 30% wynagrodzenia osobowego.

Stawki wartości czasu w przewozach pasażerskich na jeden pojazd ustalono przyjmując: 25% podróży służbowych, 75% podróży niesłużbowych oraz przeciętne zapelnienie pojazdu: 1,5 osoby na jeden samochód osobowy, 12 osób na jeden autobus na drogach zamiejskich i 30 osób na drogach miejskich z komunikacją zbiorową.

Prędkość jazdy ma wpływ na zużycie czasu (wyrażone w godzinach) w **wariancie bezinwestycyjnym** i **wariancie inwestycyjnym** przez samochody osobowe i autobusy. Sumaryczne koszty czasu w każdym wariantcie oblicza się mnożąc w każdym kolejnym roku analizy roczne przebiegi samochodów osobowych i autobusów na analizowanym odcinku drogi przez jednostkowe koszty czasu przypadające na dany rodzaj pojazdu. Koszty czasu w przewozach pasażerskich oblicza się według wzoru:

$$K_c = L \cdot \sum_{j=1}^2 \frac{k_{cj}}{V_{pdrj}} \cdot 365 \cdot SDR_j \quad 21.$$

gdzie:

K_c	roczne koszty czasu w przewozach pasażerskich w [PLN],
k_{cj}	jednostkowy koszt czasu w przewozach pasażerskich samochodu osobowego i autobusu w [PLN/godz],
V_{pdrj}	prędkość podróży pojazdu j w [km/godz],
SDR_j	średnie dobowe natężenia ruchu grupy pojazdu j w [poj/dobę],
L	długość odcinka drogi w [km].

Koszty czasu w przewozach towarowych

Koszty czasu w przewozach towarowych oblicza się w oparciu o koszty pracy zdefiniowane przez Główny Urząd Statystyczny. Koszty pracy wprowadzono jako zmienną w okresie analizy przy założonym wzroście Produktu Krajowego Brutto i przyjęciu, że ¼ tego wzrostu przypadnie na wzrost wynagrodzeń i dochodów ludności.

Prędkość jazdy ma wpływ na zużycie czasu w przewozach towarowych (wyrażone w godzinach) w **wariancie bezinwestycyjnym** i **wariancie inwestycyjnym** przez samochody dostawcze, samochody ciężarowe bez przyczep, samochody ciężarowe z przyczepami.

Sumaryczne koszty czasu w każdym wariantcie oblicza się mnożąc w każdym kolejnym roku analizy roczne przebiegi samochodów dostawczych, samochodów ciężarowych bez przyczep i samochodów ciężarowych z przyczepami na analizowanym odcinku drogi przez jednostkowe koszty czasu przypadające na dany rodzaj pojazdu. Koszty czasu w przewozach towarowych oblicza się według wzoru:

$$K_{ck} = L \cdot \sum_{j=1}^3 \frac{k_{ck}}{V_{pdrj}} \cdot 365 \cdot SDR_j \quad 22.$$

gdzie:

- K_{ck} roczne koszty czasu w przewozach towarowych w [PLN],
- k_{ck} jednostkowy koszt czasu w przewozach towarowych samochodów dostawczych i ciężarowych w [PLN/godz],
- V_{pdrj} prędkość podróży pojazdu j w [km/godz],
- SDR_j średnie dobowe natężenia ruchu grupy pojazdu j w [poj/dobę],
- L długość odcinka drogi w [km].

Koszty wypadków drogowych

Podstawę oszacowania kosztów wypadków stanowią:

- stwierdzone liczby wypadków na drodze w stanie istniejącym, ze statystyk policyjnych ostatnich co najmniej trzech lat, lub tabele zależności wskaźników ryzyka wypadków od cech dróg,
- jednostkowe koszty wypadków w PLN na jeden wypadek.

Jednostkowe koszty wypadku uwzględniają straty materialne oraz straty wynikające z uszkodzeń ciała i śmierci ofiar wypadków. Na jednostkowe koszty wypadków składają się:

- 1) straty wynikające ze śmierci ofiar wypadków, obejmujące:
 - szacunkową średnią stratę Produktu Krajowego Brutto (pomniejszonego o spożycie),
 - średni koszt leczenia,
 - średni koszt pogrzebu,
 - średnie odszkodowanie za zabitego (łącznie z wypłatami z dobrowolnych ubezpieczeń),
- 2) straty wynikające z uszkodzeń ciała rannych w wypadkach drogowych, na które składają się:
 - wypadek ciężki z trwałym kalectwem,
 - wypadek „średni”,
 - wypadek lekki,
 obejmujące:
 - szacunkową średnią stratę Produktu Krajowego Brutto,
 - średni koszt leczenia i rehabilitacji,
- 3) szacunkowe koszty materialne przypadające na jeden wypadek,
- 4) szacunkowe koszty operacyjne.

Jednostkowe koszty wypadków wprowadzono jako zmienne w okresie analizy przy założonym rocznym wzroście Produktu Krajowego Brutto.

Dla każdego wariantu **WO** i **WI** ustala się prognozowane liczby wypadków w okresie analizy. Prognozowane liczby wypadków w każdym kolejnym roku mnoży się przez odpowiedni jednostkowy koszt wypadku w obszarze zabudowanym lub niezabudowanym w Polsce i otrzymuje się strumienie kosztów wypadków w obu wariantach.

Koszty wypadków drogowych oblicza się na podstawie teoretycznej lub zarejestrowanej i prognozowanej liczby wypadków na analizowanym odcinku drogi obliczonych za pomocą odpowiednich wskaźników przeliczeniowych, uwzględniających różne warunki drogowo-ruchowe za pomocą wzoru:

$$K_w = L \cdot w_{wa} \cdot k_w \cdot 365 \cdot \sum_{j=1}^5 \left(\frac{SDR_j}{1000000} \right) \quad 23.$$

gdzie:

- K_w roczne koszty wypadków w [PLN],
- k_w jednostkowy koszt wypadku w [PLN na wypadek],
- w_{wa} wskaźnik ryzyka wypadków zależnie od warunków drogowo-ruchowych a w [liczba wypadków/1 000 000 poj.km],
- SDR_j średnie dobowe natężenia ruchu grupy pojazdów j w [poj/dobę],
- L długość odcinka drogi w [km].

Dane techniczne analizowanych odcinków do określenia ryzyka wypadków (przykład)

Lp.	Wyszczególnienie	Jedn.	Odcinek istniejący		Odcinek nowy
			Wariant:		Wariant:
			[W0]	[W1]	[W0]
1	Długość odcinka	km			
2	Rodzaj obszaru: Z - niezabudowany; M -zabudowany				
3	Klasa drogi (A, S, GP, G)				
4	Ilość i szerokość jezdni	m			
5	Szerokość poboczy utwardzonych lub szerokość pasa awaryjnego	m			
6	Skrzyżowania: 1P – jednopoziomowe, 1S – jednopoziomowe skanalizowane, 1R – jednopoziomowe typu rondo, 2P – wielopoziomowe				
7	Zatoki autobusowe - ZA	szt.			
8	Krawędź jezdni: W - zwężenie lub wyszczerbienia, obniżenie pobocza przy krawędzi jezdni				
9	Śliskość nawierzchni: SL - śliska ($s < 0,25$); SZ - szorstka ($s > 0,25$)				
10	Głębokie koleiny - K				

Wypadki prognozuje się zależnie od natężenia ruchu (w pojazdach rzeczywistych) i rodzaju drogi w każdym roku analizowanego okresu

Koszty emisji toksycznych składników spalin

Koszty uciążliwości dla środowiska drogowego w niniejszej instrukcji obejmują tylko koszty emisji toksycznych składników spalin, ponoszone przez otoczenie drogi. Jednostkowe koszty emisji toksycznych składników spalin w niniejszej instrukcji powiązane ze zużyciem paliwa przez poszczególne pojazdy w funkcji: prędkości, ukształtowania terenu i stanu technicznego nawierzchni (czynniki bezpośrednio związane ze zużyciem paliwa). Jednostkowe koszty emisji toksycznych składników spalin obliczono w zależności od rodzaju silnika napędzającego pojazd (z zapłonem iskrowym i z samoczynnym).

Przebiegi pojazdów, przyjęte w prognozowaniu ruchu, i przebiegi pojazdów w każdym roku badanego okresu analizy według kategorii pojazdów, w obu wariantach, mnoży się przez odpowiedni koszt jednostkowy. Powstają w ten sposób strumienie kosztów uciążliwości toksycznych spalin dla otoczenia drogi.

Koszty emisji toksycznych składników spalin oblicza się za pomocą wzoru:

$$K_s = L \cdot \sum_{j=1}^5 k_{sj}(V_{pdrj}, T, S) \cdot 365 \cdot SDR_j \quad 24.$$

gdzie:

- K_s roczne koszty emisji toksycznych składników spalin w [PLN],
- $k_{sj}(V_{pdrj}, T, S)$ jednostkowe koszty emisji toksycznych składników spalin przez pojazd samochodowy j w funkcji prędkości podróży V_{pdrj} ukształtowania terenu T i stanu technicznego nawierzchni S w [PLN/km],
- SDR_j średnie dobowe natężenie ruchu pojazdów samochodowych j w [poj/dobę],
- L długość odcinka drogi w [km].

Koszty użytkowników i środowiska

Roczne koszty użytkowników i środowiska oblicza się jako sumę poszczególnych rocznych kosztów:

- a) eksploatacji pojazdów samochodowych,
- b) czasu w przewozach pasażerskich i czasu w przewozach towarowych (i w szczególnych przypadkach czasu w transporcie ciężarowym),
- c) wypadków drogowych,
- d) emisji toksycznych składników spalin,

dla każdego wariantu osobno: **WO** - bezinwestycyjnego i **WI** - inwestycyjnego,

czyli:

$$B_u^{[WO]} = b_e^{[WO]} + b_c^{[WO]} + b_t^{[WO]} + (b_{ct}^{[WO]}) + b_w^{[WO]} + b_s^{[WO]} \quad 25.$$

oraz

$$B_u^{[WI]} = b_e^{[WI]} + b_c^{[WI]} + b_t^{[WI]} + (b_{ct}^{[WI]}) + b_w^{[WI]} + b_s^{[WI]} \quad 26.$$

gdzie:

- B_u roczne koszty użytkowników i środowiska w [PLN],
- b_e roczne koszty eksploatacji pojazdów samochodowych w [PLN],
- b_c roczne koszty czasu w przewozach pasażerskich w [PLN],
- b_t roczne koszty czasu w przewozach towarowych w [PLN],
- b_{ct} roczne koszty czasu w transporcie ciężarowym w [PLN],
- b_w roczne koszty wypadków drogowych w [PLN],
- b_s roczne koszty emisji toksycznych składników spalin w [PLN].

Analiza ekonomiczna kosztów i korzyści

W celu przeprowadzenia analizy ekonomicznej należy obliczyć:

- a) zdyskontowane koszty inwestycji netto jako różnicę nakładów w wariantach:

$$NPC^r = \sum_{t=1}^n (c_t^{[WO]} - c_t^{[WI]})^r \quad 27.$$

gdzie:

NPC^r zdyskontowane koszty inwestycji netto przy stopie dyskontowej r w [PLN],
 $c_t^{[WO]}$ nakłady drogowo-mostowe (wariant bezinwestycyjny) w [PLN],
 $c_t^{[WI]}$ nakłady drogowo-mostowe (wariant inwestycyjny) w [PLN].

- b) zdyskontowane oszczędności netto dla poszczególnych składników oceny tj.: kosztów eksploatacji pojazdów, kosztów czasu, kosztów wypadków i kosztów emisji toksycznych składników spalin, jako różnicę w wariantach:

$$NPO^r = \sum_{t=1}^n (b_e^{[WO]} - b_e^{[WI]})^r \quad 28.$$

gdzie:

NPO^r zdyskontowane oszczędności eksploatacji pojazdów netto przy stopie dyskontowej r w [PLN].

$$NPP^r = \sum_{t=1}^n (b_c^{[WO]} - b_c^{[WI]})^r \quad 29.$$

gdzie:

NPP^r zdyskontowane oszczędności kosztów czasu w przewozach pasażerskich przy stopie dyskontowej r w [PLN].

$$NPT^r = \sum_{t=1}^n (b_t^{[WO]} - b_t^{[WI]})^r \quad 30.$$

gdzie:

NPT^r zdyskontowane oszczędności kosztów czasu w przewozach towarowych przy stopie dyskontowej r w [PLN].

$$NPG^r = \sum_{t=1}^n (b_{ct}^{[WO]} - b_{ct}^{[WI]})^r \quad 31.$$

gdzie:

NPG^r zdyskontowane oszczędności kosztów czasu w transporcie przy stopie dyskontowej r w [PLN].

$$NPA^r = \sum_{t=1}^n (b_w^{[WO]} - b_w^{[WI]})^r \quad 32.$$

gdzie:

NPA^r zdyskontowane oszczędności kosztów wypadków netto przy stopie dyskontowej r w [PLN].

$$NPE^r = \sum_{t=1}^n (b_s^{[WO]} - b_s^{[WI]})^r \quad 33.$$

gdzie:

NPE^r zdyskontowane oszczędności kosztów emisji toksycznych składników spalin netto przy stopie dyskontowej r [PLN].

- c) zdyskontowane oszczędności użytkowników i środowiska netto:

$$NPB^r = NPO^r + NPP^r + NPT^r + NPG^r + NPA^r + NPE^r \quad 34.$$

gdzie:

NPB^r zdyskontowane oszczędności użytkowników i środowiska netto przy stopie dyskontowej r w [PLN].

- d) wartości netto (**NV** - *Net Value*) jako sumę kosztów netto i oszczędności użytkowników i środowiska netto:

$$NV = NC + NB \quad 35.$$

gdzie:

NV korzyści netto w [PLN],
 NC koszty netto w [PLN],
 NB oszczędności użytkowników i środowiska netto w [PLN].

- e) zdyskontowane wartości netto w kolejnych latach analizowanego okresu przy pomocy czynników dyskontowych v odpowiednich dla danej stopy dyskontowej r ,

$$NV_t^r = NV_t \cdot v_{rt}^r \quad 36.$$

gdzie:

NV_t^r zdyskontowana korzyść netto w kolejnym roku t analizowanego okresu przy stopie dyskontowej r w [PLN],
 NV_t korzyść netto w kolejnym roku t analizowanego okresu w [PLN],
 v_{rt}^r czynnik dyskontujący właściwy dla danego roku t analizowanego okresu i stopy dyskontowej r .

- f) ekonomiczne wartości bieżące netto (**ENPV** - *Economic Net Present Value*) dla stopy dyskontowej $r = 0,06$ oraz innych r aż do osiągnięcia $ENPV_r = 0$, jako sumę zdyskontowanych wartości netto w kolejnych latach analizowanego okresu lub sumę zdyskontowanych kosztów netto i zdyskontowanych oszczędności użytkowników i środowiska netto,

$$ENPV^r = \sum_{t=1}^n NV_t^r = NPC^r + NPB^r \quad 37.$$

gdzie:

$ENPV$ ekonomiczna wartość bieżąca netto,
 NV_t^r zdyskontowana wartość netto w kolejnym roku t analizowanego okresu przy stopie dyskontowej r w [PLN],
 NPC^r zdyskontowane koszty inwestycji netto przy stopie dyskontowej r w [PLN],
 NPB^r zdyskontowane oszczędności użytkowników i środowiska netto przy stopie dyskontowej r w [PLN].

- g) wskaźnik korzyści-koszty (efektywność ekonomiczną) (**BCR** - *Benefit Cost Ratio*) inwestycji jako stosunek sumy zdyskontowanych korzyści netto do sumy zdyskontowanych kosztów netto w analizowanym okresie lub jako stosunek zdyskontowanych kosztów netto i zdyskontowanych oszczędności użytkowników i środowiska netto dla każdej stopy dyskontowej r oddzielnie:

$$BCR^r = \frac{\sum_{t=1}^n NB_t^r}{\sum_{t=1}^n NC_t^r} = \frac{NPB^r}{NPC^r} = e \quad 38.$$

gdzie:

- $BCR^r = e$ wskaźnik korzyści-koszty (efektywność ekonomiczną) (**BCR** - *Benefit Cost Ratio*) inwestycji,
 NPB^r zdyskontowane oszczędności użytkowników i środowiska netto przy stopie dyskontowej r w [PLN],
 NPC^r zdyskontowane koszty inwestycji netto przy stopie dyskontowej r w [PLN],
 NB^r oszczędności użytkowników i środowiska netto w kolejnym roku t zdyskontowane przy stopie dyskontowej r w [PLN],
 NC^r koszty inwestycji netto w kolejnym roku t zdyskontowane przy stopie dyskontowej r w [PLN].

- h) ekonomiczną wewnętrzną stopę zwrotu (**EIRR** - *Economic Internal Rate of Return*) czyli taką stopę dyskontową przy której:

$$ENPV_r = 0 \quad \text{lub} \quad BCR = e = 1 \quad 39.$$

Analiza wrażliwości

Analiza wrażliwości stanowi uzupełniający etap w badaniu oceny inwestycji drogowych i mostowych. Badaniami należy objąć następujące składniki występujące w analizie ekonomicznej, tj.:

- SDR (wg prognozy pesymistycznej)..... - 15%,
- Koszty inwestycyjne+ 35%,
- Jednostkowy koszt czasu +/- 15%,
- Wskaźnik wypadkowości (dla projektów punktowych związanych z poprawą bezpieczeństwa) +/- 15%,

Wyniki analizy wrażliwości opisane wartościami **ENPV**, **BCR** i **EIRR** według wymienionych wariantów należy zestawić w formie tabeli.

OCENA ANALIZY EKONOMICZNEJ

Analiza oceny efektywności ekonomicznej inwestycji opiera się na prognozie ruchu. Prognoza powinna być obliczana na podstawie pomiarów generalnych (lub pomiaru specjalnego) i przeliczona odpowiednimi wskaźnikami wzrostu ruchu dla poszczególnych grup pojazdów. Na podstawie prognozy ruchu i danych techniczno-ruchowych należy ustalić prędkości podróży w kolejnych latach okresu analizy.

Do obliczenia wskaźników oceny ekonomicznej **ENPV**, **EIRR** oraz **BCR** należy kolejno opracować poniższe formularze:

- | | |
|--------------|--|
| Formularz 1 | - Prognoza ruchu, |
| Formularz 2 | - Koszty drogowe, |
| Formularz 3 | - Koszty eksploatacji pojazdów, |
| Formularz 4A | - Koszty czasu w przewozach pasażerskich, |
| Formularz 4B | - Koszty czasu w przewozach towarowych, |
| Formularz 4C | - Koszty czasu w transporcie, |
| Formularz 5 | - Koszty wypadków drogowych, |
| Formularz 6 | - Koszty emisji toksycznych składników spalin, |
| Formularz 7 | - Arkusz zbiorczy kosztów użytkowników i środowiska, |
| Formularz 8 | - Analiza ekonomiczna nakładów i korzyści, |
| Formularz 9 | - Wartości i wskaźniki ekonomiczne, |

W formularzach podaje się koszty dla obu wariantów **WO** i **WI**. Koszty drogowe netto **NC** i oszczędności (lub straty) użytkowników i środowiska **NB** oblicza się dla wszystkich lat badanego okresu.

Po opracowaniu arkusza zbiorczego kosztów i korzyści, oblicza się zdyskontowane korzyści netto **NV** (zdyskontowany zysk netto) w każdym kolejnym roku.

Lokalizacja odcinka: województwo: powiat
 Kategoria drogi nr
 Nazwa odcinka

FORMULARZ 1

PROGNOZA RUCHU [SDR] i PRĘDKOŚĆ PODRÓŻY [V_{pd}]

Rok	Prognoza ruchu, średni dobowy ruch [SDR] w poj./dobę												Prędkość podróży [V _{pd}] w km/godz			
	samochody osobowe		samochody dostawcze		samochody ciężarowe				autobusy		Razem		osobowe dostawcze		ciężarowe autobusy	
	Wariant bezinwest.	Wariant inwest.	Wariant bezinwest.	Wariant inwest.	bez przyczep		z przyczepami		Wariant bezinwest.	Wariant inwest.	Wariant bezinwest.	Wariant inwest.	WO	WI	WO	WI
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
2008 ²⁾																
2009																
2010																
2011																
2012																
2013																
2014																
2015																
2016																
2017																
2018																
2019																
2020																
2021																
2022																
2023																
2024																
2025																
2026																
2027																
2028																
2029																
2030																
2031																
2032																
2033																
...																
...																
...																

²⁾ okres analizy – 25 lat od rozpoczęcia realizacji inwestycji.

Lokalizacja odcinka: województwo: powiat.....
 Kategoria drogi nr.....
 Nazwa odcinka

FORMULARZ 2

NAKŁADY DROGOWO – MOSTOWE

PLN

Rok	budowa lub przebudowa		inne koszty ¹⁾		remont okresowy		remont cząstkowy		utrzymanie bieżące		Razem	
	Wariant bezinwest..	Wariant inwestycyjny	Wariant bezinwest..	Wariant inwestycyjny	Wariant bezinwest..	Wariant inwestycyjny	Wariant bezinwest..	Wariant inwestycyjny	Wariant bezinwest..	Wariant inwestycyjny	Wariant bezinwest..	Wariant inwestycyjny
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2008 ²⁾												
2009												
2010												
2011												
2012												
2013												
2014												
2015												
2016												
2017												
2018												
2019												
2020												
2021												
2022												
2023												
2024												
2025												
2026												
2027												
2028												
2029												
2030												
2031												
2032												
2033												
...												
...												
...												

¹⁾ inne koszty związane z inwestycją np. koszty dokumentacji, wykupu gruntów, nadzory, opłaty za środowisko itp.

²⁾ **okres analizy** – 25 lat od rozpoczęcia realizacji inwestycji.

Lokalizacja odcinka: województwo: powiat.....
 Kategoria drogi nr.....
 Nazwa odcinka

FORMULARZ 3

KOSZTY EKSPLOATACJI POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH

PLN

Rok	samochody osobowe		samochody dostawcze		samochody ciężarowe				autobusy		Razem	
	Wariant bezinwest..	Wariant inwest..	Wariant bezinwest..	Wariant inwest..	bez przyczep		z przyczepami		Wariant bezinwest..	Wariant inwest..	Wariant bezinwest..	Wariant inwest..
					Wariant bezinwest..	Wariant inwest..	Wariant bezinwest..	Wariant inwest..				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2008 ²⁾												
2009												
2010												
2011												
2012												
2013												
2014												
2015												
2016												
2017												
2018												
2019												
2020												
2021												
2022												
2023												
2024												
2025												
2026												
2027												
2028												
2029												
2030												
2031												
2032												
2033												
...												
...												
...												

²⁾ **okres analizy** – 25 lat od rozpoczęcia realizacji inwestycji.

Lokalizacja odcinka: województwo: powiat.....
 Kategoria drogi nr.....
 Nazwa odcinka

FORMULARZ 4A

KOSZTY CZASU W PRZEWOZACH PASAŻERSKICH

PLN

Rok	samochody osobowe		autobusy		Razem	
	Wariant bezinwest..	Wariant inwest..	Wariant bezinwest..	Wariant inwest..	Wariant bezinwest..	Wariant inwest..
1	2	3	4	5	6	7
2008 ²⁾						
2009						
2010						
2011						
2012						
2013						
2014						
2015						
2016						
2017						
2018						
2019						
2020						
2021						
2022						
2023						
2024						
2025						
2026						
2027						
2028						
2029						
2030						
2031						
2032						
2033						
...						
...						
...						

²⁾ **okres analizy** – 25 lat od rozpoczęcia realizacji inwestycji.

Lokalizacja odcinka: województwo: powiat.....
 Kategoria drogi nr.....
 Nazwa odcinka

FORMULARZ 4B

KOSZTY CZASU W PRZEWOZACH TOWAROWYCH

PLN

Rok	samochody dostawcze		samochody ciężarowe				Razem	
	Wariant bezinwest..	Wariant inwest..	bez przyczep		z przyczepami		Wariant bezinwest..	Wariant inwest..
			Wariant bezinwest..	Wariant inwest..	Wariant bezinwest..	Wariant inwest..		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2008 ²⁾								
2009								
2010								
2011								
2012								
2013								
2014								
2015								
2016								
2017								
2018								
2019								
2020								
2021								
2022								
2023								
2024								
2025								
2026								
2027								
2028								
2029								
2030								
2031								
2032								
2033								
...								
...								
...								

²⁾ **okres analizy** – 25 lat od rozpoczęcia realizacji inwestycji.

Lokalizacja odcinka: województwo: powiat.....
 Kategoria drogi nr.....
 Nazwa odcinka

FORMULARZ 4C

KOSZTY CZASU W TRANSPORCIE (samochodów ciężarowych z przyczepami)

PLN

Rok	związane z ładunkiem		związane z czasem		Razem	
	Wariant bezinwest..	Wariant inwest..	Wariant bezinwest..	Wariant inwest..	Wariant bezinwest..	Wariant inwest..
1	2	3	4	5	6	7
2008 ²⁾						
2009						
2010						
2011						
2012						
2013						
2014						
2015						
2016						
2017						
2018						
2019						
2020						
2021						
2022						
2023						
2024						
2025						
2026						
2027						
2028						
2029						
2030						
2031						
2032						
2033						
...						
...						
...						

²⁾ **okres analizy** – 25 lat od rozpoczęcia realizacji inwestycji.

Lokalizacja odcinka: województwo: powiat.....
 Kategoria drogi nr.....
 Nazwa odcinka

FORMULARZ 5

KOSZTY WYPADKÓW DROGOWYCH

Rok	wskaźnik ryzyka wypadków		liczba wypadków		koszty wypadków w PLN	
	Wariant bezinwest..	Wariant inwest..	Wariant bezinwest..	Wariant inwest..	Wariant bezinwest..	Wariant inwest..
1	2	3	4	5	6	7
2008 ²⁾						
2009						
2010						
2011						
2012						
2013						
2014						
2015						
2016						
2017						
2018						
2019						
2020						
2021						
2022						
2023						
2024						
2025						
2026						
2027						
2028						
2029						
2030						
2031						
2032						
2033						
...						
...						
...						

²⁾ **okres analizy** – 25 lat od rozpoczęcia realizacji inwestycji.

Lokalizacja odcinka: województwo: powiat.....
 Kategoria drogi nr.....
 Nazwa odcinka

FORMULARZ 6

KOSZTY ŚRODOWISKA - EMISJI TOKSYCZNYCH SKŁADNIKÓW SPALIN

PLN

Rok	samochody osobowe		samochody dostawcze		samochody ciężarowe				autobusy		Razem	
	Wariant bezinwest..	Wariant inwest..	Wariant bezinwest..	Wariant inwest..	bez przyczep		z przyczepami		Wariant bezinwest..	Wariant inwest..	Wariant bezinwest..	Wariant inwest..
					Wariant bezinwest..	Wariant inwest..	Wariant bezinwest..	Wariant inwest..				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2008 ²⁾												
2009												
2010												
2011												
2012												
2013												
2014												
2015												
2016												
2017												
2018												
2019												
2020												
2021												
2022												
2023												
2024												
2025												
2026												
2027												
2028												
2029												
2030												
2031												
2032												
2033												
...												
...												
...												

42

²⁾ **okres analizy** – 25 lat od rozpoczęcia realizacji inwestycji.

Lokalizacja odcinka: województwo: powiat.....
 Kategoria drogi nr.....
 Nazwa odcinka

FORMULARZ 7

KOSZTY UŻYTKOWNIKÓW I ŚRODOWISKA

PLN

Rok	koszty eksploatacji		koszty czasu w przewozach pasażerskich		koszty czasu w przewozach towarowych		koszty wypadków drogowych		koszty emisji toksycznych składników spalin		Razem	
	Wariant bezinwest..	Wariant inwest..	Wariant bezinwest..	Wariant inwest..	Wariant bezinwest..	Wariant inwest..	Wariant bezinwest..	Wariant inwest..	Wariant bezinwest..	Wariant inwest..	Wariant bezinwest..	Wariant inwest..
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2008 ²⁾												
2009												
2010												
2011												
2012												
2013												
2014												
2015												
2016												
2017												
2018												
2019												
2020												
2021												
2022												
2023												
2024												
2025												
2026												
2027												
2028												
2029												
2030												
2031												
2032												
2033												
...												
...												
...												

²⁾ **okres analizy** – 25 lat od rozpoczęcia realizacji inwestycji.

Lokalizacja odcinka: województwo: powiat.....
 Kategoria drogi nr.....
 Nazwa odcinka

FORMULARZ 8

ANALIZA EKONOMICZNA NAKŁADÓW I KORZYŚCI

EIRR₍₂₀₃₃₎ =...%

Rok	Koszty netto [NC]	Oszczędności użytkowników netto [NB]	Wartości netto [NV]	Roczne zdyskontowane korzyści netto przy współczynnikach stopy dyskontowej r:				
				r= <i>EIRR</i> ₍₂₀₃₃₎
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2008 ²⁾								
2009								
2010								
2011								
2012								
2013								
2014								
2015								
2016								
2017								
2018								
2019								
2020								
2021								
2022								
2023								
2024								
2025								
2026								
2027								
2028								
2029								
2030								
2031								
2032								
2033								
...								
...								
...								
			<i>ENPV</i> ₍₂₀₃₃₎					0
			<i>BCR</i> ₍₂₀₃₃₎					1,000

44

²⁾ okres analizy – 25 lat od rozpoczęcia realizacji inwestycji.

FORMULARZ 9

Lokalizacja odcinka: województwo:powiat.....

Kategoria drogi.....nr.....

Nazwa odcinka

WARTOŚCI I WSKAŹNIKI EKONOMICZNE

Opis	Jedn.	Wartość lub wskaźnik przy stopie dyskontowej <i>r</i>			
	
1	3	4	5	6	7
Zdyskontowane koszty inwestycji netto NPC	PLN				
Zdyskontowane oszczędności kosztów eksploatacji pojazdów netto NPO	PLN				
Zdyskontowane oszczędności kosztów czasu w przewozach pasażerskich netto NPP	PLN				
Zdyskontowane oszczędności kosztów czasu w przewozach towarowych netto NPT	PLN				
Zdyskontowane oszczędności kosztów wypadków netto NPA	PLN				
Zdyskontowane oszczędności kosztów emisji toksycznych składników spalin netto NPE	PLN				
Zdyskontowane oszczędności kosztów użytkowników i środowiska netto NPB	PLN				
Ekonomiczna wartość bieżąca netto ENPV	PLN				
Wskaźnik korzyści – koszty BCR					
Ekonomiczna wewnętrzna stopa zwrotu EIRR	%				