

*(koleje dużych prędkości, analizy,  
opłaty za uzyskanie dostępu,  
modele ruchowe*

Andrzej BIAŁOŃ<sup>1</sup>  
Paweł GRADOWSKI<sup>2</sup>  
Marta GRYGLAS<sup>3</sup>

### **WPLYW WYMAGAŃ, SYMULACJI I OPŁAT ZA UZYSKANIE DOSTĘPU DO INFRASTRUKTURY Z PUNKTU WIDZENIA WYKONYWANIA ANALIZ W STUDIACH WYKONALNOŚCI**

*W referacie omówiono historię, osiągnięcie sukcesu przez koleje dużych prędkości we Francji i Japonii, które zapoczątkowały wprowadzanie tego systemu w innych krajach europejskich. Unia Europejska chcąc ujednoczyć sektor kolejowy wprowadza w życie dyrektywę zapewniającą współdziałanie pomiędzy poszczególnymi kolejami różnych państw. Omówiono ekonomiczne, finansowe, techniczne znaczenie systemu. Uwzględniono koszty, które powinno przewidywać się w tego typu projektach a także sposób pobierania opłat za dostęp do infrastruktury.*

### **INFLUENCE OF REQUIREMENTS, SIMULATIONS AND ACCESS CHARGES OVER ANALYSIS DURING FEASIBILITY STUDIES**

*This paper presents the success story of high speed trains in France and Japan, which lead to the implementation of the HST system in other European countries. In order to unify the railway sector, the European Union is implementing the Directive of cooperation between the respective railways of the different EU countries. The economic, financial and technical meaning of the system are discussed. The costs, which should be considered in such projects, together with manners of access charges payment, were included.*

## **1. HISTORIA SUKCESU KOLEI DUŻYCH PRĘDKOŚCI W EUROPIE**

Kolej dużych prędkości systemu TGV niewątpliwie przejdzie do historii kolei, jako jedno z ważnych ogniw rozwoju europejskiego i ogólnoswiatowego transportu kolejowego.

---

<sup>1</sup>Instytut Kolejnictwa, Polska, ul. Chłopickiego 50, 04-275 Warszawa,  
tel. +48 22 47-31-453 fax. +48 22 47-31-036, e-mail: abialon@ikolej.pl

<sup>2</sup>Instytut Kolejnictwa, Polska, ul. Chłopickiego 50, 04-275 Warszawa,  
tel. +48 22 47-31-050 fax. +48 22 47-31-036, e-mail: pgradowski@ikolej.pl

<sup>3</sup>Instytut Kolejnictwa, Polska, ul. Chłopickiego 50, 04-275 Warszawa,  
tel. +48 22 47-31-416 fax. +48 22 47-31-036, e-mail: mgryglas@ikolej.pl

Francuskie TGV dzięki połączeniu dobrze rozwiniętej infrastruktury kolejowej i niezmiernie zaawansowanego technicznie taboru, stały się systemem szybkim, bezpiecznym, o dużej przepustowości, wygodnym i skutecznym środkiem transportu dostępnym dla wszystkich pasażerów. Pierwsze uruchomienie TGV nastąpiło ćwierć wieku temu na linii TGV South-East osiągając sukces w obszarze technicznym, handlowym, ekonomicznym i finansowym. Na linii East TGV ustanowiło światowy rekord prędkości jazdy 575 km/h, który przy uwzględnieniu technicznych możliwości jest dużym osiągnięciem. W ciągu ostatnich dwudziestu pięciu lat zrealizowano przyjęte założenia techniczne zaproponowanych opcji w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych rozbudowując sieć TGV o linie Southeast, Atlantic, North-European, Mediterranean i East.

System kolei dużych prędkości (KDP) został rozbudowywany w większości państw europejskich tj.: Francji, Niemczech, Wielkiej Brytanii, Hiszpanii, Włoszech, Holandii, Belgii i Szwajcarii, etc. Większość realizowanych projektów jest w fazie budowy bądź w trakcie badań. Istniejące plany zakładają rozbudowę transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości do około 12.600 km, z których 8.400 km będzie oddane do komercyjnej eksploatacji w 2010 r.

System KDP spowodował odbudowę znaczenia transportu kolejowego, dostosowanego do potrzeb wszystkich pasażerów stając się transportem bezpiecznym i wydajnym oraz osiągnął miano symbolu nowoczesnego społeczeństwa. Światowym standardem dla KDP jest TGV.

## **2. ROZWÓJ KOLEI DUŻYCH PRĘDKOŚCI W EUROPIE**

### **2.1 Podstawowe zasady kolei dużych prędkości**

W 1964 r. w Japonii rozpoczyna się wprowadzanie na rynek kolei dużych prędkości (200 km/h). W 1967 SNCF rozpoczęło studia i badania nad systemem KDP powyżej 250 km/h. W 1970 po uzyskaniu pierwszych wyników z badań pojawia się propozycja budowy nowej linii między Paryżem i Lyon. Postanowiono trzymać się trzech podstawowych zasad: nowa linia będzie przeznaczona wyłącznie dla ruchu pasażerskiego, będzie zgodna z istniejącą siecią a ruch będzie bazował na zwiększeniu częstotliwości i krótkim czasie podróży.

#### **Nowa linia przeznaczona wyłącznie dla ruchu pasażerskiego**

Nowe linie dedykowane jedynie dla ruchu pasażerskiego łączą dużą moc w stosunku do wagi pociągu zespolonego pozwalają przemierzać pociągom strome nachylenia terenu na nowych liniach. Korzyści związane z tą opcją to:

- pokaźne redukcje kosztów inwestycyjnych infrastruktury z racji wyraźnych różnic terenu, wymaganej liczbą i wielkością konstrukcji (tunele, wiadukty, itp.) i możliwość zapewnienia poprawy ustawień, a więc skracania długości będących w budowie nowych linii i odpowiedniej redukcji czasu podróży;
- wykorzystanie dostępnej maksymalnej przepustowości na nowych liniach dzięki ustaleniu jednolitej prędkości pociągów na linii;
- wyłącznego przydziału nowej linii do obsługi ruchu pasażerskiego, wyraźne zwolnienie przepustowości na istniejących liniach konwencjonalnych tak, aby korzyści wynikały z przeniesienia ruchu i zapewnieniu optymalnego wykorzystania przepustowości w obu przypadkach, ponieważ pociągi będą poruszały się z podobną prędkością.

#### **Zgodność z istniejącą siecią**

Przez zapewnienie kompatybilności z istniejącą siecią, zespolone pociągi TGV mogą kontynuować swoją podróż na eksploatowanych wcześniej liniach i przemieszczać się głęboko do miast, w ten sposób oferując pełny terytorialny dostęp do nowej sieci, a w rezultacie umożliwiając:

- bezpośrednią pracę wewnątrz miast wykorzystując istniejące linie bez nowej miejskiej infrastruktury kolejowej, która przy takim zdefiniowaniu, byłaby bardzo kosztowna;
- unikanie przesiadek z jednego do drugiego pociągu na końcach nowych linii;
- stopniowe wprowadzanie i rozszerzanie usług na liniach TGV.

Takie podejście przyczynia się do zmniejszania kosztów konstrukcji nowych linii oraz do zwiększenia potencjalnego rejonu i ruchu.

Wszystkie zespoły TGV są w pełni kompatybilne z istniejącą siecią dzięki temu możliwa jest kontynuacja przejazdu po sieci z określoną prędkością przez układy lokalnych linii, obsługujące setki kilometrów pomiędzy końcami nowych linii poszczególnych miast. Bezpośrednią konsekwencją nowych linii dużych prędkości jest integracja istniejącej sieci linii przez stworzenie połączenia z tą częścią sieci w kilku różnych miejscach.

Pociągi dużych prędkości wykorzystują istniejące linie do:

- przejazdu do centrum miasta i obsługi istniejących stacji końcowych;
- objęcia usługami obszarów poza nowymi liniami zwiększając tym samym rynek KDP.

Dla krajów z różną szerokością torów (różnice pomiędzy istniejącą siecią konwencjonalną a rozstawem linii dużych prędkości), nowe linie można dobudować do istniejących stacji przez modyfikację istniejących szerokości torów w pobliżu stacji końcowych. Jednakże możliwe są rozwiązania na dużych obszarach przenikania. Tabor kolejowy o automatycznej zmianie szerokości rozstawu kołowego jest budowany w Hiszpanii i Japonii (fazy prototypów).

#### **Podstawy eksploatacji ze zwiększoną częstotliwością i krótkim czasem podróży**

Zespoły TGV są lekkimi pociągami zespolonymi typu push-pull o dużej mocy w stosunku do masy umożliwiające łączenie ich razem w pary. W rezultacie, możemy osiągnąć:

- maksymalną prędkość ruchową 300÷350 km/h i wysoką średnią prędkość handlową (przy wykorzystaniu istniejących konwencjonalnych linii i stacji) w okolicach 250÷300 km/h. Średnie prędkości handlowe, które przynoszą pokaźne skrócenie czasu podróży a w odniesieniu do linii lotniczych na dystansach do 1.500 km uzyskujemy konkurencyjne czasy połączeń;
- częste jazdy będące podstawą pomimo limitowanej ilości zespołów pociągowych na skutek szybkiego obrotu (projektowane jako push-pull i ułatwiające zmianę kierunku jazdy na stacjach);
- pełne wykorzystanie przepustowości w okresach szczytu dostępnych na nowych liniach poprzez utworzenie jednego pociągu połączonego z dwóch zespołów razem.

Te techniczne zasady dla KDP we Francji okazały się trafne. System bazował na zwiększeniu częstotliwości usług i redukcji czasu podróży tworząc tym samym zupełnie nowe podejście dla podróżującego społeczeństwa. Zarejestrowano nagły znaczący wzrost ruchu, który można przypisać temu zjawisku.

Opcje techniczne, które zostały zaprojektowane dla TGV we Francji okazały się wysoce wiarygodne. Umożliwiły one osiągnięcie zwiększenia prędkości handlowej z około 240÷270 km/h, do optymalnych w użytkowaniu przez TGV i komercyjnej przepustowości nowych linii, zmniejszenia kosztów eksploatacyjnych i utrzymania linii oraz taboru

kolejowego, a także uwolnienia dużych przepustowości dla transportu towarowego na istniejących liniach konwencjonalnych. Wszystkie te czynniki wpłynęły na wzrost ruchu i w efekcie zwiększenie zysków a także spowodowały powrót do inwestowania w projekty kolei dużych prędkości.

#### **Interoperacyjność kolei dużych prędkości w Europie**

Sukces kolei dużych prędkości we Francji spowodował, że wprowadzaniem tego typu pociągów zainteresowały się inne kraje europejskie tj.: Niemcy, Hiszpania, Belgia, Holandia i Włochy. Niestety w poszczególnych krajach koleje te różnią się danymi technicznymi i nie są interoperacyjne. Wspólnota Europejska dążąc do rozwoju w sektorze KDP w ramach transeuropejskiej sieci postanowiła przyczynić się do zapewnienia gwarancji współdziałania pomiędzy poszczególnymi krajowymi kolejami i ich indywidualnymi systemami. Pierwszym działaniem Rady w tym zakresie była uchwalona 23 lipca 1996 r. Dyrektywa 96/48/EC dotycząca interoperacyjności transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości. Dyrektywa ta zawiera podstawowe opisy techniczne dotyczące wymogów w zakresie infrastruktury i taboru kolejowego.

### **3. MODEL EKONOMICZNY: PROGNOZA POPYTU, SYMULACJE KOLEJOWE I WEWNĘTRZNA STOPA ZWROTU**

#### **3.1 Podstawowa analiza ekonomiczna projektu HST**

W związku z ekonomicznym, społecznym, finansowym i technicznym znaczeniem projekty dotyczące KDP wymagają opracowywania obszernych studiów wykonalności, które biorą pod uwagę różne obszary.

Jednym z branych pod uwagę czynników przy wykonywaniu studium jest zwiększenie ruchu pasażerskiego, który wpływa bezpośrednio i pośrednio na korzyści.

Ocena dużego projektu kolei dzieli się na cztery główne sekcje:

- oszacowanie kosztów inwestycji bazujące na doświadczeniach i wiedzy rynkowej;
- oszacowanie przyszłego ruchu bazuje na wykorzystaniu modeli przewidywania ruchu;
- symulacja eksploatacyjna kolei opierająca się na modelach symulacji;
- oszacowanie ekonomicznego i społeczno-ekonomicznego bilansu.

Oszacowanie strumieni przyszłego ruchu pozwala na określenie przyszłych dochodów wynikających z eksploatacji nowej linii i tym samym wpływa na wyniki analizy ekonomicznej. Przyszły ruch jest szacowany przez ekonometryczne modele wyjaśniające formę wyboru transportu pasażerów.

Eksploatacja kolei jest szacowana przez spójne modele z przyszłym przewidywanym ruchem. Symulacja użytkowania dostarcza koszty obsługi, przewidywany tabor i proponuje rozkłady jazdy.

W celu oszacowania inwestycji dotyczących konstrukcji linii używa się wielu technik, które obejmują szeroki zakres m.in.: geologię, hydrologię, prace cywilne, itp.

Przy wyliczaniu wewnętrznej stopy zwrotu bierze się pod uwagę wydatki na inwestycje i koszty związane z obsługą linii oraz wylicza się przewidywane dochody. Wewnętrzna stopa zwrotu zależy od aktualnej różnicy między dochodem z obsługi linii (z i bez projektu) i kosztach jej obsługi (z i bez projektu) związanych z początkowymi inwestycjami.

W społeczno-ekonomicznej stopie zwrotu pod uwagę brane są zalety projektu dla całej narodowej społeczności, takie jak korzyści dla przedsiębiorstw kolejowych, oszczędności czasu dla pasażerów, straty netto innych operatorów transportu, korzyści netto dla państwa,

redukcji zatłoczenia na drogach i wpływ na ekonomiczną działalność w regionach związanych z projektem.

### **Koszty inwestycji**

#### *Instalacje stałe*

Przy przeprowadzaniu analiz ekonomicznych, główne czynniki kosztów inwestowania są określone dla poszczególnych analizowanych korytarzy. Doświadczenia zdobyte przez inne kraje pokazują, że koszty nabywania ziemi i wywłaszczeń powinny być brane pod szczególną uwagę. Koszty inżynieria projektu mogą być odniesione do porównywalnych innych projektów realizowanych na dużą skalę.

Główne dane, powinny zawierać następujące parametry:

- sporządzenia map topograficznych;
- geologii ziemi, geotechnologii;
- hydrologii;
- ruchu ziemi, pracy wykopu, ...;
- połączenia z korzyściami komunikacyjnymi.

Dodatkowo, analiza powinna uwzględniać sprawdzenie powiązań między nową linią i miastami oraz centrami miast, które będą obsługiwane, ponadto zawierać techniczne urządzenia i dostarczać stacjom ogólne dane dotyczące opisów technicznych dla szlaku i rozjazdów. Dane techniczne dotyczą również elektryfikacji, sygnalizacji i telekomunikacji.

W skład kosztów inwestycyjnych wchodzi następujące składniki:

- infrastruktura, która obejmuje – koszty zakupu ziemi; koszt odtwarzania miejsc i zapewniania dostępu; nasypy (roboty ziemne); urządzenia systemów odwadniających; przejścia podziemne; zwykłe i specjalne konstrukcje inżynieryjne; instalacje zmniejszające hałas; przebudowa jezdni; krajobraz; ogrodzenia; itp.
- zabudowa ( wyposażenie linii kolejowej), które obejmuje – szlak i budowa podsypki; bezpieczeństwo i instalacje sygnalizacji; usługi dostarczania energii elektrycznej; instalacji telekomunikacyjnych; instalacji w budynkach i na stacjach kolejowych; wydatki ogólne; itp.

#### *Tabor kolejowy*

Na inwestycje w tabor kolejowy wpływają następujące czynniki:

- techniczne cechy szybkich składów zespolonych. Wymagania techniczne obejmują głównie: moc znamionową, prędkość, pojemność, hałas, stateczność, utrzymanie, cykl życia i komfort (zachowania ruchowe);
- komercyjne cechy szybkich składów zespolonych. Uwzględniając wymagania rynkowe wagon taki powinien być wyposażony w następujące elementy: wygodne siedzenia, przedziały 4 osobowe, przedziały dla rodzin lub grup, telefon, faks, telewizor, pokładowe wideo, indywidualne słuchawki, itp.

Techniczne i handlowe cechy należy dostosować do wymagań konkretnego rynku.

- ilość wymaganych szybkich składów zespolonych. Wycień tych można dokonać na podstawie sporządzonego planu eksploatacyjnego, który jest tak zaprojektowany, by ze względu na przedsięwzięcie pod wpływem projektu odpowiadał żądanym prognozom.

Techniczne i handlowe wymagania określają koszt szybkich składów zespolonych. Koszty inwestycji w tabor kolejowy, otrzymujemy przez pomnożenie ilości składów pociągowych wymaganych na danej linii (wliczając kilka dodatkowych składów do rezerwy) przez cenę jednostki.

### **Uzyskiwanie przychodów i bilans ekonomiczny**

Dzięki informacji o przyszłych dochodach, wyliczonych na podstawie przewidywanych prognoz ruchowych, kosztów eksploatacyjnych i wysokości nakładów finansowych, które będą rozłożone w czasie, możliwe jest przy wykorzystaniu technik dyskutowania wyliczenie wewnętrznej stopy zwrotu dla określonego projektu.

#### Zasada dyskutowania

Jeśli weźmiemy pod uwagę wartość przepływów pieniężnych w danym roku to należy liczyć się z tym, że patrząc w przód za kilka lat ten sam pieniądź nie będzie przedstawiał takiej samej wartości jak obecnie, dlatego zachodzi konieczność stosowania metod dyskutowania. Metoda ta polega na rozłożeniu wszystkich przepływów zaczynających się od roku 0 do roku  $n$  równoważnych strumieni w danym roku.

Ekwiwalent przez dany rok (np. roku 0) od sumy  $S_j$  wydawanej w roku  $j$  jest pokazany jako:

$$S_o = \frac{S_j}{(1+a)^j} \quad (1)$$

gdzie:  $a$  – stopa dyskutowa

Okres dyskutowania zwykle zaczyna się w roku, w którym następuje pierwszy przepływ pieniężny (pierwsze nakłady poniesione na budowę nowej linii) i kontynuuje się do przewidywanego zakończenia życia projektu. Dla tego typu projektów przewiduje się dwudziestoletni cykl życia. Dla wszystkich składników kosztów, które nie stały się przestarzałymi na koniec tego okresu, pozostała wartość bierze się do rachunku poprzedzającego rok operacji.

Formułę dla zdyskutowanej przyrostowej korzyści ze względu na 20 letnią eksploatację wyznacza się następująco:

$$BA(a) = - \sum_{m=-c}^{-1} \frac{\Delta Inv_m}{(1+a)^m} + \sum_{m=0}^{19} \frac{-\Delta Inv_m + \Delta R_m - \Delta Dep_m}{(1+a)^m} + \frac{\Delta VR}{(1+a)^{20}} \quad (2)$$

gdzie:  $\Delta Inv_m$  – roczne przyrosty inwestycyjne (infrastruktura, tabor)

$\Delta R_m$  – roczny przyrostowy dochód (lub pozytywna korzyść)

$\Delta Dep_m$  – roczny przyrostowy wydatek (lub ujemna korzyść)

$\Delta VR$  – przyrostowa pozostała wartość na koniec 20 roku eksploatacji

$a$  – stopa dyskutowa

$c$  – okres konstrukcyjny

#### Wewnętrzna stopa zwrotu (IRR)

Stopa zwrotu przy inwestycjach w konkretny projekt jest szacowana na podstawie licznych kryteriów najważniejsze, z nich to:

- wewnętrzna stopa zwrotu, która jest zdefiniowana, jako stopa dyskutowa, przy zrównoważonych zdyskutowanych korzyściach. Współczynnik ten jest uzależniony od czasu, w którym inwestycje są lokalizowane w obsłudze, niezależne od dyskutowanego roku. Współczynnik nie bierze pod uwagę inflacji mierząc w ten sposób prawdziwą wartość projektu. Porównywany do prawdziwego współczynnika zainteresowania rynku (wyłączona inflacja), pokazuje margines, który powinien zostać uwzględniony dla sponsora projektu ze względu na ryzyko, które ponosi on przy jego wprowadzaniu;
- zdyskutowane korzyści obliczane wg danego współczynnika;

- zdyskontowane korzyści z zainwestowanej jednostki monetarnej, przedstawiają stopień korzyści wynikających z inwestycji.

#### *Zysk i bilans ekonomiczny*

Ekonomiczny bilans dla projektu KDP jest przygotowany na okres rozpoczynający się w pierwszym roku inwestycji do dwudziestego roku eksploatacji projektu. Na koniec okresu eksploatacji, pozostała wartość jest wyznaczana dla wyposażenia kolejowego, które jeszcze nie jest ekonomicznie przestarzałym.

Dwa główne wskaźniki ekonomiczne wykorzystują zdyskontowane dochody netto, obliczane dla konkretnego współczynnika i daty wprowadzenia projektu oraz istotnej dla przedsiębiorstwa wewnętrznej stopy zwrotu powiązanej z projektem, (tj. współczynnik, który znosi zdyskontowany dochód netto).

Analiza pozwala na dokonanie wyboru najkorzystniejszej alternatywy, rozpatrując różne plany i opcje trasy a także przedstawia wartość opłacalności z inwestycji oraz sposób czerpania korzyści z projektu przez inwestora.

Nawet, jeśli wykonanie projektu z ekonomicznego punktu widzenia nie jest zasadne, to inwestycja może zostać wykonalna ze względu na aspekty społeczne.

## **4. MODEL RUCHOWY: KONKURENCJA LOTNICZA I POBUDZANIE POPYTU**

### **4.1 Prognozy ruchu i dochodów**

Korporacyjny projekt inwestycyjny jest przygotowywany w kontekście społeczno-ekonomicznym i konkurencyjnym. Badania ruchu pasażerskiego i jego przyrost opierają się na danych dotyczących sektora transportu i gospodarki. Środowisko jest współczynnikiem ekonomicznym i konkurencyjnym w każdej fazie badań. Głównymi danymi są wskaźniki społeczno-ekonomiczne i podaż transportowa konkurencyjnych form transportu.

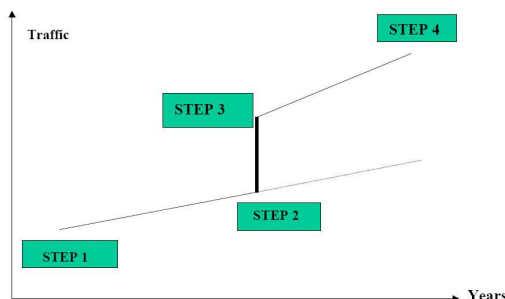
Wdrożenie projektu transportowego powoduje ogólne zmiany w rynkowym udziale każdego z przewoźników zarówno w warunkach natężenia ruchu (wynikającego z przeniesienia się pasażerów ze względu na utworzenie nowego środka transportu) oraz w strukturze i końcowych charakterystycznych cechach pasażerów.

### **4.2 Metodologia przewidywania ruchu**

Pierwsze zadania dotyczące studiów nad KDP zajmują się prognozowaniem potencjalnego rynku sprzedaży wynikającego z realizacji projektu. Projektowanie odbywa się na tzw. zasadzie krok po kroku związanej z ruchem, dlatego w tym celu stosuje się modele ekonometryczne.

Rozwój projektów transportowych powoduje globalne zmiany na rynku podróży a także osobno dla każdego z operatorów zajmującym się transportem w danym sektorze rynku. To oddziałuje na natężenie, strukturę i charakterystykę ruchu.

Na poniższym rysunku zaprezentowano postępowanie zgodnie z przedstawionymi krokami:



Rys. 1 Przewidywania ruchu

- Krok 1 (step 1) odnosi się do podstawowego roku, dla którego rozpoznano statystyczne wyniki i najaktualniejsze analizy.
- Krok 2 (step 2) dotyczy przejścia od podstawowego roku do roku zamówienia projektu, albo roku odniesienia.
- Krok 3 (step 3) składa się z określenia w przybliżeniu dodatkowego ruchu i modyfikacji wynikających z projektu. Podczas tej fazy, następuje sytuacja zastąpienia projektem sytuacji odniesienia i zaczyna się wprowadzanie projektu.
- Krok 4 (step 4) pozwala na oszacowanie ruchu rok, po zakończeniu projektu.

#### 4.3 Kalkulacja sytuacji odniesienia

Ogólny model może zostać wykonany dla wszystkich objętych rozważaniami środków transportu (transport lotniczy, kolejowy, prywatne pojazdy i autobusy), łącząc ruch dla każdego rodzaju transportu z serią różnych parametrów.

Wyżej wymienione modele odnoszą się do spraw społeczno-ekonomicznych i czynników zmiennych podaży transportu.

#### 4.4 Kalkulacja projektu połączenia

Budowa nowej linii może spowodować transfer popytu ze strony transportu lotniczego do powstającego projektu. W sytuacji odniesienia pasażer ma możliwość podróży samolotem, ale w rozważanej sytuacji bierze pod uwagę TGV, wybór środka transportu może zostać ustalony przy wykorzystaniu modelu cena-czas. Podobnie, pasażerowie mogą pozostawić środki transportu spalinowego (własny samochód, autobus) w zamian wybierając koleje dużych prędkości ze względu na znaczną redukcję czasu podróży.

Ruch pasażerski może być pobudzany przez mobilność, albo przez wzrastającą ilość użytkowników kolei czy też przez pojawianie się nowych kierunków połączeń, przy prognozowaniu takiego ruchu może być wykorzystywany model ciążenia. Uzyskujemy dzięki temu możliwość odpowiedniego oszacowania wpływu różnych czynników na dodatkowy ruch. Taki jest cel i założenia dwóch modeli używanych i prezentowanych przez SNCF: modelu cena-czas i modelu ciążenia.



**Konkurencja transportu lotniczego z koleją: model cena-czas**

Model cena-czas może być zdefiniowany w taki sposób, że udziały różnych trybów transportu trzymają się ściśle w odniesieniu do całkowitej liczby podróżujących pasażerów. Model ten jest oparty na hipotezie, że przy wyborze środka transportu pasażer bierze pod uwagę następujące wartości: punktualność, koszt i czas podróży. W ten sposób, użytkownik "k" wybiera środek transportu, którego ogólny koszt, biorąc pod uwagę jego wartość czasu "h<sub>k</sub>" jest najniższy.

Przyjmuje się, że na danej trasie występuje typowy rozkład między ludnością podróżującą, gdzie jej wartość szacuje się poprzez połączenie czasu f(h) i funkcji dystrybucji

$$F(h) = \int_0^h f(x) dx \quad (3)$$

w wyniku czego otrzymamy proporcję podróży gdzie wartość czasu jest mniejsza niż h.

Zakładając f(h)

$$f(h) = \frac{1}{\sigma h \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2} (\ln(h) - \ln(m))^2\right) \quad (4)$$

tak więc

$$\text{udział HSR} = \text{prawdopodobieństwo } (h < h_0) = F(h) \int_0^{h_0} \frac{1}{\sigma h \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2} (\ln(h) - \ln(m))^2\right) dh \quad (5)$$

Używając dystrybucji dochodów w populacji dla każdego określonego korytarza i w większej liczbie krajów, możliwe jest to, wybranie normalnego zapisu funkcji gęstości dla wartości czasu f(h).

**Wzbudzenie popytu: model ciążenia**

Model ciążenia przewiduje całkowite natężenie dodatkowego ruchu dla każdego rodzaju transportu.

Wprowadzenie lub generowanie ruchu jest podstawowym zjawiskiem i może zostać oszacowane przez model ciążenia. Ruch między dwoma geograficznymi strefami i oraz j może być wyrażony w następujący sposób:

$$Ruch_{ij} = K \frac{P_i P_j}{Cg_{ij}^\gamma} \quad (6)$$

gdzie:  $P_i$  oraz  $P_j$  – poszczególne populacje dwóch geograficznych stref  $i$  oraz  $j$

$Cg_{ij}$  – uogólniony koszt transportu przyjmowany do rozważań stref  $i$  oraz  $j$

$\gamma$  – elastyczność ruchu w związku z ogólnym kosztem

$K$  – parametr dostosowania

Kierując się oferowanymi zmianami, wariant w ruchu  $\delta T_{ij}$  związany ze zmianami wariantu ogólnego kosztu  $\delta Cg_{ij}$ , możemy zapisać przy pomocy formuły

$$\frac{\delta T_{ij}}{T_{ij}} = -\gamma \frac{\delta Cg_{ij}}{Cg_{ij}} \quad (7)$$

Przygotowany ogólny koszt rodzaju transportu może zostać wyrażony w formie:

$$Cg = p + hTg \quad (8)$$

gdzie:  $p$  – przeciętna cena podróży pomiędzy  $i$  oraz  $j$

$Tg$  – ogólny czynnik czasu pomiędzy  $i$  oraz  $j$

$h$  – monetarny parametr reprezentujący przeciętną wartość czasu, który dostrzegany jest przez pasażerów

W zależności od badanego środka transportu, parametr  $Cg$  może zostać rozbity do wyliczeń szczegółowych, w celu odzwierciedlenia czasu podróży jak również czasu dostępu na obu końcach, (jeśli jest stosowany) oraz przedstawić rzeczywiste osiągi i jakość działania rozważanych trybów: czas podróży, częstotliwość, wymiany, itp.

Najważniejszą rzeczą w ocenie prawdziwości prognoz ruchowych jest fakt, gdy przewidywania są zgodne z faktycznymi wynikami. Zarejestrowane różnice mogą świadczyć o przyjętych w metodzie wadach, mankamentach.

Nie możliwe jest zakwestionowanie wpływu kolei dużych prędkości na ruch lotniczy. Trasy lotnicze, które mogą stanowić konkurencję dla kolei dużych prędkości można określić podobnym modelem.

#### 4.5 Symulacja i model nakładów eksploatacyjnych

Gdy do obliczeń ruchu wykorzystane zostaną określone modele, powinna zostać osiągnięta spójność pomiędzy popytem a podażą zweryfikowaną zgodnie z poniższymi kryteriami:

- odniesienie zatrzymań na trasie do potoku pasażerów;
- dla celów utrzymania obliczenie współczynnika zajętości pociągu, zadawalającego długoterminowo komercyjnie i ekonomicznie;
- obliczenie wymaganej floty pociągów zespolonych i odpowiedniego stosunku wydajności;
- obliczenie kosztów działania.

Stymulowanie działania określane jest modelem, który jest związany z przewidywaniem ruchu.

Koniecznym jest dostosowanie początkowo zaplanowanych usług w świetle wykonania. Przez kilkakrotne powtarzanie procesu iteracji podstawy, możliwe jest by konsekwencją projektu było osiągnięcie podaży i wzrost popytu.

W szerokim zakresie używa się programów symulacyjnych do przybliżonych obliczeń prawdopodobieństwa prognoz stosunku do realizowanych planów. Komputerowe oprogramowanie SYSTRA Consulting Railsim® jest doskonałym produktem w tych szacunkach. Dla każdego oprogramowania optymalizującego, włączane są elementy dotyczące obsługi i kosztów utrzymania.

## **5. OPŁATY ZA DOSTĘP DO INFRASTRUKTURY: INTEROPERACYJNOŚĆ POCIĄGÓW TOWAROWYCH I PASAŻERSKICH**

### **5.1 Transeuropejska interoperacyjna sieć kolei dużych prędkości**

Przyszła transeuropejska sieć interoperacyjnych KDP została przyjęta przez Unię Europejską i przedstawiona na mapie. Przewiduje się, że sieć obejmie swym zasięgiem mniej więcej 12.600 km linii dużych prędkości, z czego już funkcjonuje 3.700 km od 2002 r. a 8.400 km planowane jest do oddania do eksploatacji na 2010 r.

Plan przedstawiony poniżej obecnie wykorzystywany jest w większej części Europy gdzie ujednoczony na poziomie europejskich dyrektyw. Wdrożenie systemu w Stanach Zjednoczonych w bliskiej przyszłości może stać się sukcesem w eksploatacji KDP.

Trzy kategorie linii definiują sposób tworzenia transeuropejskiej KDP:

- kategoria I: specjalnie budowane KDP z wyposażeniem linii przewidywanych do prędkości równej lub większej niż 250 km/h;
- kategoria II: podnoszenie standardu KDP przez wyposażenie linii w urządzenia przewidziane do prędkości jazdy 200 km/h;
- kategoria III: specjalne podnoszenie standardu linii KDP, które posiadają specjalne cechy ze względu na topografię, rzeźbę terenu czy ograniczenia planowania miejskiego i, na których prędkość musi zostać dostosowana do poszczególnych przypadków.

Interoperacyjność transeuropejskich kolei dużych prędkości dotyczy podążania za podsystemami: infrastruktura, energia, sterowanie, ruch, utrzymanie i tabor.

Podstawowe parametry interoperacyjnego systemu KDP są następujące:

- minimalna szerokość infrastruktury: minimalna szerokość dla infrastruktury o przyszłej kategorii I linii jest szerokością UIC GC i na istniejącej kategorii I i kategorii II linii jest miarą UIC GB. UIC: Międzynarodowe Zrzeszenie Kolei;
- szerokość toru 1435 mm oparta na standardach UIC;
- minimalna długość peronu: 400 m;
- wysokość peronu: dwie dozwolone wartości: 550 i 760 mm;
- dostarczana energia: napięcie zasilania 25 kV 50 Hz;
- geometria sieci: dwie możliwe wartości: 5080 mm i 5300 mm;
- system sterowania ruchem kolejowym ERTMS;
- obciążenie osi: osie ładunkowe odnoszące się do szlaku nie mogą przewyższać 170 kN;
- maksymalna długość pociągu: mniej niż albo równa 400 m.

### **5.2 Oficjalne zasady funkcjonowania europejskiej sieci kolei dużych prędkości. Dyrektywy UE o opłatach za uzyskanie dostępu**

Dyrektywa 91/440/WE zmieniona Dyrektywą 2001/12/WE wprowadziła obowiązkowy podział, przynajmniej w księgowości, pomiędzy infrastrukturą a obsługą. Zarządcy infrastruktury oraz przedsiębiorstwa kolejowe albo firmy obsługujące pociągi powinni pracować oddzielnie.

Kierując się wskazanym w dyrektywie celem rozdzielenia zarządców infrastruktury i przedsiębiorstw kolejowych oraz firm obsługujących pociągi wnioskowano:

- Zarządca infrastruktury – mające znaczenie jakiegoś gremium lub przedsiębiorstwo, które jest odpowiedzialne w szczególności za rozbudowywanie i utrzymywanie infrastruktury kolejowej. Może to również uwzględniać zarządzanie infrastrukturą i systemami

sterowania ruchem kolejowym. Funkcje menedżera infrastruktury na sieci lub części sieci może zostać wydzielona innym gremium lub przedsiębiorstwu.

- Przedsiębiorstwo obsługujące pociągi – mające znaczenie publiczne lub prywatne przedsięwzięcie, licencjonowane według stosownej legislacji wspólnotowej, którego głównym biznesem jest dostarczanie usług dotyczących transportu towaru i/albo pasażerów koleją zgodnie z wymaganiami dla przedsiębiorstw, które muszą zapewnić również obsługę trakcyjną; włącza w to też przedsiębiorstwa, które dostarczają tylko pojazdy trakcyjne. Propozycje dotyczące prawa dostępu do infrastruktury uwzględniane są w cenniku.

W rzeczywistości kierując ustanawianiem i wprowadzaniem dyrektyw UE koleje francuskie, kierują się poniższymi zasadami.

#### **Zasady UE naliczania opłat za uzyskanie dostępu do infrastruktury**

Wydzielenie ruchu kolejowego od infrastruktury w Unii Europejskiej stało się faktem z dniem uprawomocnienia się Dyrektywy 91/440/WE. Dyrektywa 2001/14/WE uszczegóławia przydział przepustowości infrastruktury kolei, zobowiązując do certyfikacji zasad i bezpieczeństwa.

Określenie opłaty za użytkowanie, opłat za uzyskanie dostępu do infrastruktury i zbieranie takich opłat będzie wykonywane przez zarządcę infrastruktury. Zarządca infrastruktury zapewnia, że stosowane opłaty nie pociągają za sobą dyskryminacji zobowiązaniami różnych przedsiębiorstw kolejowych, którzy wykonują usługi o odpowiednich właściwościach w podobnych częściach rynku.

Podstawowe zasady naliczania opłat są następujące:

- Opłata za użytkowanie infrastruktury kolejowej będzie opłacana do zarządcy infrastruktury i będzie wykorzystywana, aby sfinansować prowadzenie jego firmy.
- Opłata za minimalne uzyskanie dostępu do pakietu i dostępu do napraw urządzeń torowych będą tak ustalone cenowo, aby odpowiadały bezpośrednio poniesionym nakładom usług niezbędnych do obsługi pociągu.
- Obciążenia infrastruktury mogą zawierać opłaty, które odzwierciedlają niedobór przepustowości identyfikowalnego segmentu infrastruktury podczas okresów natłoku.
- Obciążenia infrastruktury mogą zostać zmodyfikowane, tak, by pod uwagę brane były koszty środowiskowe będące efektem wywoływanym przez eksploatację pociągów. Taka modyfikacja będzie rozróżniana według wielkości wywoływanych skutków.

Dyrektywa zawiera następujące wyjątki od zasad:

- Żeby otrzymać pełne odzyskanie kosztów poniesionych przez zarządcę infrastruktury państwa członkowskie, jeżeli będzie to miało znaczenie dla rynku, mogą pobierać podwyższone opłaty na podstawie kompetentnych, przejrzystych i niedyskryminujących zasad, gwarantując optymalną rywalizację szczególnie dla kolejowego międzynarodowego transportu towarowego. System bierze pod uwagę wzrosty wydajności od strony przedsiębiorstw kolejowych. Jednakże, nie powinno się wyłączać opłat za wykorzystywanie infrastruktury przez segmenty rynku, które powinny przynajmniej płacić koszty, które ponoszą bezpośrednio w wyniku obsługi usług kolejowych, plus stopę zwrotu dla rynku, którego to dotyczy.
- W przyszłości, dla określonych projektów inwestycyjnych, jeśli zostanie to uzupełnione nie więcej niż 15 lat przed wejściem obowiązywania dyrektywy, zarządca infrastruktury może przyjąć ustalone lub podjąć na nowo ustalenie wyższych opłat na podstawie długoterwałych kosztów takich projektów, jeżeli zwiększają one koszty efektywności

i/albo wydajności i nie mogłyby być w inny sposób przyjmowane na siebie. Takie przygotowanie opłat może też łączyć się ze zgodą na rozdzielenie ryzyka związanego z nowymi inwestycjami.

Dyrektywa zawiera również zasady dotyczące:

- Plan rekompensat dla nieopłacalnych kosztów środowiskowych, wypadków i infrastruktury w konkurujących formach transportu, jak dotąd koszty te przewyższają koszty kolei.
- Plan wydajności: plan opłat infrastrukturalnych poprzez plan wydajności będzie zachęcać przedsiębiorstwa kolejowe i zarządców infrastruktury, do zmniejszania zakłóceń i ulepszenia funkcjonowania sieci kolejowej. Może on zawierać kary dla działań, które przeszkadzają w ruchu kolejowym na sieci, rekompensaty dla przedsiębiorstw, które cierpią z powodu zakłóceń oraz dodatkowe korzyści, w nagrodę za lepszą niż zaplanowana wydajność.
- Opłaty rezerwacyjne: zarządcy infrastruktury mogą pobierać stosowne opłaty za ustaloną przepustowość, która nie jest w pełni wykorzystywana. Opłaty te będą motywacją do efektywniejszego wykorzystywania przepustowości.

Księgi rachunkowe zarządcy infrastruktury, z jednej strony zbilansują dochód od opłat infrastrukturalnych, nadwyżki z innych działalności handlowych i finansowania państwowego a z drugiej wydatki infrastrukturalne. Bez szkody dla możliwego długookresowego pokrycia przez użytkowników kosztów infrastruktury wszystkich form transportu na podstawie uczciwej, niedyskryminowanej konkurencji pomiędzy różnymi trybami, gdzie transport kolejowy będzie musiał rywalizować z innymi formami transportu, państwo członkowskie może nakazać zarządcy infrastruktury, skorygowanie obliczeń bez pomocy finansowej państwa.

#### **Zasady i prawa dla strukturalnej architektury modelu OPERA**

W rozdziale tym przedstawiono zasady i prawa dotyczące opłat uzyskiwania dostępu do infrastruktury dla modelu OPERA. Służy on do prywatnego projektowania własnego modelu dotyczącego uzyskania dostępu i względnej wyceny infrastruktury kolejowej.

##### *Prezentacja modelu OPERA*

Model OPERA można przedstawić następująco:

$$\text{Opłaty infrastrukturalne} = OPE + R + A + S \quad (9)$$

gdzie: *OPE* – koszty operowania pociągu

*R* – rezerwacja opłat

*A* – stałe prawo uzyskania dostępu

*S* – społeczne efekty kolejowych form na środowisko

Formuła (A) będzie oznaczała ustalone prawo uzyskania dostępu. Są to ustalone koszty ceny za kilometr, które pozwalają przedsiębiorstwu kolejowemu obsługiwać pociągi na sieci. Te ustalone płatności za uzyskanie dostępu do sieci nie są zależne od zarezerwowanej przepustowości i ruchu.

Po drugie opłaty (R), które są związane z rezerwacją okien dla pociągu, pociągów wstawionych do rozkładu. Oparte jest to na cenie za pośrednictwem okno-kilometra i dalej będzie liczone przy uwzględnieniu:

- właściwości kategorii odcinków linii (koleje dużych prędkości, linie regionalne, itp.);
- okresy roku, miesiąca, tygodnia, dnia;
- typy ruchu (towarowy, pasażerski, itp);

- zobowiązania odnośnie do opóźnień pociągów;
- liczba okien operacyjnych;
- trwanie kontraktu;
- opóźnienia pomiędzy rezerwacją i wykorzystywaniem przepustowości.

Sytuacją pożądaną, byłoby wzięcie pod uwagę (jeśli istnieje taka ewentualność) większości parametrów w celu umożliwienia różnym operatorom, w dostosowaniu oferty transportowej do ich wymagań i kosztów.

Termin (OPE) jest bezpośrednim połączeniem użytkowanych okien pociągowych. Oparte jest to na pociągokilometrach i może policzyć dalej głównie cechy pociągów:

- prędkość ;
- typy ruchu;
- tonaż pociągów;
- osie ładunkowe;
- typy trakcji;
- typy taboru.

Czwarta część (S) może zostać dodana w zależności od gotowości państwa do opłacania serwisu kolejowy przez:

- branie pod uwagę kosztów skutków środowiskowych spowodowanych obsługą pociągów;
- schematy wykorzystywania rekompensat nieopłaconego środowiska, wypadków i kosztów infrastruktury rywalizujących form transportu, o tyle że te koszty przewyższają równoważne koszty kolei.

#### *Zasada opłat zawierająca model OPERA*

W zależności od metody dotyczącej obliczania poziomu OPE, R A i S, przedstawiona metoda teoretycznie łączy trzy poniższe warianty:

- Koszty krańcowe: istniejąca zasada dotycząca naliczania kosztów krańcowych wykorzystania infrastruktury kolejowej, Traktowana, jest jako naturalne źródło w rozporządzeniu przepływami przez określonego użytkownika dzięki jego pozytywnym zewnętrznym skutkom. Metoda opłat nie uwzględnia finansowej równowagi zarządcy infrastruktury.
- Całkowity koszt infrastruktury: dochody z użytkowania torów powinny pokrywać wszystkie wydatki na budowę, utrzymanie i eksploatację infrastruktury kolejowej.
- Wspieranie przepustowości: operatorzy kolejowi ponoszą opłaty, które mogą być uwzględniane, jako koszty dochodu, obsługi i utrzymania zarządcy infrastruktury.

Możemy zauważyć, że europejska dyrektywa jest za zasadą kosztu uzupełniającego.

## **6. WNIOSKI**

Podróż pociągami dużych prędkości zrewolucjonizuje podstawę podróżowania, ożywi system transportu pasażerskiego i jest konkurencyjna w stosunku do transportu lotniczego do 1.000 mil. Budowa kolei dużych prędkości określana jest, jako komercyjny sukces. Szybka kolej jest przyjazna dla środowiska: to sprawnie działająca forma w zużyciu energii i zanieczyszczenia. Zajmuje obszar dwa razy mniejszy niż autostrada i dostarcza sposobu na rozwiązanie zatłoczenia na drogach, w przestrzeni powietrznej oraz portach lotniczych.

KDP jest bardzo bezpieczną, wygodną i szybką formą transportu. Ma pozytywny wpływ na ekonomiczną działalność (handel, turystykę, przemysł hotelarski, usługi, itp.), miejski rozwój, nieruchomości i zatrudnienie itp. Koleje dużych prędkości rewitalizują transport kolejowy, dostosowany do potrzeb masowego pasażerskiego rynku transportowego w pełni bezpiecznego i z lepszym współczynnikiem efektywności. Możemy wywnioskować, że kraje, które posiadają koleje dużych prędkości odniosły sukces dzięki poparciu tej inicjatywy przez władze państwa. Wynika to z wiary, że inwestycja pomimo wysokich nakładów finansowych odniesie sukces i będzie opłacalna. Unia Europejska postrzega KDP jako czynnik ujednoczenia systemu kolejowego. KDP postrzegane są jako główny transportowy tryb wspomagający ekonomiczny i społeczny rozwój kraju.

Redukcje kosztów infrastruktury i ułatwienia związane z wpływem niskich konstrukcji muszą być brane pod uwagę do rozliczeń, jako ważny czynnik, który poprawia szansę na uzyskanie sukcesu KDP. Potrzeby dotyczące wymagań transportu pasażerów są rozważane z punktu widzenia aspektów ekonomicznych, społeczno-ekonomicznych i środowiskowych. Wszystkie te opcje przyczyniają się do poprawy i zwiększenia ruchu oraz powrotu do inwestowania w projekty kolei dużych prędkości.

Spodziewamy się, że udowodniony sukces i zdobyte doświadczenie przez Japonię i Europę w przyszłości spowoduje, że projekty kolei dużych prędkości będą budowane na całym świecie.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Arduin J.P.: High Speed Rail Economy, Workshop High Speed Train – prezentacja
- [2] Arduin J.P.: New perspectives in Financial Feasibility, Workshop High Speed Train – prezentacja
- [3] Dyrektywa UE 96/48/EC z 23 lipca 1996 r. „O interoperacyjności transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości”,
- [4] 2001/16/WE w sprawie interoperacyjności transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnej,
- [5] 2004/50/WE zmieniająca dyrektywy 96/48/WE i 2001/16/WE,
- [6] 2004/49/WE w sprawie bezpieczeństwa kolei wspólnotowych,
- [7] 2008/57/WE w sprawie interoperacyjności systemu kolei we Wspólnocie,
- [8] Hannart A. TGV Experience: Managing the supply of High Speed rail services and building leadership in Europe. Workshop High Speed Train – prezentacja
- [9] Leboeuf M.: Passenger Fare Policy: Paryż, 2010