

DETERMINANTY OCENY SKUTECZNOŚCI MODERNIZACJI LINII KOLEJOWYCH

Henryk Bałuch

prof. dr hab. inż. Instytut Kolejnictwa, ul. Chłopickiego 50, 04-275 Warszawa

Streszczenie. Modernizacja linii kolejowych jest bardzo kosztowna. Jej wyniki powinny być oceniane wg jednolitej metody, uwzględniającej parametry eksploatacyjne oraz infrastrukturalne. Ocena ta nie powinna ograniczać się tylko do samej linii modernizowanej, lecz uwzględniać również wpływ modernizacji tej linii na parametry eksploatacyjne linii powiązanych. Artykuł przedstawia taką metodę, proponowaną przez autora. Wszystkie obliczenia wg tej metody są ilustrowane przykładami.

Słowa kluczowe: linie kolejowe, modernizacja, ocena skuteczności

1. Wstęp

W artykule [7] przedstawiono metodę oceny skuteczności modernizacji linii kolejowych wraz z przykładami jej zastosowania. W początkowej części wymieniono pewne prace związane z oceną modernizacji linii kolejowych [8, 9, 12, 14, 16] oraz podano syntetycznie jej cele. Artykuł niniejszy, nawiązujący do podanych wcześniej zasad metody, jest poświęcony w większym stopniu omówieniu czynników, które stanowią podstawy obliczeń. Szerzej omówiono również znaczenie wielkości stanowiących podstawę obliczeń.

2. Cele modernizacji linii kolejowych

Wyniki modernizacji linii kolejowych są zwykle oceniane syntetycznie przez podanie kosztów, które poniesiono w celu osiągnięcia skrócenia czasu jazdy o 1 minutę. I tak np. na linii Warszawa-Gdańsk koszt ten wynosi 265 mln zł, na linii zaś Warszawa-Poznań 236 mln zł [17]. Ze skróceniem czasu jazdy jest związane bezpośrednio osiągnięcie założonej prędkości pociągów, zależnej od układu geometrycznego torów, konstrukcji drogi kolejowej, sieci trakcyjnej, urządzeń zasilania i sterowania ruchem oraz skrzyżowań jednopoziomowych z drogami, które nie zamieniono na wiadukty lub nie zlikwidowano.

Cele modernizacji linii kolejowych są jednak znacznie szersze niż tylko skrócenie czasu jazdy i obejmują: wzrost bezpieczeństwa ruchu kolejowego, zmniejsze-

nie nakładów na utrzymanie odnowionej infrastruktury, usprawnienie przewozów pasażerskich i towarowych, ułatwienia dla osób niepełnosprawnych, ograniczenie skutków negatywnego oddziaływania na środowisko i zapewnienie na liniach TEN-T pełnej interoperacyjności.

Poniżej omówiono wymienione cele.

2.1. Wzrost bezpieczeństwa ruchu kolejowego

Zadanie to jest obecnie jednym z najważniejszych, przed którym staje polskie kolejnictwo ze względu na stosunkowo wysoki stopień degradacji dróg kolejowych w Polsce i związane z tym ryzyko wykolejeń. Pogląd taki wzmacniają również porównania bezpieczeństwa w polskim kolejnictwie z bezpieczeństwem w innych krajach UE. Udział Polski w takich wypadkach, jak: złamanie szyn, pęknięcia kół i osi oraz minięcie sygnału informującego o niebezpieczeństwie dochodzi do 50 % wszystkich analogicznych wypadków w pozostałych krajach Wspólnoty [1]. Na liniach zmodernizowanych zagrożenia przyczynami drogowymi zdecydowanie maleją. Dowodem może być rozkład pęknięć i złamań szyn, jakie wydarzyły się w roku 2012 (rys. 1). Ich liczba z ostatnich 15 lat nie przekracza 2 % wszystkich pęknięć, jakie wystąpiły w tym roku. Na statystykę tę znaczny wpływ mają również dużo mniejsze wymiany ciągłe szyn w ostatnim 15-leciu niż w latach 80. ubiegłego stulecia. Istotne znaczenie ma tu jednak również wiek szyn.

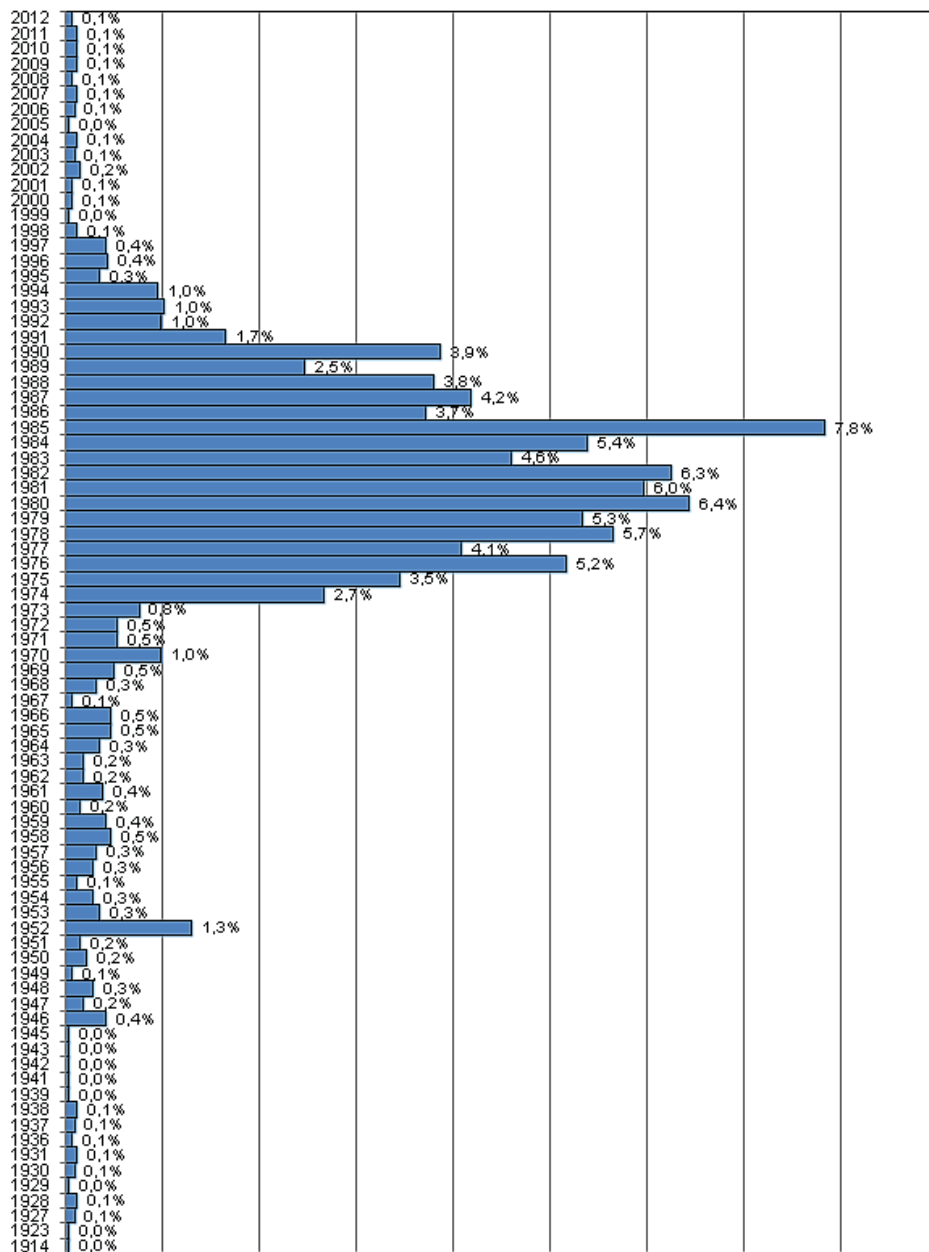
Wzrost bezpieczeństwa na liniach zmodernizowanych następuje również dzięki likwidacji przynajmniej części przejazdów kolejowych, które stanowią potencjalne zagrożenia bezpieczeństwa ruchu. W roku 2012 w wypadkach na przejazdach zginęło w Polsce 60 osób [13]. Ze statystyk międzynarodowych wynika, że wypadki na przejazdach stanowią 23 % wszystkich wypadków kolejowych [10].

2.2. Zmniejszenie nakładów na utrzymanie odnowionej infrastruktury

Po uzyskaniu wysokiej jakości i wykonaniu pełnego zakresu robót nakłady na utrzymanie dróg kolejowych zdecydowanie maleją. Jakość robót powinna więc stanowić jedną z podstawowych wielkości w ocenie skuteczności modernizacji linii kolejowych. Zmniejszenie nakładów na utrzymanie osiąga się również dzięki zmianom konstrukcji, np. zamianie rozjazdów krzyżowych na rozjazdy zwyczajne. Zwiększone zasoby na utrzymanie są natomiast konieczne w tych przypadkach, gdy nie wykonuje się pełnego zakresu robót [5].

2.3. Usprawnienie przewozów pasażerskich i towarowych

Tę podstawową korzyść, jaką uzyskuje się w wyniku modernizacji linii kolejowej należy rozpatrywać szerzej niż tylko w odniesieniu do samej linii zmodernizowanej. Wpływ modernizacji w postaci wskaźników eksploatacyjnych dotyczy zwykle pewnego obszaru sieci kolejowej, obejmującego również linię zmodernizowaną.



Rys. 1. Złamania i pęknięcia szyn na liniach PLK S.A. w roku 2012 wg lat produkcji
(oprac. J. Bałuch)

2.4. Ułatwienia dla osób niepełnosprawnych

Przystosowanie kolei do potrzeb osób niepełnosprawnych stanowi podstawowy warunek modernizacji kolei. Nie zawsze jednak jest on spełniany, zwłaszcza gdy chodzi o duże dworce kolejowe. Takim przykładem na modernizowanej linii Warszawa-Gdańsk jest stacja Warszawa Wschodnia.

2.5. Ograniczenie skutków negatywnego oddziaływania na środowisko

Modernizacja linii kolejowych nie oznacza całkowitej poprawy klimatu ekologicznego dla okolicznych mieszkańców. Zmiany konstrukcyjne w nawierzchni kolejowej, takie jak przekładki o większym tłumieniu lub podkładki podpodkładowe (*USP – Under Sleeper Pads*) zmniejszają hałas mechaniczny, natomiast większe prędkości pociągów stanowią powód jego zwiększenia. W sumie jednak kolej jest proekologiczna. I tak np. w aglomeracji warszawskiej w roku 2010 na hałas kolejowy 50 dB było narażonych 40 tys. mieszkańców, na hałas zaś drogowy – ponad 10 razy więcej [11]. Mówiąc o ochronie środowiska należy mieć na uwadze nie tylko ochronę przyrody, lecz jej współistnienie z człowiekiem i gospodarką. W praktyce budowy i modernizacji linii kolejowych oznacza to konieczność poszukiwania rozwiązań kompromisowych, np. w takich szczegółach jak przejścia dla zwierząt.

2.6. Zapewnienie na liniach TEN-T pełnej interoperacyjności

Sieć TEN-T w granicach Polski ma długość ok. 5 300 km linii. Zadanie to przy obecnych kosztach modernizacji 1 km dwutorowej zelektryfikowanej linii kolejowej rzędu 20 ÷ 30 mln zł [17] będzie wymagało długiego czasu i nakładów przekraczających (przy średniej 25 mln zł) 130 mld zł.

Ocena osiągnięcia wymienionych celów, tzn. ocena skuteczności modernizacji linii kolejowych, nie jest obecnie oparta na ogólnie przyjętej metodzie i odbywa się heurystycznie lub nie odbywa się wcale. W tym stanie rzeczy opracowanie i wprowadzenie odpowiedniej metody oceny skuteczności modernizacji linii kolejowych można uznać za celowe.

3. Założenia metody

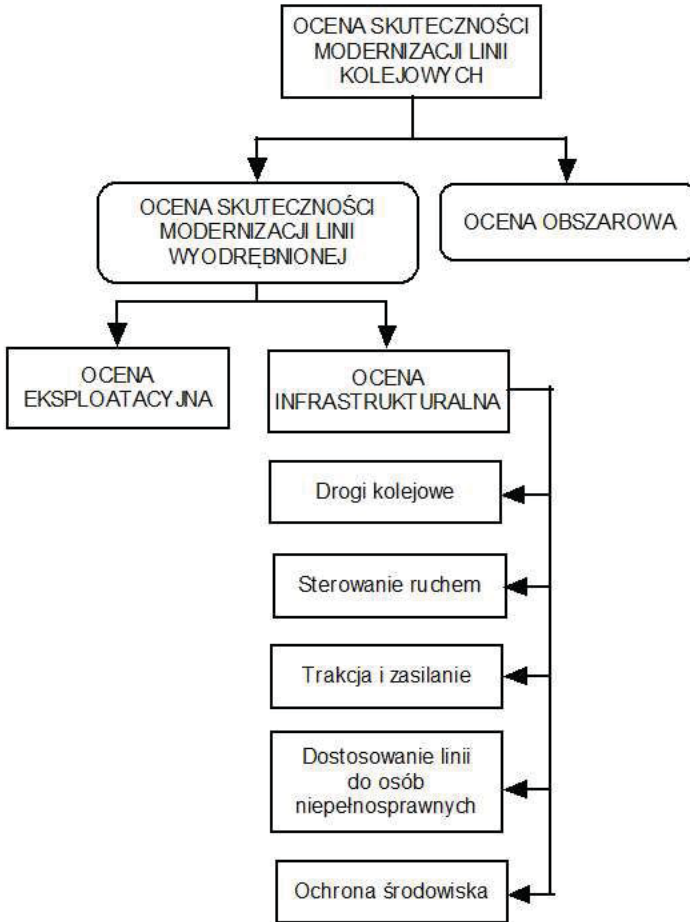
3.1. Uwagi ogólne

Ocena skuteczności modernizacji linii kolejowych jest oceną techniczną i ma dać obraz jej przygotowania oraz bezpośrednio z nią związanych relacji do zwiększonych przewozów. Metoda ta obejmuje dwa zakresy wpływów:

- 1) wpływ na wyodrębnioną linię, która została zmodernizowana,
- 2) wpływ na obszar sieci, na którym modernizacja linii wyodrębnionej spowodowała zmianę parametrów eksploatacyjnych.

Całą metodę oceny skuteczności modernizacji linii kolejowych można więc podzielić na dwie części (rys. 2):

- 1) Metodę oceny skuteczności modernizacji linii wyodrębnionej,
- 2) Metodę oceny obszarowej.



Rys. 2. Ogólny schemat metody

Wszystkie przyjęte kryteria oceny mają charakter aksjologiczny (wartościujący). W metodzie oceny skuteczności modernizacji linii wyodrębnionej bierze się pod uwagę wskaźniki eksploatacyjne oraz infrastrukturalne, w metodzie obszarowej zaś tylko wskaźniki eksploatacyjne. Odpowiada to założeniu, że na rozpatrywanym obszarze stan infrastruktury, poza linią modernizowaną, nie ulega zmianie.

Wszystkie wskaźniki przyjmowane do oceny powinny być jednoznacznie określone w założeniach funkcjonalno-użytkowych (studium wykonalności) modernizacji konkretnej linii kolejowej i łatwe do sprawdzenia bezpośrednio po zakończeniu budowy. Biorąc to pod uwagę zrezygnowano, m. in. z porównań natężenia

przewozów przed i po modernizacji linii oraz z parametrów określających jej przepustowość.

3.2. Wskaźniki eksploatacyjne

W pewnych opracowaniach można spotkać kilkanaście mierników eksploatacyjnych charakteryzujących transport kolejowy. Są one jednak najczęściej tylko wymieniane werbalnie bez wykonywania na nich działań matematycznych lub bez pełnych porównań [15].

Wskaźniki eksploatacyjne przyjęte w ocenie skuteczności modernizacji linii kolejowych mają znaczenie ogólne, tzn. występują niezależnie od zakresu tej modernizacji i są jednakowe dla wszystkich jej działów, w przeciwieństwie do wskaźników infrastrukturalnych, które są dobierane do każdego działu (specjalności). Obejmują one 5 wielkości ujętych w tabelicy 1. Przy każdej z nich podano symbol i wagę określającą znaczenie tej wielkości z przedziału $[0,1]$. Wskaźniki te służą do oceny relatywnej. W obliczeniach każdy z nich występuje z indeksem górnym a oznaczającym „po modernizacji” (*after*) lub b „przed modernizacją” (*before*).

Tablica 1. Wskaźniki eksploatacyjne

| Lp. | Wielkość i jej jednostka | Symbol | Waga | Uwagi |
|-----|---|-----------|------|--------------------------------------|
| 1 | Prędkość maksymalna [km/h] | V_{max} | 0,4 | |
| 2 | Średnia prędkość drogowa [km/h] | V_d | 0,7 | |
| 3 | Czas jazdy najszybszego pociągu [min] | t_{min} | 1,0 | |
| 4 | Maksymalny nacisk osi [kN] | Q | 0,9 | |
| 5 | Maksymalna długość pociągu towarowego [m] | l_p | 0,6 | Zależna od długości użytecznej torów |

Stosunkowo mniejsza waga prędkości maksymalnej wynika stąd, że może ona charakteryzować tylko pewne odcinki zmodernizowanej linii kolejowej. Większa waga prędkości drogowej uzasadniona jest tym, że parametr ten odzwierciedla w znacznym stopniu zakres robót wykonanych podczas modernizacji.

Porównanie czasów jazdy najszybszych pociągów przed i po modernizacji jest najważniejszym składnikiem oceny eksploatacyjnej, stąd waga równa 1,0. W obliczeniach czasów jazdy należy uwzględniać nie tylko układ geometryczny torów i parametry trakcyjne pojazdów szynowych, lecz również ograniczenia prędkości na przejazdach kolejowych, które nie zostaną zastąpione skrzyżowaniami dwupoziomowymi (wiaduktami).

Dużą wagę ma również maksymalny nacisk osi. W znaczeniu eksploatacyjnym jego zwiększenie otwiera możliwości wprowadzenie nowych typów lokomotyw i wzrost zdolności przewozowych, zwłaszcza ładunków masowych. W sensie budowlanym charakteryzuje on nie tylko wymianę nawierzchni i wzmocnienie podtorza, lecz często również wzmocnienie lub przebudowę obiektów inżynierskich. Nieco mniejsze znaczenie ma wydłużenie torów stacyjnych, wiążące się z wprowadzaniem lokomotyw o dużej mocy, wymagające jednak zwykle przebudowy głowic stacji.

3.3. Wskaźniki infrastrukturalne

Wskaźniki infrastrukturalne powinny charakteryzować najważniejsze cechy danego działu infrastruktury (obiektów, systemów lub urządzeń) powstałych lub zmienionych w wyniku modernizacji. Mają one dotyczyć jakości infrastruktury, jej bezpieczeństwa i wpływu wprowadzonych zmian na wzrost przewozów. Obliczenia oparte na wskaźnikach infrastrukturalnych, w przeciwieństwie do obliczeń wykonywanych na wskaźnikach eksploatacyjnych, nie mogą opierać się na proporcjach przed i po modernizacji. Oceniając np. jeden ze wskaźników infrastrukturalnych w drogach kolejowych, tj. liczbę zlikwidowanych przejazdów kolejowych i stosując zasadę proporcjonalności uzyskano by jednakowy wynik zmniejszając ich liczbę z 4 do 1, jak i z 20 do 5. Miernikiem sukcesu jest więc w tych przypadkach liczba zlikwidowanych obiektów, niezależnie od ich liczby przed modernizacją linii.

W ocenie opartej na wskaźnikach infrastrukturalnych, charakteryzującej określony dział modernizacji, należy więc posługiwać się liczbami obiektów, przypadających na 100 km zmodernizowanych linii, z uwzględnieniem odpowiednich wag lub na relatywnych ocenach opartych na przyjętych wartościach referencyjnych, wynikających z doświadczeń lub obserwacji.

Wskaźniki infrastrukturalne, w liczbie 3 ÷ 4 najważniejszych cech, powinny być opracowane dla każdego podstawowego działu infrastruktury, tj.:

- 1) dróg kolejowych,
- 2) sterowania ruchem,
- 3) trakcji i zasilania,
- 4) dostosowania stacji i przystanków do potrzeb osób niepełnosprawnych,
- 5) ochrony środowiska naturalnego¹.

Oparte na nich wzory powinny prowadzić do podobnych wartości, jakie otrzymuje się w drogach kolejowych (por. punkt 6.3).

Wskaźnikami infrastrukturalnymi w drogach kolejowych są:

- 1) dokładność wykonanych robót torowych,
- 2) liczba zlikwidowanych przejazdów kolejowych,
- 3) liczba zlikwidowanych rozjazdów krzyżowych i skrzyżowań torów z uwzględnieniem ułożonych rozjazdów zwyczajnych.

Dokładność robót torowych, określana bezpośrednio po ich zakończeniu, jest jednym z dwóch składników jakości. Drugim jest skuteczność, tzn. zdolność do zachowania tej dokładności w czasie eksploatacji. Praktyka wykazuje, że obie te cechy są ze sobą związane, im większa jest więc dokładność, tym dłuższy jest cykl eksploatacji do wykonania naprawy i większa trwałość konstrukcji [3,4].

Zmniejszenie liczby przejazdów kolejowych w wyniku modernizacji linii kolejowej ma trzy podstawowe zalety:

- usuwa potencjalne zagrożenia (por. punkt 2),

¹ Z rozmów autora artykułu ze specjalistami innych działów techniki kolejowej wynika, że do syntetycznej oceny skuteczności modernizacji liczba 3 wskaźników jest wystarczająca.

- ułatwia wykonywanie napraw; w obrębie przejazdów intensywność degradacji drogi kolejowej jest bowiem z reguły większa niż na przyległych odcinkach torów a proces technologiczny robót obejmuje dodatkowe i dość uciążliwe operacje,
- umożliwia nierzadko zniesienie stałych ograniczeń prędkości pociągów.

Zmniejszenie liczby przejazdów uzyskuje się zastępując je wiaduktami, łącząc drogi przecinające tory lub likwidując te, na których odbywa się niewielki ruch.

Rozjazdy krzyżowe oraz skrzyżowania torów wymagają ograniczeń prędkości pociągów przy jeździe na wprost do 100 km/h. Ich trwałość, ze względu na zwiększone oddziaływania dynamiczne i mały promień torów zwrotnych², jest mniejsza niż rozjazdów zwyczajnych, utrzymanie zaś trudniejsze. Mając odpowiednie miejsce można zastąpić rozjazd krzyżowy dwoma rozjazdami zwyczajnymi. Często wymaga to jednak wydłużenia równi stacyjnej. Analiza procesu technologicznego stacji przeznaczonej do modernizacji prowadzi nierzadko do zmniejszenia liczby rozjazdów krzyżowych bez zastępowania ich rozjazdami zwyczajnymi.

4. Obliczenia w ocenie linii wyodrębnionej

Skuteczność eksploatacyjna modernizacji linii wyodrębnionej jest obliczana niezależnie od skuteczności infrastrukturalnej. Stosując oznaczenia zawarte w tabelicy 1 wyraża się ją wzorem:

$$S_e = 100 \cdot \left(\omega_1 \frac{V_{\max}^a - V_{\max}^b}{V_{\max}^b} + \omega_2 \frac{V_d^a - V_d^b}{V_d^b} + \omega_3 \frac{t_{\min}^b - t_{\min}^a}{t_{\min}^b} + \omega_4 \frac{Q^a - Q^b}{Q^b} + \omega_5 \frac{l_p^a - l_p^b}{l_p^b} \right) \quad (1)$$

Obliczenia skuteczności infrastrukturalnej linii wyodrębnionej zostaną ograniczone w referacie do działu dróg kolejowych. Określa ją wzór:

$$S_d = 100 \cdot \left(\gamma_1 \frac{J_r - J_s}{J_r} + \frac{\gamma_2 d + \gamma_3 (k - 2z)}{L} \right) \quad (2)$$

gdzie:

J_r - referencyjna wartość syntetycznego wskaźnika stanu toru [mm],

J_s - średnia uzyskana wartość syntetycznego wskaźnika stanu toru [mm],

d - liczba zlikwidowanych przejazdów kolejowych,

k - liczba zlikwidowanych rozjazdów krzyżowych i skrzyżowań torów,

z - liczba ułożonych rozjazdów zwyczajnych,

$\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ - wagi równe odpowiednio 0,3, 0,8, 0,7 (przy $k < 2z$ waga γ_3 przyjmuje wartość 0).

Syntetyczny wskaźnik stanu toru jest określony wzorem [2]:

$$J = \frac{\sigma_z + \sigma_y + \sigma_w + 0,5\sigma_e}{3,5} \quad (3)$$

2 Promień ten wynosi 190 m, większe promienie występują tylko w rzadko spotykanych już i bardzo skomplikowanych rozjazdach krzyżowych z iglicami poza czworobokiem rozjazdu (tzw. rozjazdy besselerowskie).

gdzie:

$\sigma_z, \sigma_y, \sigma_w, \sigma_e$ - odchylenia standardowe odpowiednio nierówności pionowych, nierówności poziomych, wichrowatości toru i szerokości toru.

Należy zaznaczyć, że przyjęcie stosunkowo małej wagi przy syntetycznym wskaźniku stanu toru nie wynika z niedoceniań znaczenia jakości robót lecz z konieczności dostosowania obliczonych wartości do dwóch pozostałych parametrów. Jakość robót modernizacyjnych jest zróżnicowana, o czym mogą świadczyć rozrzuty wskaźników syntetycznych J (rys. 3). Są tu hektometry o bardzo dobrej jakości ($J = 0,6 \div 0,7$ mm) oraz takie, na których trzeba będzie skrócić cykle naprawcze ($J = 1,4 \div 1,7$ mm). Scharakteryzowany odcinek toru oznacza się dużą niejednorodnością, ocenie której jest poświęcona praca [6].



Rys. 3. Syntetyczne wskaźniki stanu toru po zakończeniu robót modernizacyjnych (K. Garbacz)

Na hektometrach, na których znajdują się rozjazdy, wartości J dochodzą do 10 mm lub nawet więcej. W znacznej mierze tak duże wyniki są odzwierciedleniem niedoskonałej techniki pomiarowej w strefie rozjazdów. Ocena tych hektometrów nie jest wliczana do średniej.

5. Ocena skuteczności obszarowej

Kwalifikacja linii kolejowych do modernizacji nie powinna odbywać się bez wnikliwej analizy wpływu tych linii na linie z nimi powiązane. Analiza taka powinna wykazać wpływ wyodrębnionej linii modernizowanej na możliwość wzrostu lub poprawę jakości przewozów na obszarze z tą linią związanym. Ocena obszarowej skuteczności modernizacji linii kolejowej jest oceną eksploatacyjną opartą na trzech wskaźnikach:

1) średnim skróceniu czasu jazdy najszybszego pociągu Δt ,

- 2) średnim zwiększeniu nacisku osi ΔQ_r ,
- 3) średnim zwiększeniu długości pociągów towarowych ΔL_r .

Wszystkie wymienione wartości odnosi się do 100 km relacji objętych wpływem zmodernizowanej linii o łącznej długości L i liczbie r .

Ocenę tę wyraża wzór:

$$S_o = \frac{100 \cdot \left(\varepsilon_1 \sum_{i=1}^r \Delta t_r + \varepsilon_2 \sum_{i=1}^r \Delta Q_r + \varepsilon_3 \sum_{i=1}^r \Delta L_r \right)}{\sum_{i=1}^r L_r} \quad (4)$$

gdzie:

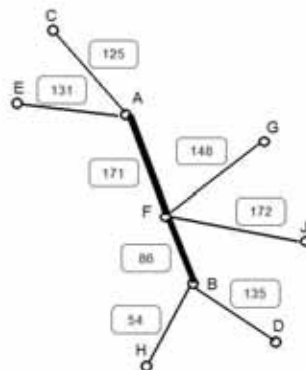
$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ – wagi równe odpowiednio 1,0; 0,9 i 0,6

Skrócenie czasów jazdy na poszczególnych relacjach odpowiada uproszczonemu założeniu, że następuje ono tylko wskutek skrócenia czasu jazdy na linii wyodrębnionej będącej częścią tych relacji. Długość pociągów towarowych, poza linią wyodrębnioną, wzrasta jedynie na tych relacjach, na odcinkach, których tory były dostosowane do długości większej (co oznacza, że przeszkodą były krótsze tory na linii wyodrębnionej przed modernizacją). Analogiczna zasada dotyczy nacisków osi. Oceny eksploatacyjne i infrastrukturalne są ocenami oddzielnymi i nie podlegają sumowaniu.

6. Przykłady obliczeń

6.1. Uwagi ogólne

Zamieszczone przykłady ilustrują wszystkie składniki oceny skuteczności i są ze sobą powiązane w ten sposób, że rozpatrywana linia wyodrębniona AB o długości $L_{AB} = 257$ km, ze stacją węzłową F staje się w obliczeniach skuteczności obszarowej częścią jednej z pięciu relacji (rys. 4).



Rys. 4. Schemat relacji objętych wpływem modernizowanej linii AB z długościami poszczególnych odcinków

6.2. Obliczenie skuteczności eksploatacyjnej linii wyodrębnionej

$$S_e = 100 \cdot \left(0,3 \cdot \frac{180 - 120}{120} + 0,7 \cdot \frac{142 - 136}{136} + 1,0 \cdot \frac{205 - 178}{178} + 0,9 \cdot \frac{225 - 190}{190} + 0,6 \cdot \frac{700 - 650}{650} \right) = 54,4.$$

Linie wyodrębnioną AB o długości L_{AB} charakteryzują parametry podane w tabelicy 2. Podstawiając wartości zawarte w pozycjach 1 ÷ 5 i odpowiednie wagi do wzoru (1) otrzymujemy:

Tablica 2. Parametry linii wyodrębnionej AB

| Lp. | Parametr | Wartość | |
|-----|---|------------------------------------|-----------------|
| | | przed modernizacją | po modernizacji |
| 1 | Prędkość maksymalna [km/h] | 120 | 180 |
| 2 | Prędkość drogowa [km/h] | 136 | 142 |
| 3 | Czas jazdy najszybszego pociągu [min] | 205 | 178 |
| 4 | Maksymalny nacisk osi [kN] | 190 | 225 |
| 5 | Maksymalna długość pociągów towarowych [m] | 650 | 700 |
| 6 | Syntetyczny wskaźnik stanu toru J [mm] | Przyjęta wartość referencyjna 0,70 | 0,79 |
| 7 | Liczba zlikwidowanych przejazdów | | 23 |
| 8 | Liczba zlikwidowanych rozjazdów krzyżowych i skrzyżowań torów | | 29 |
| 9 | Liczba wbudowanych rozjazdów zwyczajnych | | 12 |

6.3. Obliczenie skuteczności infrastrukturalnej linii wyodrębnionej w dziale dróg kolejowych

Podstawiając wartości ujęte w pozycjach 6 ÷ 9 tabelicy 2 do wzoru 2 i przypisane do nich wagi otrzymuje się

$$S_a = 100 \cdot \left(0,3 \cdot \frac{0,70 - 0,79}{0,70} + \frac{0,8 \cdot 23 + 0,7 \cdot (29 - 2 \cdot 12)}{257} \right) = 4,66.$$

Niekorzystny wpływ na wyniki obliczeń wywarła rzeczywista wartość syntetycznego wskaźnika stanu toru większa od wartości referencyjnej.

6.4. Obliczenie skuteczności obszarowej

Zmodernizowana linia wyodrębniona stanowi część pięciu relacji przedstawionych na rysunku 4. Wskaźniki tych relacji zawiera tablica 3.

Tablica 3. Wskaźniki relacji objętych wpływem linii wyodrębnionej AB

| Relacja | Długość [km] | Wskaźnik | | | | | | |
|----------|--------------|-----------------------------|------------------------------|-----|----------|---------------------------------|-----|----------|
| | | Skrócenie czasu jazdy [min] | Dopuszczalny nacisk osi [kN] | | | Długość pociągów towarowych [m] | | |
| | | | przed | po | Δ | przed | po | Δ |
| CABD | 517 | 27 | 190 | 225 | 35 | 650 | 700 | 50 |
| EAFJ | 474 | 18 | 190 | 190 | 0 | 630 | 630 | 0 |
| GFBH | 288 | 9 | 190 | 190 | 0 | 600 | 600 | 0 |
| CABH | 436 | 27 | 190 | 225 | 35 | 650 | 700 | 50 |
| CAFJ | 468 | 18 | 190 | 190 | 0 | 630 | 630 | 0 |
| Σ | 2183 | 99 | | 190 | 70 | | 630 | 100 |

Wprowadzając wartości zawarte w tablicy 3 do wzoru (4) otrzymuje się

$$S_o = \frac{100 \cdot \left(1,0 \sum_{i=1}^5 99 + 0,9 \sum_{i=1}^5 70 + 0,6 \sum_{i=1}^5 100 \right)}{\sum_{i=1}^5 2183} = 10,17.$$

W konkretnym przypadku największy wpływ na ocenę wywarło skrócenie czasów jazdy na wszystkich relacjach.

7. Podsumowanie

Metoda oceny skuteczności modernizacji linii kolejowych, oparta na jednoznacznie określonych wskaźnikach technicznych, oprócz swych walorów ewaluacyjnych i porównawczych, powinna wywrzeć korzystny wpływ na sposób kwalifikowania poszczególnych linii do określonego rodzaju robót (modernizacji, rewitalizacji, ciągłych wymian nawierzchni).

W każdym z tych trzech przedsięwzięć wynikające z nich korzyści powinny być oceniane nie tylko w odniesieniu do linii wyodrębnionej, lecz również w układzie obszarowym. Przyjęcie takiego założenia będzie wymagało znacznego zwiększenia analiz stanowiących podstawę opracowania założeń funkcjonalno-użytkowych. W pierwszym rzędzie dotyczy to wariantowania prędkości pociągów, rozpoczynając od obliczeń prędkości drogowych i kończąc na symulacjach komputerowych.

Metoda oceny skuteczności linii kolejowych powinna wzbogacić zasadniczo obliczenia efektywności przedsięwzięć modernizacyjnych.

Literatura

- [1] Baczyński K., Węclawik R., Wypadki kolejowe. Rynek Kolejowy 2013, nr 10.
- [2] Bałuch M., Estymacja nierówności torów kolejowych. Archiwum Inżynierii Lądowej, 1989, nr 3-4.

- [3] Bałuch H., Bałuch M., Eksploatacyjne metody zwiększania trwałości rozjazdów kolejowych. CNTK, Warszawa 2009.
- [4] Bałuch H., Bałuch M., Determinanty prędkości pociągów – układ geometryczny i wady toru. Instytut Kolejnictwa, 2010.
- [5] Bałuch M., Ewolucja potencjalnych skutków niepełnego wykonania robót torowych. VI Konferencja N-T „Projektowanie, budowa i utrzymanie infrastruktury w transporcie szynowym” INFRASZYN, Zakopane 2013.
- [6] Bałuch H., Bałuch M., Metody określania niejednorodności nawierzchni kolejowej i ich zastosowanie. XVII Konferencja Naukowa DROGI KOLEJOWE, Krynica 2013.
- [7] Bałuch H., Celowość wprowadzenia metody oceny skuteczności modernizacji linii kolejowych. Konferencja „Innowacyjność infrastruktury czynnikiem rozwoju gospodarki”. Warszawa, październik 2013.
- [8] Berman G., Bianchi M., Evaluating of EBI financing of railway projects in the European Union. Evaluation Report, June 2005.
- [9] Cooper W.W., Seiford L.M., Zhu J., Handbook on Data Envelopment Analysis. 2nd ed. Springer 2011.
- [10] Intermediate report on the development of railway safety in the European Union. European Railway Agency, 2013.
- [11] Fuks J., Generowanie hałasu kolejowego. Infrastruktura Transportu 2013, nr 2.
- [12] Olli-Pekka H., European railway freight transportation to demand decline efficiency and partial productivity analysis from period 1980-2003. International Journal of Productivity and Performance Management, vol. 56, iss. 3, 2007.
- [13] Olpiński W., Wypadki na przejazdach w Polsce na liniach kolejowych zarządzanych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Referat na XI Międzynarodowych Targach Budownictwa Drogowego, Kolejowego i Zarządzania Ruchem, Infrastruktura, październik 2013.
- [14] Rail Modernization Study. Report to Congress. Federal Transit Administration, April 2009.
- [15] Rollbiecki R., Efektywność techniczno-eksploatacyjna transportu kolejowego w Polsce. Infrastruktura Transportu 2013, nr 2.
- [16] Schofer J.L., Haefele E.T., Rail modernization benefits analysis: identification of benefits and beneficiaries. Executive Summary. Monograph Urban Mass Transportation Administration, 1983.
- [17] Szafrąński Z., Dogmatyzm a inwestycje kolejowe. Raport Kolejowy, 2013 nr 4.