ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2006
Seria: TRANSPORT z. 62 Nr kol. 1721

Jeremi RYCHLEWSKI[1]

OBSŁUGA TRANSPORTOWA REJONU KALISZA LINIĄ KOLEJOWĄ DUŻYCH PRĘDKOŚCI

Streszczenie. Linie kolejowe dużych prędkości zbudowane w krajach Europy Zachodniej osiągnęły znaczący sukces zarówno w poprawie podziału modalnego podróży, jak też ekonomiczny; budowa tych linii w Polsce pozostaje więc kwestią czasu. Graniczne położenie Polski na skraju Unii Europejskiej może spowodować, że podaż przepustowości linii dużych prędkości będzie większa niż popyt na przewozy na duże (300 km i więcej) odległości, należy więc rozważyć wykorzystanie tych linii do obsługi mniejszych regionów. Miejscem, które mogłoby służyć za punkt doświadczalny, jest dwubiegunowa konurbacja Kalisza i Ostrowa Wielkopolskiego. Rejon tej konurbacji jest określany jako prawdopodobne miejsce rozdziału linii z Warszawy na Poznań i Wrocław, jednocześnie jest to największe skupisko ludzkie na trasie tej linii między Łodzią a Poznaniem i Wrocławiem. W niniejszej pracy przedstawiono analizę możliwości wykorzystania linii dużej prędkości Warszawa – Łódź – Poznań / Wrocław do obsługi transportowej tej konurbacji.

TRANSPORT SERVICE OF KALISZ REGION BY A HIGH SPEED RAILWAY LINE

Summary. High speed railway lines built in Western Europe proved to be a success, both in modal split improvement and economy; therefore construction of such lines in Poland is only a matter of time. Since Poland is a border country of European Union, the capacity of the high speed lines might not be fully used by long (300 km and above) distance trains, one should therefore consider utilisation of these lines for service of smaller regions. A proposed site of a study is a twin conurbation of Kalisz and Ostrów Wielkopolski. The conurbation is a probable site of a bifurcation of a high speed line from Warsaw to Poznań and Wrocław, and at the same time it has the highest population density between Łódź and Poznań and Wrocław. Presented in this paper is a possibility analysis of Kalisz – Ostrów Wielkopolski conurbation transport service by Warsaw – Łódź – Poznań / Wrocław high speed railway line.

1. WPROWADZENIE

Konkurencja ze strony przewozów samochodowych wymusza na kolei zapewnienie wysokiej jakości świadczonych usług, której jednym z elementów jest prędkość. Ruch samochodowy opiera się, niezmiennie od czasu wynalezienia samochodu, na założeniu jazdy na odległość widoczności, wzrok ludzki może jednak zapewnić bezpieczną jazdę tylko do prędkości 90 – 100 km/h, a w szczególnych warunkach gwarantowanych przez autostrady – do 130 km/h. Tymczasem kolej pokonała bariery technologiczne i uzyskała możliwość

[1]Zakład Dróg Kolejowych Politechniki Poznańskiej, Piotrowo 5, 61-138 Poznań, tel. (61) 6652407, jeremi.rychlewski@put.poznan.pl

rozwijania prędkości do ponad 500 km/h w warunkach testowych i do 350 km/h w warunkach normalnej eksploatacji. W ten sposób linie dużych prędkości zdominowały podróże pomiędzy dużymi miastami odległymi od siebie o 300-600 km, wypierając rozwijające znacznie mniejsze prędkości samochody i wymagające długich dojazdów do lotnisk i oczekiwania na odlot samoloty [5].

Ze względu na zalety linii kolejowych dużych prędkości i tranzytowe położenie Polski problem ich budowy w zasadzie nie jest problemem „czy", a raczej „kiedy" i „ile km". Budowa nowych linii daje szansę poprawy funkcjonowania transportu i uzupełnienia niektórych połączeń, których brak ma swoją genezę w zmianach granic po obu wojnach światowych. Istotne ograniczenie stanowi duży koszt budowy linii dużych prędkości, dlatego należy dążyć do maksymalnego wykorzystania ich możliwości.

2. NAJWAŻNIEJSZE PARAMETRY LINII KOLEJOWYCH DUŻYCH PRĘDKOŚCI [3,8,10,11]

Za linie dużych prędkości uznaje się linie o prędkości od 160 km/h dla pociągów pasażerskich i od 120 km/h dla pociągów towarowych. Zakłada się, że linie prowadzące ruch z prędkością do 200 km/h mogą prowadzić ruch mieszany, natomiast linie powyżej 200 km/h powinny być wyspecjalizowane tylko dla ruchu pasażerskiego lub towarowego. W praktyce, duża część wymogów odnoszących się do linii dużych prędkości nie dotyczy linii o prędkości maksymalnej 160 km/h, linie te nie będą więc brane pod uwagę w tym zestawieniu.

Niektóre linie kolejowe dużych prędkości prowadzą wyłącznie ruch pociągów obsługujących tylko te linie (np. Hiszpania, Japonia). W innych krajach pociągi dużych prędkości korzystają na określonych odcinkach z torów przeznaczonych dla ruchu mieszanego (Francja, Niemcy), wtedy jednak na tych liniach zaleca się ograniczenie maksymalnego nacisku na oś do 17,5 tony.

Decyzją Komisji Europejskiej przyjęto najważniejsze parametry linii kolejowych dużych prędkości. Rząd Polski również przyjął zalecane parametry dla budowy linii Warszawa – Łódź – Wrocław / Poznań. Parametry te przedstawia tablica 1.

Tablica 1

Parametry linii kolejowych dużych prędkości

Parametr	Wymogi Komisji Europejskiej	Zalecenia Polskie	Parametry przyjęte w innych krajach
Maksymalna prędkość [km/h]	160 - 350	160 - 350	160 – 350
Minimalny promień łuku poziomego na szlaku[m]	Zależny od przechyłki	4500	1600 – 7000
Minimalny promień manewrowy [m]	150	-	-
Maksymalne pochylenie [‰]	25 - 35	20	25 – 40
Minimalna szerokość międzytorza [m]	4,2 - 4,5	4,75	4,2 – 5,0
Maksymalna przechyłka [mm]	180	160	160 – 200
Maksymalny niedobór przechyłki [mm]	80 - 100	-	65 – 130

Źródło: [3,8,10]

Na liniach kolejowych dużych prędkości wymaga się również, aby:

- Sterowanie ruchem kolejowym było realizowane co najmniej według 2 stopnia Europejskiego Systemu Sterowania Ruchem Pociągów (ERMS - ESSRP) [4,9], a więc za pomocą sygnalizacji kabinowej. Wytyczne Unii Europejskiej zakładają, że na liniach o prędkości $200 \leq V < 300$ km/h sterowanie powinno wykorzystywać sygnalizację kabinową, ale należy zachować tradycyjne sygnalizatory dla wolniejszych pociągów, a na liniach $V \geq 300$ km/h należy stosować wyłącznie sygnalizację kabinową.

- Nie było relacji przecinających tory ruchu szybkiego.
- Stosowano tylko rozjazdy proste.
- Wszystkie przecięcia z drogami samochodowymi były realizowane dwupoziomowo.

Rozjazdy przewidziane dla linii dużych prędkości można podzielić na dwa typy: rozjazdy zwyczajne pozwalające na przejazd na tor zwrotny z prędkością 100 km/h (Rz-UIC60-1200-1:18,5) oraz rozjazdy o zmiennej (klotoidalnej) krzywiźnie toru zwrotnego i dużych promieniach łuku, pozwalających na przejazd na tor zwrotny z dużymi prędkościami. W wytycznych CNTK [8] przewidziano zastosowanie rozjazdów, pozwalających na przejazd na tor zwrotny z prędkością 160 km/h (Rz-UIC60-10000/4000-1:32) oraz z prędkością 100 km/h. Pierwszy typ rozjazdu powinien być stosowany do połączeń awaryjnych torów szybkich i w miejscu włączenia i wyłączenia torów innej linii dużych prędkości, natomiast drugi typ w miejscach połączenia awaryjnego lub technicznego z liniami normalnej prędkości oraz do zjazdu na tory główne dodatkowe.

3. PRZEBIEG LINII DUŻYCH PRĘDKOŚCI W POLSCE [5,7]

3.1. Linia E-20 Kunowice – Terespol (korytarz II)

Najważniejszym ciągiem przebiegającym przez Polskę jest ciąg o znaczeniu międzykontynentalnym E-20, łączący Paryż i Londyn przez Brukselę, Kolonię, Hanower, Berlin, Poznań, Warszawę, Brześć i Mińsk z Moskwą i dalej z Koleją Transsyberyjską. Na terenie Polski przewidziano budowę na tym ciągu nowej linii o prędkości 300-350 km/h. Dla tej prędkości optymalną, z punktu widzenia ruchu pociągów, odległością między przystankami jest 300 km [5], wymóg ten spełniają wyżej wymienione miasta. W Polsce problemem staje się jednak obsługa transportowa trzeciej po GOP i Warszawie aglomeracji łódzkiej, zlokalizowanej zaledwie 100 km od Warszawy. Pominięcie Łodzi w systemie szybkich linii kolejowych (dokonane już na relacji północ – południe przy budowie Centralnej Magistrali Kolejowej) spowodowałoby degradację prawie milionowej aglomeracji, konieczne jest więc zapewnienie przystanku Łódź na linii dużych prędkości, z założeniem że nie wszystkie pociągi muszą tam stawać [1]. Ze względu na ograniczenia terenowe i południkowy układ łódzkiego węzła kolejowego lokalizację takiego przystanku należy upatrywać w rejonie Zgierza.

3.2. Linia E-65 i E-26 Brama Morawska – Warszawa – Suwałki (korytarz I i VI)

Brama Morawska, będąca naturalną granicą rozdzielającą Sudety od Karpat, jest najlepszym miejscem do przeprowadzenia połączenia kolejowego Polski z krajami południowymi. Zlokalizowane w jej obszarze okręgi przemysłowe: Górnośląski, Rybnicki i Ostrawski - to nie tylko ważne węzły transportowe korytarzy łączących środkowoeuropejskie stolice (Wiedeń, Praga, Bratysława) z Krajami Bałtyckimi i Europą Wschodnią, ale również duży, ponad 5-milionowy obszar zurbanizowany. Ukształtowanie fizyczne terenu, granice Unii Europejskiej i zrealizowana Centralna Magistrala Kolejowa, którą można dostosować do prędkości 200 km/h, wyznaczają przebieg linii dużej prędkości, która ze względu na jej łącznikowy charakter ma szansę uzyskać wysoki priorytet realizacji.

Ze względu na optymalne odległości między przystankami i lokalizację dużych skupisk ludności prawdopodobny przebieg linii o prędkości maksymalnej 200-350 km/h jest następujący: Wiedeń – Bratysława – Żylina – Jaworzno (punkt przesiadkowy na pociągi dowożące do miast Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego i Krakowa; przebieg linii dużej prędkości przez Górny Śląsk jest wątpliwy ze względu na szkody górnicze) – Warszawa – Białystok – Wilno lub Kowno – Ryga – Tallin. Linia powinna mieć odgałęzienia przystosowane do prowadzenia ruchu z prędkością 160 km/h do Łodzi (od strony Katowic), Katowic i Krakowa oraz Ostrawy i dalej do Pragi.

3.3. Linia E-65 Warszawa – Gdańsk (korytarz VI)

Linia Warszawa – Gdańsk była przewidziana do realizacji jako północny odcinek Centralnej Magistrali Kolejowej. Rola portów trójmiejskich, położenie w korytarzu kreteńskim i wielkość aglomeracji Trójmiasta stanowią argument za budową połączenia linią dużej prędkości 200-300 km/h. Z punktu widzenia optymalizacji obsługi transportowej kraju linia ta powinna mieć jednak nieco odmienny przebieg, a mianowicie obsłużyć po drodze konurbację bydgosko – toruńską, z Toruniem jako prawdopodobną lokalizacją przystanku. Odgałęzieniem tej linii powinna być linia Toruń – Łódź, dostosowana do prędkości 160 km/h.

3.4. Linia Warszawa – Wrocław

Przedstawiony powyżej układ linii pozostawia jedną aglomerację o liczbie ludności powyżej 0,5 miliona bez połączenia linią szybkiej kolei z Warszawą – aglomerację wrocławską. Odległość około 150 km do przewidywanego przebiegu linii kolejowej Poznań – Łódź – Warszawa i niskie prędkości na linii Wrocław – Ostrów Wlkp. stanowią argument za budową nowego połączenia z Wrocławia do Łodzi dla prędkości 300-350 km/h. Połączenie to powinno stanowić odgałęzienie linii E-20 z punktem rozplotu zlokalizowanym w rejonie Kalisza i Ostrowa Wlkp. W przyszłości można rozważyć przedłużenie linii dużej prędkości do Drezna lub Pragi.

3.5. Linia przewidziana dla prędkości 160 km/h

Sieć linii o prędkości maksymalnej 160 km/h powinna uzupełniać sieć linii kolejowych dużych prędkości, łącząc pozostałe duże aglomeracje ze stolicą Państwa i uzupełniając sieć międzynarodowych dróg kolejowych. Elementami tej sieci powinny być:

- Linia E-30 Zgorzelec – Wrocław – Katowice – Kraków – Rzeszów – Przemyśl – Lwów, leżąca w III korytarzu transportowym,
- Linia Poznań – Bydgoszcz – Toruń, stanowiąca łącznik między korytarzami,
- Linia E-59 Szczecin – Poznań – Wrocław – Międzylesie, stanowiąca również fragment połączenia Szczecina ze stolicą Państwa,
- Linia Warszawa – Olsztynek – Gdańsk, stanowiąca, przez linię Olsztynek – Olsztyn, połączenie Olsztyna ze stolicą Państwa,
- Linia Warszawa – Lublin – Rzeszów łącząca te miasta ze stolicą Państwa i z liniami kolejowymi w korytarzach transportowych,
- Inne linie obecnie dostosowane do prędkości 160 km/h.

3.6. Miejsce Kalisza w sieci linii kolejowych dużych prędkości

Potencjał ludnościowy aglomeracji łódzkiej był silnym argumentem za przeprowadzeniem linii kolejowej dużych prędkości z Warszawy do Poznania i Wrocławia przez Łódź. Ponieważ budowa dwóch równoległych linii dużych prędkości nie miała sensu, pojawiła się konieczność wyznaczenia miejsca rozdzielenia linii z Warszawy na Poznań i Wrocław. Z geograficznego punktu widzenia optymalnym miejscem takiej bifurkacji jest rejon Kalisza i Ostrowa Wielkopolskiego.

4. PRZEPUSTOWOŚĆ LINII KOLEJOWEJ DUŻEJ PRĘDKOŚCI [2,6,12]

Przepustowość linii kolejowej jest zależna od czasu, jaki musi upłynąć między przejazdami dwóch pociągów, a więc od macierzy zależności między pociągami. Generalną zasadą jest, że pociąg powinien być w stanie, na podstawie wskazań semaforów, zatrzymać się, jeżeli coś się stało z poprzedzającym pociągiem. Zgodnie z wytycznymi europejskimi

[10], minimalne opóźnienie hamowania z prędkości 200 km/h do 0 powinno wynosić 0,6 m/s^2, a z prędkości 300 km/h do 0 – 0,35 m/s^2. Dla 300 km/h daje to 10-kilometrową drogę hamowania, tymczasem na TGV droga ta wynosi tylko 7,5 km, a dla prędkości 360 km/h – 9,0 km; są to więc wartości zapewniające bezpieczeństwo ruchu.

Obliczenia przepustowości ograniczono do obliczeń minimalnych odstępów, które zestawiono w tablicy 2.

Tablica 2

Minimalne odstępy czasowe między pociągami na liniach dużych prędkości

Prędkość pociągu [km/h]	Droga hamowania [km]	Czas hamowania [s]	Minimalny odstęp między pociągami	
200	2,6	93	47 s	1,0 minuta
300	10,0	240	120 s	2,0 minuty
Rozpęd od 0 do prędkości [km/h]	Droga rozpędu [km]	Wzrost czasu jazdy w porównaniu do pełnej prędkości [s]	Minimalny odstęp między pociągami	
200	6,9	76	85 s	1,5 minuty
300	20,6	313	276 s	4,5 minuty
Minimalny odstęp między pociągiem jadącym z prędkością 200 km/h i pociągiem jadącym 300 km/h przy założeniu płynnego ruchu pociągu szybszego			Długość szlaku [km]	Odstęp między pociągami
			100	10 minut
			200	20 minut
			300	30 minut
Czas zajętości przy kolizji bardzo długiej wynikającej z prowadzenia ruchu w obu kierunkach po jednym torze, w zależności od odległości między posterunkami odgałęźnymi			100	20-27 minut
			200	40-47 minut
			300	60-67 minut

Źródło: opracowanie własne

Wyniki obliczeń wskazują, że przystanki w mniejszym stopniu decydują o przepustowości linii dużych prędkości niż różnice prędkości między pociągami. Należy więc założyć, że po linii dużych prędkości powinny jeździć tylko pociągi, mogące rozwijać przewidziane w projekcie prędkości.

Odległość 100 km okazuje się być maksymalną długością szlaku dla linii dużych prędkości – powyżej tej odległości regulacja ruchu pociągów o różnej prędkości staje się trudna, a w razie konieczności zamknięcia jednego toru częstotliwość kursowania pociągów przekracza 1 godzinę.

W tablicy 3 zestawiono czasy jazdy na odcinku 300 km przy braku postojów na trasie, przy 1 i przy 2 postojach trwających po 1 minucie. Zestawienie nie uwzględnia prawdopodobnego obniżenia prędkości wynikającego z włączenia w klasyczne linie kolejowe na terenie Poznania, Wrocławia i aglomeracji Warszawskiej.

Tablica 3

Czas przejazdu odcinka 300 km między dwoma stacjami w zależności od prędkości

Liczba postojów po drodze	200 km/h	300 km/h
Brak	92,0 min.	67,2 min.
1	95,1 min.	75,4 min.
2	98,2 min.	83,6 min.
Różnica czasu przejazdu przy braku postoju i przy dwóch postojach	6,2 min.	16,4 min.

Źródło: Obliczenia własne

5. POPYT NA PRZEWOZY

Pociągi na linii Warszawa – Poznań kursują obecnie w takcie godzinnym, w okresach szczytowych kursują 2 pociągi na godzinę. Można też zaobserwować, że część pasażerów celowo wybiera TLK lub pociągi pospieszne, aby mniej zapłacić. Po uruchomieniu linii dużej prędkości ruch na dotychczasowej linii E-20 musi zostać utrzymany, choć w zredukowanej formie, w celu obsługi ludzi mieszkających wzdłuż tej trasy. Z powyższej analizy wynika, że przy obecnym popycie wystarczy obsłużyć relację Poznań – Warszawa 1 pociągiem na 2 godziny. Ekstrapolując doświadczenia poznańskie na Wrocław (szacunek taki jest dopuszczalny ze względu na podobną liczbę mieszkańców Poznania i Wrocławia), można założyć, że do obsługi aglomeracji wrocławskiej wystarczy 1 pociąg na 1 lub 2 godziny.

Można założyć, że budowa linii kolei szybkich przyczyni się do zwiększenia klientów kolei, dlatego do zbadania możliwości obsługi rejonu Kalisza przyjęto większe potoki pasażerskie niż w powyższej analizie. Założono mianowicie, że z Poznania i z Wrocławia standardem będzie takt 1-godzinny, ponadto z Wrocławia mogą jechać dodatkowe pociągi szczytowe, a z Poznania poza szczytem pociągi międzynarodowe. Zestawienie obciążenia przedstawia tablica 4.

Tablica 4

Prawdopodobne obciążenie godzinne linii dużych prędkości Warszawa – Poznań / Wrocław

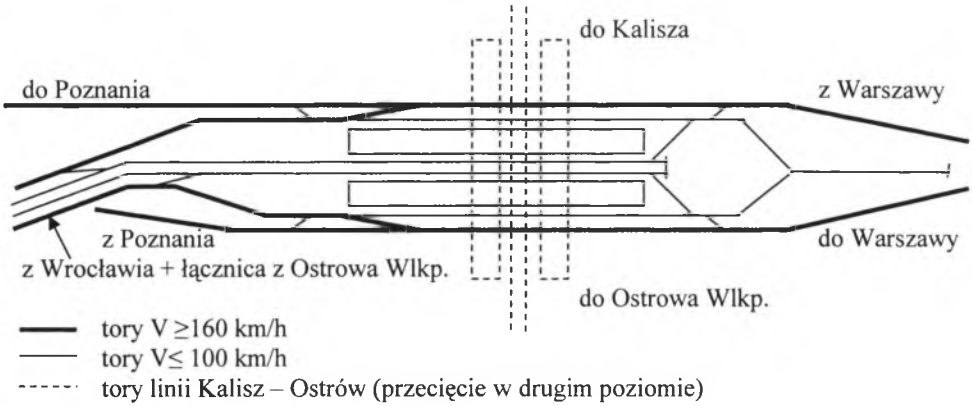
Godzina 1	Godzina 2
1 pociąg Warszawa - Łódź	1 pociąg Warszawa – Łódź
2 pociąg Warszawa – Łódź – Wrocław	2 pociąg Warszawa – Wrocław
3 pociąg Warszawa – Poznań	3 pociąg Warszawa – Łódź – Poznań
4 pociąg Warszawa – Wrocław (dodatkowy)	4 pociąg Warszawa – Łódź – Kalisz – Wrocław
5 pociąg Warszawa – Łódź – Kalisz – Poznań	5 pociąg międzynarodowy Warszawa – Poznań

Źródło: opracowanie własne

Pociągi zestawione w tablicy 4 wykorzystują zaledwie 50% przepustowości (31 minut zajętości w godzinie) w układzie ukierunkowanym na płynność ich ruchu. Można więc stwierdzić, że rezerwy przepustowości pozwalają uruchomić pociąg do obsługi rejonu Kalisza i Ostrowa Wielkopolskiego.

6. LOKALIZACJA STACJI

Regionalne stacje linii dużych prędkości powinny być tak lokalizowane, aby nie pogarszać parametrów linii. Spełnienie tego warunku wyklucza lokalizację stacji regionalnej zarówno w Kaliszu, przez który linia kolejowa jest przeprowadzona łukami o dużych kątach zwrotu, jak i w Ostrowie, gdzie południkowy układ stacji jest nie do pogodzenia z równoleżnikowym kierunkiem obu (do Poznania i Wrocławia) linii. W obu miastach przeprowadzenie linii dużych prędkości prostopadle do istniejącej linii jest w obszarach stacyjnych niemożliwe ze względu na gęstą zabudowę. Rozwiązaniem problemu jest lokalizacja stacji w rejonie Nowych Skalmierzyc (na linii kolejowej z Kalisza do Ostrowa), skąd lokalne pociągi rozwoziłyby pasażerów do obu miast. Propozycję schematu układu torowego dla dwupoziomowej stacji przesiadkowej, uwzględniającego tor łącznikowy do Ostrowa (połączenie z liniami zwykłych prędkości) i możliwość nawrotu z kierunku Poznania na Wrocław przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Proponowany schemat ideowy stacji Kalisz – Ostrów
Fig. 1. Proposed schematic diagram of Kalisz – Ostrów station

7. WNIOSKI

Można się spodziewać, że linie kolejowe dużych prędkości budowane w Polsce będą miały spore rezerwy przepustowości.

O ile obsługa centrów regionalnych nie jest celem budowy linii kolejowych szybkiego ruchu, o tyle można wykorzystać rezerwy przepustowości do poprawy ich warunków transportowych. Zasadniczym założeniem pozostaje optymalna odległość między stacjami zbliżona do 300 km, nie można jej jednak traktować doktrynalnie.

Na liniach dużych prędkości maksymalnie co 100 km powinien się znajdować posterunek zapowiadawczy. Lokalizacje tych posterunków warto wykorzystać do budowy dodatkowych stacji, o ile jest na nie zapotrzebowanie.

Zezwolenie na ruch pociągów o różnych prędkościach maksymalnych powoduje istotne zmniejszenie przepustowości. Należy więc założyć, że stacje, takie jak Poznań i Zbąszynek będą pełniły funkcję stacji przesiadkowych dla podróżnych dojeżdżających tradycyjnymi liniami odpowiednio ze Szczecina oraz z Zielonej Góry i Gorzowa Wielkopolskiego.

Lokalizacja stacji pośrednich powinna być optymalizowana tak, aby nie wystąpiła konieczność obniżenia parametrów linii dużych prędkości. Wyjątkiem mogą być stacje aglomeracji, spełniające warunek 300 km między głównymi stacjami.

Literatura

1. Boryczka J., Raczyński J.: Łódź – Warszawa jako część krajowego systemu kolejowych połączeń międzyregionalnych. Rynek Kolejowy, s. 40-41.
2. Keating O.: Le train à Grande Vitesse (TGV). www.o-keating.com.
3. Lindahl M.: Track geometry for high-speed railways. www.europakoridoren.se.
4. Pawlik M.: Wybrane aspekty techniczne ruchomego odstępu blokowego i jego realizacja w trzecim poziomie Europejskiego Systemu Sterowania Pociągiem. Problemy Kolejnictwa, 134/2001, s. 89-102.

5. Rydzkowski W., Wojewódzka-Król K.: Współczesne problemy polityki transportowej. PWE, Warszawa 1997.
6. Woch J.: Narzędzia analizy efektywności i optymalizacji sieci kolejowej. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001.
7. Zalewski J.: Modernizacja infrastruktury kolejowej w Polsce. Przegląd Kolejowy, 9/1998, s. 1-6.
8. Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa: Wstępne studium wykonalności budowy linii dużych prędkości Wrocław/Poznań – Łódź – Warszawa. CNTK, Warszawa 2005.
9. Levels of European Train Control System. www.ertms.com.
10. Technical Specifications for Interoperability – zbiór dokumentów Unii Europejskiej. 2000.
11. The mechanism of Railway Track. Japan Railway & Transport Review. www.jrtr.net.
12. The TGV signaling system. www.trainweb.org