

Piotr Piątkowski<sup>1</sup>, Tomasz Heese<sup>2</sup>,

Magdalena Kaczorkiewicz<sup>3</sup>, Adam Boguski<sup>4</sup>,

Paweł Zdoliński<sup>5</sup>, Ewa Kasperska<sup>6</sup>,

Norbert Chamier-Gliszczyński<sup>7</sup>, Maria Pelc<sup>8</sup>

# IMPLEMENTACJA ZADANIA ROZWOJU TRANSPORTU PUBLICZNEGO W RAMACH PROJEKTU CIVITAS RENAISSANCE W SZCZECINKU

W artykule przedstawiono problematykę realizacji zadania polegającego na wprowadzeniu ekologicznych minibusów do transportu publicznego, w ramach programu *CiViTAS Renaissance*. Omówiono rodzaj i zakres działań na rzecz efektywniejszego wykorzystania publicznego transportu miejskiego. Praca przedstawia wyniki analizy stanu bazowego oraz częściowej ewaluacji zadania. Zadanie to miało w sposób realny przyczynić się do rozwoju przedsiębiorstwa komunikacyjnego oraz wpłynąć na zmniejszenie emisji spalin oraz hałasu w mieście. Na podstawie wyników badań sformułowano wnioski dotyczące możliwości wykorzystania alternatywnych paliw do zasilania publicznych środków transportu w pojazdach przewoźników.

## Wprowadzenie

Jednym z głównych celów projektu *CiViTAS Renaissance* jest przeprowadzenie badań i określenie możliwości wdrożenia nowych ekologicznych oraz bezpiecznych rozwiązań transportowych w miastach. Prócz implementacji zadań transportowych w ramach inicjatywy *CiViTAS* realizowane są zadania mające na celu zmianę zachowań oraz podniesie-

nie świadomości transportowej mieszkańców miast. Obok miasta Szczecinek projekt *CiViTAS Renaissance* realizowany jest jeszcze przez: Perugię, Bath, Skopje oraz Gorna Oryahovitsa.

Pierwsze dwa miasta (z wymienionych) oraz Szczecinek pełnią rolę miast wiodących, natomiast pozostałe to tzw. miasta uczące się.

Projekt *Renaissance* obejmuje swoim działaniem takie płaszczyzny jak [8]:

1. Innowacje energetyczne i środowiskowe – gdzie głównym celem jest zmniejszenie emisji dwutlenku węgla oraz efektu cieplarnianego;
2. Innowacje techniczne – które mają za zadanie demonstrację „czystych” aut drugiej generacji zasilanymi paliwami alternatywnymi, takimi jak: biopaliwa, CNG, metan. Szczególną uwagę poświęca się wdrażaniu pojazdów elektrycznych;
3. Innowacje organizacyjne – mające zademonstrować możliwości w zakresie wymiany informacji między partnerami na szczeblu lokalnym i europejskim, co stanowi priorytet w projekcie *Renaissance*. W ramach tego działania realizowane są:
  - innowacyjna polityka fiskalna i płac,
  - polityczny proces innowacji;
4. Innowacyjny system transportu – polegający na dynamicznym procesie zbierania informacji na temat sytuacji drogowej i korków oraz zarządzania ruchem.

## Charakterystyka zadania projektowego

Celem zadania projektowego określonego jako „wdrożenie czystych minibusów” jest implementacja przez lokalnego przewoźnika publicznego (Komunikację Miejską) minibusów zasilanych paliwem alternatywnym w postaci mieszanki propan-butan (LPG), które stanowi niskoemisyjne źródło energii dla pojazdów komunikacji samochodowej. Prócz wdrożenia do eksploatacji pojazdów zadanie to obejmuje także wprowadzenie „usługi przewozowej na życzenie”, budowy punktu obsługi technicznej pojazdów zasilanych LPG oraz ekologicznej myjni samochodowej. Zadanie to

<sup>1</sup> Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny, Katedra Transportu, piotr.piatkowski@tu.koszalin.pl

<sup>2</sup> Politechnika Koszalińska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Biologii Środowiskowej, tomasz.heese@tu.koszalin.pl

<sup>3</sup> Politechnika Koszalińska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Biologii Środowiskowej, magdalena.kaczorkiewicz@tu.koszalin.pl

<sup>4</sup> Politechnika Koszalińska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Biologii Środowiskowej, adam.boguski@tu.koszalin.pl

<sup>5</sup> Politechnika Koszalińska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Biologii Środowiskowej, pawel.zdolini@tu.koszalin.pl

<sup>6</sup> Politechnika Koszalińska, Instytut Ekonomii i Zarządzania, Zakład Marketingu, kasperska.ewa@wp.pl

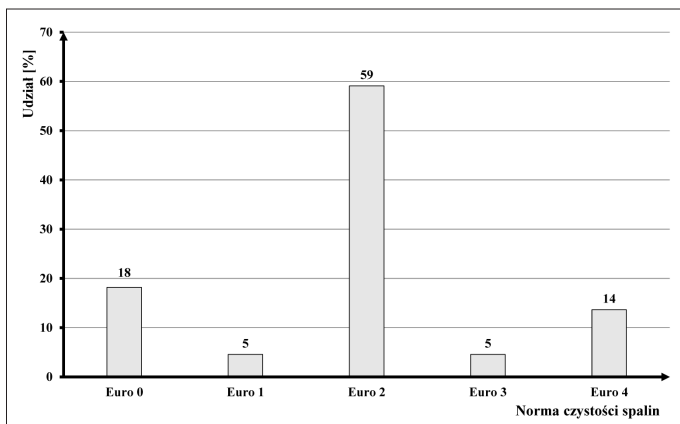
<sup>7</sup> Politechnika Koszalińska, Instytut Mechatroniki Nanotechnologii i Techniki Próżniowej, Zakład Mechatroniki i Mechaniki Stosowanej, norbert.chamier-gliszczyński@tu.koszalin.pl

<sup>8</sup> Politechnika Koszalińska, Dział Współpracy z Gospodarką, maria.pelc@tu.koszalin.pl

silnie wspierane jest przez intensywną kampanię promocyjną, co jest powiązane z wymianą wiat przystankowych oraz montażem systemu dynamicznej informacji pasażerskiej na kluczowych przystankach. Innowacyjność tego zadania polega na wprowadzeniu przez przewoźnika publicznego do eksploatacji minibusów zasilanych LPG, co jest pewnym ewenementem w skali regionalnej i krajowej.

### Przegląd floty lokalnego przewoźnika publicznego

Lokalny przewoźnik publiczny (Komunikacja Miejska – KM) posiada obecnie 22 pojazdy. Tylko trzy z nich spełniają normę emisji spalin EURO 4, a do eksploatacji zostały wprowadzone w czwartym kwartale 2010 roku jako pojazdy fabrycznie nowe, wyposażone w silniki o zapłonie iskrowym, adaptowane do zasilania paliwem propan-butan (LPG) przez układ wtryskowy typu czwartej generacji. Silniki zasilane tym paliwem uznawane są dość powszechnie jako przyjazne środowisku ze względu na stosunkowo niedużą szkodliwość spalin oraz w pewnym sensie odnawialny charakter paliwa [4, 5, 6 i 7]. Ponadto paliwo to postrzegane jest jako bezpieczne, a w okresie długoterminowym wiąże się z nim poważne nadzieje na zmniejszenie zużycia tradycyjnych paliw kopalnych [3]. Pozostałe pojazdy to autobusy miejskie z silnikami o zapłonie samoczynnym, w większości przypadków spełniającymi normę czystości spalin na poziomie EURO II. Udział procentowy poszczególnych typów pojazdów pod względem spełnianej normy czystości spalin przedstawiono na rysunku 1.

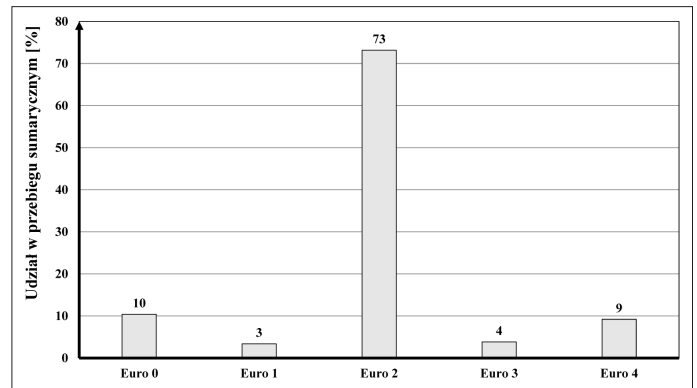


Rys. 1. Udziały procentowe liczby pojazdów przewoźnika publicznego podzielonych pod względem spełnianej fabrycznie normy czystości spalin (stan wg danych za IV kwartał 2010)

We wcześniejszym okresie przewoźnik nie posiadał pojazdów spełniających wyższą normę czystości spalin niż EURO III. Powodowało to, że pojazdy te w sposób bardzo efektywny wpływały na poziom kosztów paliwa i emisję dwutlenku węgla oraz substancji szkodliwych, takich jak: tlenki węgla (CO), węglowodory ( $C_nH_m$ ), tlenki azotu ( $NO_x$ ) oraz cząstki stałe (PM). Tak niewielka liczba pojazdów nie wpłynie znacząco na zmniejszenie zawartości składników szkodliwych powietrza w mieście. Jednak, jak można zauważyć na rysunku 1, niemal 14-procentowy udział pojazdów spełniających normę czystości spalin EURO IV wpłynie na zmniejszenie emisji spalin we flocie pojazdów komunika-

cji miejskiej, co będzie wyrazem aprobaty lokalnych władz dla „czystych” pojazdów w mieście i przyczyni się do ich promowania. Ponadto użytkownie przez publicznego przewoźnika pojazdów o innym niż klasyczny układzie zasilania wpłynie pośrednio na świadomość koniecznych zmian zachowań transportowych mieszkańców miast.

W celu określenia średniej emisji jednostkowej oraz jednostkowego bilansu ekonomicznego posłużono się informacją o ilości zużytego paliwa oraz kosztach poniesionych na eksploatację każdego z pojazdów. Udział procentowy przebiegu poszczególnych pojazdów w rozróżnieniu na spełnianą normę czystości spalin przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Udział procentowy wykorzystania pojazdów na podstawie sumarycznego przebiegu grupy pojazdów w odniesieniu do spełnianej normy czystości spalin we flocie KM Szczecinek

Rozkład obciążenia poszczególnych grup pojazdów (rys. 2) jest podobny do rozkładu liczby pojazdów podzielonych na poszczególne grupy emisyjne. Jednak mimo tej samej liczby pojazdów spełniających normę emisji EURO I pojazdy z grupy EURO III są bardziej intensywnie wykorzystywane. Wiazać się to może ze zdatnością tej grupy pojazdów. Wskaźnik zdatności technicznej ( $A_i$ ) dla jednego pojazdu można określić jako [2];

$$A_i = \frac{D_{gt}}{D_t} [-], \quad (1)$$

gdzie:

- $i$  – numer pojazdu,
- $D_{gt}$  – dni zdatności technicznej,
- $D_t$  – liczba dni w rozpatrywanym okresie czasu,

natomiast w przypadku określenia wskaźnika zdatności technicznej dla grupy pojazdów zależność (1) przyjmie postać:

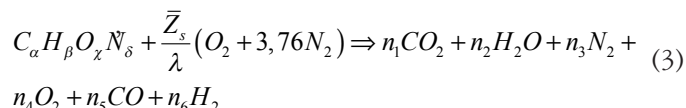
$$A_m = \frac{\sum D_{gt}}{nD_t} [-], \quad (2)$$

gdzie:

- $n$  – liczba pojazdów w rozpatrywanej grupie.

Wobec trudności w znalezieniu znormalizowanego testu jezdny, odpowiadającego profilom prędkości pojazdów komunikacji zbiorowej w Szczecinku, niezbędnego do poprawnego określenia zarówno zużycia paliwa, jak i emisji

poszczególnych składników spalin zastosowano założenie związane z maksymalną dopuszczalną emisją drogową poszczególnych składników spalin określonych przez normę emisji spalin odnoszącą się do poszczególnych grup pojazdów. Następnie na podstawie informacji o przebiegach poszczególnych pojazdów wykonano obliczenia poziomu emisji składników spalin. W celu wykonania obliczeń poziomu emisji składników spalin posłużono się równaniami opisującymi przebieg reakcji chemicznych oraz uwzględniono spełniane normy emisji spalin. Równanie (3) przedstawia ogólną postać reakcji chemicznej opisującej przebieg utleniania paliwa [7];



gdzie:

$Z$  – stechiometryczny iloraz liczby moli powietrza i paliwa,

$\alpha, \beta, \chi, \delta$  – współczynniki określające liczby atomów węgla, wodoru, tlenu i azotu,

$n_i$  – liczba moli poszczególnych składników spalin,

$\lambda$  – współczynnik nadmiaru powietrza.

Natomiast średnią emisję drogową  $E_n$  każdego rozpatrywanego składnika spalin określono na podstawie zależności przedstawionej ogólnie jako [1];

$$E_n = f(m, s, L, U) \quad (4)$$

gdzie:

$n$  – rodzaj składnika spalin ( $CO, CO_2, NO_x$ ),

$m$  – masa zużytego paliwa [kg],

$s$  – długość drogi, którą pokonał pojazd w okresie eksploatacji [km],

$L$  – limit emisji związany ze spełnianą normą emisji spalin,

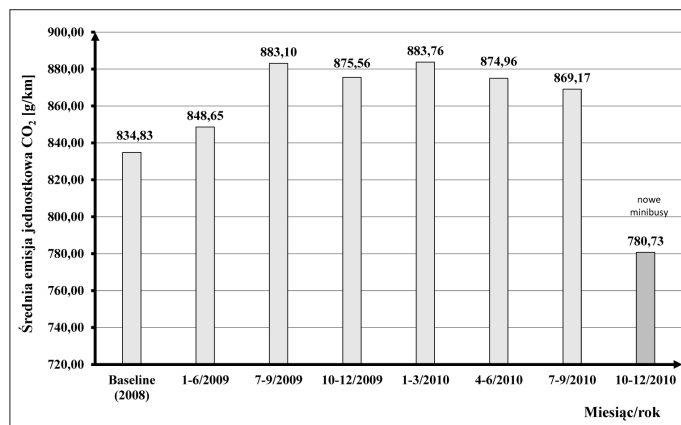
$U$  – względny udział pojazdu we flocie w rozpatrywanym okresie eksploatacji.

Obliczone wyniki poziomu emisji rozpatrywanych składników spalin przedstawiono na rysunkach 3 i 4. Na wykresach za okres odniesienia przyjęto układ kwartalny, natomiast wynik jest reprezentatywny dla wartości średniej pojazdów we flocie, uwzględniając ich udziały w rozpatrywanych okresach eksploatacji. Bezpośrednią miarą wzrostu efektywności energo-ekologicznej pracy silników jest poziom emisji dwutlenku węgla, ponieważ ten składnik gazów spalinowych stanowi produkt spalania zupełnego.

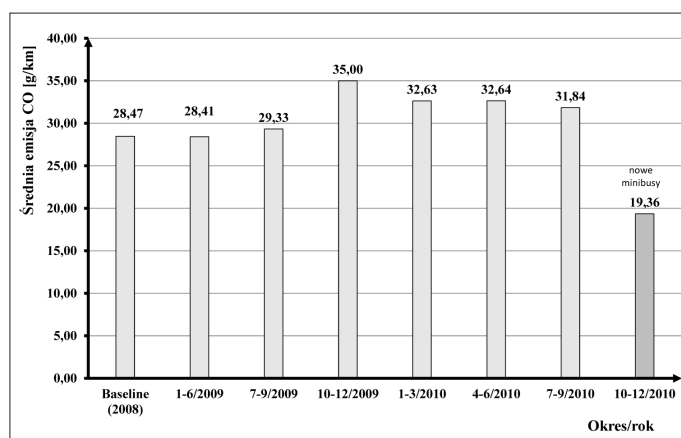
W czwartym kwartale 2010 roku odnotowano znaczny spadek emisji zarówno tlenu, jak i dwutlenku węgla. Powodem tego jest wprowadzenie do eksploatacji minibusów zasilanych mieszanką propan-butan spełniających jednocześnie normę czystości spalin na poziomie Euro 4. Pozwoliło to efektywnie zmniejszyć zarówno zużycie paliwa, jak i poziom emisji szkodliwych składników spalin.

Dodatkowym wskaźnikiem wzrostu ekologiczności pracy silników jest spadek emisji tlenków azotu. W porównaniu ze średnią emisji tego składnika w roku 2008 (4,72 g/km) spadek ten wyniósł niemal 20% (3,84 g/km). Natomiast poprawę wartości wskaźnika energetycznego przedstawiono na rysunku 5.

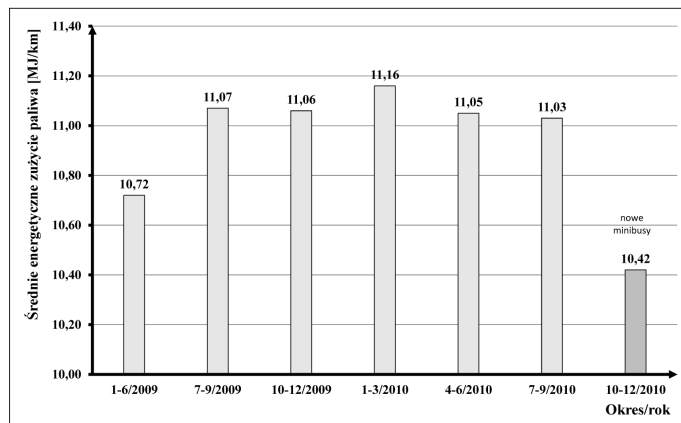
Ponadto wdrożenie ekologicznych minibusów pozytywnie wpłynęło na poprawę wskaźników ekonomicznych w przedsiębiorstwie transportowym. Odnotowano spadek kosztów eksploatacyjnych, tzw. wozokilometra o około 5% (uwzględniono koszty paliwa, amortyzację, części zamienne i materiały). Wskaźnik ten jest bardziej efektywny ze



Rys. 3. Średnia jednostkowa emisja dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>) we flocie pojazdów KM w Szczecinku

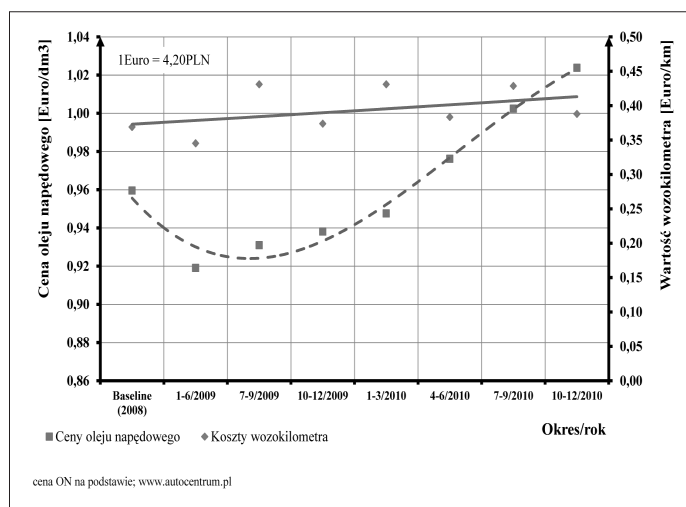


Rys. 4. Średnia jednostkowa emisja tlenu węgla (CO) we flocie pojazdów KM w Szczecinku



Rys. 5. Średnie jednostkowe energetyczne zużycie paliwa we flocie pojazdów KM Szczecinek

względu na to, że nowe pojazdy stanowią niespełna 14% floty przewoźnika. W rozpatrywanym okresie odnotowano także gwałtowną zmianę ceny oleju napędowego, którego dynamika rocznego wzrostu w 2010 roku wyniosła niemal 110% (rys. 6).



Rys. 6. Zmiana wartości wozokilometra dla pojazdów KM Szczecinek w odniesieniu do zmiany średniej ceny oleju napędowego w latach 2008–2010

Dostosowanie jakości środków transportu przewoźników do nowych norm oraz wymagań środowiskowych pozwoli także wpłynąć na redukcję hałasu, którego źródłem są pojazdy komunikacji publicznej.

## Podsumowanie

Na podstawie wykonanej analizy wyników badań okresowych dla prezentowanego zadania postawiono poniższe wnioski:

*Dokończenie tekstu ze strony 11*

Podróżujący środkami komunikacji zbiorowej wykorzystują przede wszystkim informację przystankową, Internet i coraz popularniejsze elektroniczne rozkłady jazdy. Te ostatnie cieszą się uznaniem zwłaszcza wśród młodych użytkowników środków transportu zbiorowego. W opinii użytkowników największą przydatność zdecydowanie wykazują informacja przystankowa i Internet. To oznacza, że zarządy transportu miejskiego i przewoźnicy dbają o aktualność informacji prezentowanych na tabliczkach przystankowych i automatycznie umieszczają je w Internecie w postaci coraz bardziej dogodnej dla użytkowników. Najniższą przydatnością w opinii respondentów jako źródła informacji pasażerskiej cechują się radio, prasa i telewizja, a więc najbardziej popularne media informacyjne.

## Literatura

1. Lyons G., *The role of information in decision-making with regard to travel*, „Intelligent Transport Systems”, IEE Proceedings, Vol. 153, No. 3, September 2006.
2. *Polityka Transportowa Państwa na lata 2006–2025*, Ministerstwo Infrastruktury, Warszawa 2005.

- proces wdrażania nowych rozwiązań transportowych powinien być poprzedzony szeroko prowadzoną kampanią promocyjno-informacyjną,
- zmiana zachowań transportowych wśród mieszkańców miast wymaga wdrożenia efektywnych rozwiązań transportowych umożliwiających optymalizację czasową przejazdów oraz ich dostępność,
- wdrożenie bardziej efektywnych i ekologicznych pojazdów przez przewoźników powinno być premiowane ulgami fiskalnymi – szczególnie w miastach o dużym zagrożeniu emisji spalin i pyłów,
- nawet nieznaczna liczba nowych pojazdów potrafi efektywnie wpłynąć na wskaźniki energo-ekologiczne, które mogą się znacznie przyczynić do odnowienia floty transportowej, także w kierunku pojazdów zasilanych lub napędzanych w sposób niekonwencjonalny.

## Literatura

1. Chłopek Z., *Ochrona środowiska naturalnego*, WKŁ, Warszawa 2002.
2. Janecki J., Tott K., *Organizacja eksploatacji pojazdów samochodowych*, WKŁ, Warszawa 1986.
3. Johnson E., *LPG: a secure, cleaner transport fuel? A policy recommendation for Europe*, „Energy Policy”, 2003, nr 31.
4. Majerczyk A., Taubert S., *Układy zasilania gazem propan-butan*, WKŁ, Warszawa 2003.
5. Piątkowski P., *Energo-ecological efficiency of spark ignition engine reinforced by alternative fuel*, Heat Transfer and Renewable Sources of Energy, Międzyzdroje 2008.
6. Romaniszyn K. M., *Alternatywne zasilania samochodów benzyną oraz gazami LPG i CNG*, WNT, Warszawa 2007.
7. Teodorczyk A., *Teoria silników tłokowych*, WKŁ, Warszawa 2007.
8. [www.civitas-initiative.org](http://www.civitas-initiative.org)

3. *Rybnik – elektroniczne tablice na przystankach*, <http://www.wpk.katowice.pl/index.php?itemid=767&catid=36>
4. Szymczak M., Sienkiewicz-Małyjurek K., *Information in the city traffic management system. The analysis of the use of information sources and the assessment in terms of their usefulness for city routes users*, „LogForum” 2011, vol. 7, issue 2, no. 4, <http://www.logforum.net/vol7/issue2/no4>, 24.05. 2011 r.
5. Vencatachellum V., *Auckland's signal pre-emption and real time passenger information system*, Technical Conference of the Institution of Professional Engineers New Zealand Transportation Group (IPENZ-TG), IPENZ, Wellington 2003, <http://www.ipenz.org.nz/ipentzg/papers/2003.htm>
6. Zasoby Internetowe:
  - <http://78.131.216.194:33333/~opoznienia/#>
  - [http://socialtransport.org/tm\\_pub\\_start.php](http://socialtransport.org/tm_pub_start.php)
  - <http://www.9292.ov.nl>
  - <http://www.atoc.org>
  - <http://www.caprice-project.info>
  - <http://www.htsgroup.co.nz>
  - <http://www.nationalrail.co.uk>
  - <http://www.rejseplanen.dk>
  - <http://www.transportdirect.info>
  - <http://www.traveline.org.uk>
  - <http://www.ztm.poznan.pl/komunikacja/planer>