

Anita Fajczak-Kowalska¹
Politechnika Łódzka

Magdalena Kowalska²
Uniwersytet Łódzki

INNOWACYJNY ŚRODEK TRANSPORTU

- HYPERLOOP jako odpowiedź na współczesne problemy komunikacyjne³

Celem artykułu jest teoretyczno – empiryczne przedstawienie innowacyjnego środka transportu - Hyperloop. W pierwszej części zaprezentowano problemy, z którymi zmagają się współczesny transport oraz aspekt teoretyczny środka transportu – Hyperloop. Druga część artykułu ma charakter empiryczny. Przedstawiono w niej propozycję połączenia wybranych polskich miast za pomocą technologii Hyperloop, a następnie oszacowano czas przejazdu między miastami w wariantach optymistycznym oraz pesymistycznym przy użyciu tego środka transportu (Hyperloop'a).

Wprowadzenie

Transport to element gospodarki, który cechuje dynamiczny rozwój. Przyczyn tego zjawiska upatrywać można w rosnącej świadomości i wymaganiach konsumentów (wynikających z coraz lepszej jakości wykonania produktów i świadczonych usług) oraz wykorzystywania innowacyjnych technologii, które otwierają nowe możliwości w zakresie modyfikacji i wprowadzania niestereotypowych rozwiązań do aktualnego systemu transportowego.

Współczesny transport zmagają się z wieloma problemami, m.in.: rosnącymi potrzebami transportowymi społeczeństwa, generowa-

nymi kosztami czy negatywnym wpływem na środowisko naturalne. Część barier dotyczących współczesny transport można zniwelować, bądź w znaczącym stopniu ograniczyć, przez sięgnięcie po innowację w środkach transportu.

Hyperloop to innowacyjny środek transportu, umożliwiający przemieszczanie osób lub ładunków z bardzo dużą prędkością, w oparciu o koncepcję zrównoważonego transportu. Technologia przewozów Hyperloop należy do niezwykle perspektywicznych. Analitycy MarketsandMarkets prognozują, iż w 2022 roku wycena rynków przewozów Hyperloop sięgnie 1,35 mld USD. Ekspertsi przewidują, że do 2026 roku nastąpi

wzrost wyceny rynku do poziomu 6,34 mld USD, a jego średnia dynamika przekroczy w tym okresie 47% rocznie [2].

Współczesne problemy komunikacyjne

Komunikację podzielić można na: transport oraz łączność. Ze względu na charakter artykułu, autorki skupiły się na samym transporcie – jako elemencie gospodarki cechującym się dynamicznym rozwojem oraz jednym z najważniejszych obszarów współczesnego życia, który związany jest z szeregiem negatywnych skutków.

Potrzeby w zakresie przemieszczania współczesnego społeczeń-

¹ Dr Anita Fajczak-Kowalska - Politechnika Łódzka, Instytut Informatyki.

² Mgr Magdalena Kowalska – Uniwersytet Łódzki, Wydział Ekonomiczno-Socjologiczny, Zakład Analizy i Strategii Przedsiębiorstwa.

³ Artykuł recenzowany.

stwa ciągle rosną, generując tym samym coraz większą liczbę przewozów. Potrzeby transportowe definiowane są jako zgłaszane przez gospodarkę i społeczeństwo potencjalne, wyodrębnione spośród innych, potrzeby przemieszczania osób, ładunków i wiadomości w danym czasie na określoną odległość [11]. Rosnące potrzeby transportowe skutkują rosnącą liczbą pojazdów, co powoduje zatłoczenie komunikacyjne ulic, utrudniające dostanie się w pożądaną miejscę i wydłużające czas podróży (problem mobilności).

Niezależność i dostępność, którą daje transport, nierozdzielnie związana jest z kosztami, jakie rozpatrywać można ze względu na ich wewnętrzny i zewnętrzny charakter. Koszty wewnętrzne najczęściej rozumiane są jako ponoszone bezpośrednio przez użytkowników transportu oraz przewoźników [4]. Koszty zewnętrzne natomiast to wszelkie koszty zużycia środków służących do wytworzenia usługi transportowej, które nie są ponoszone przez kupującego i wytwórcę usługi, ale przez podmiot trzeci, czyli ogół społeczeństwa [6]. Należą do nich przede wszystkim koszty związane z negatywnym wpływem działalności transportowej na środowisko i życie człowieka. Główne kategorie kosztów zewnętrznych to między innymi [9]:

- koszty użytkowania infrastruktury transportowej
- koszty kongestii transportowej
- koszty powiązane z wypadkami w transporcie
- koszty związane z hałasem
- koszty związane z zanieczyszczeniem powietrza i ogólnie pojętego środowiska naturalnego.

Współczesny transport zmagają się z wieloma problemami, do których należą m.in. rosnące potrzeby transportowe oraz generowane przez sektor transportowy koszty wewnętrzne i zewnętrzne. Część barier dotyczących współczesny transport można zniwelować, bądź w znaczącym stopniu

ograniczyć, przez wdrażanie innowacyjnych środków transportu.

Środek transportu przyszłości – Hyperloop

Przemieszczanie się to konieczność, jak i istotny element życia człowieka. Modele podróżowania stają się coraz bardziej złożone i zindywidualizowane. Przyszłość transportu (w szczególności środków transportu) w dużej mierze uzależniona jest od rozwoju technologicznego. Część problemów, które dotyczą współczesny transport, można zniwelować, bądź w znaczącym stopniu ograniczyć, przez sięgnięcie po innowację w środkach transportu.

Elon Musk – dyrektor generalny i techniczny w SpaceX, dyrektor generalny i główny architekt w Tesla Inc. oraz członek zarządu w SolarCity, zaproponował i sfinansował projekt superszybkiego środka transportu – Hyperloop – określanego jako „5 środek transportu”. Hyperloop to innowacyjny środek transportu (połączenie pociągu i samolotu), umożliwiający przemieszczanie osób lub ładunków z bardzo dużą prędkością, i w oparciu o koncepcję zrównoważonego transportu [3]. Budowa Hyperloop'a przypomina kapsułę, która ma się przemieszczać w zamkniętych, umieszczonych pod ziemią bądź zawieszonych w powietrzu rurach (wypełnionych niskim ciśnieniem) [5]. Dzięki zastosowanym technologiom oraz niskiemu ciśnieniu utrzymanemu w konstrukcji, opory występujące w rurze są znacznie obniżone. Pozwala to na maksymalne rozpędzenie kapsuły do prędkości przybliżonych do prędkości dźwięku, czyli ok. 1220 km/h (prędkość średnia na „trudnych” odcinkach i w obszarach zurbanizowanych – ok. 480 km/h). Kapsuły startować mogą średnio w odstępach 2 minutowych (w szczytowych warunkach maksymalnie co 30 sekund) [10].

Do największych zalet systemu Hyperloop zaliczono [1]:

- szybkość – obecnie to najszybsza propozycja transportu lądowego
- samowystarczalność w zakresie energii – użycie paneli słonecznych
- niski koszt obsługi
- zapewnienie wysokiego poziomu mobilności, dostępności
- mniej szkodliwy wpływ na środowisko – w porównaniu z innymi środkami transportu.

W maju 2017 roku firma Hyperloop One przeprowadziła udany test napędu Hyperloop'a w tubie oraz w warunkach, w jakich w przyszłości będą podróżowali pasażerowie (między innymi: niskie ciśnienie, wykorzystywanie lewitacji magnetycznej). W pełnej skali zaprezentowana została również kapsuła, której zadaniem będzie przewóz pasażerów bądź towarów. Tuba o długości pół kilometra zbudowana została na pustyni w Nevadzie. Test skutkowało rozpędzeniem się konstrukcji w ciągu pięciu sekund do prędkości przekraczającej 110 km/h, a następnie wyhamowaniem [7]. Prędkość, która została osiągnięta w testach, znacznie odbiega od zakładanych 1220 km/h, jednak należy zauważyć, że długość zbudowanego toru testowego to tylko pół kilometra, a sama technologia wciąż jest rozwijana. Zbudowanie w pełni funkcjonującego systemu Hyperloop'a, pasażerskiego lub towarowego, ma potrwać do 2021 roku.

W Polsce powstają wstępne plany utworzenia odcinka Hyperloop, łączącego Warszawę oraz Wrocław. Projekt realizowany jest przez Hyper Poland – zespół inżynierów Politechniki Warszawskiej przy współpracy z Politechniką Wrocławską. Biorąc pod uwagę założenia projektu, odcinek ok. 360 km lewitująca kapsuła mogłaby pokonać w 23 minuty (przejazd tej trasy autem zajęłoby ok. 3–4 godzin), zużywając tyle energii, co samochód jadący z prędkością ok. 130 km/h [2]. Hyper Poland podpisał już listy intencyjne, m.in. z Polskim Funduszem Rozwoju, resortem rozwoju oraz instytucjami lotnictwa i kolejnictwa. W obecnej chwili trwają rozmowy z potencjalnymi inwe-

storami. Budowa pierwszego toru testowego zaplanowana została na 2018 rok [2].

Propozycja implementacji innowacyjnego środka transportu – Hyperloop

Na potrzeby artykułu przedstawiono propozycję połączenia wybranych polskich miast za pomocą technologii Hyperloop oraz oszacowano czas przejazdu między miastami w wariantach optymistycznym oraz pesymistycznym, przy użyciu „5 środka transportu”.

Wytypowanych zostało 10 największych miast według liczby mieszkańców (stan na 30 czerwca 2017): Warszawa, Kraków, Łódź, Wrocław, Poznań, Gdańsk, Szczecin, Bydgoszcz, Lublin oraz Katowice. Tabela 1 przedstawia 10 największych polskich miast pod względem liczby mieszkańców.

Następnie określono dystans (km) między danymi miastami. Tabela 2 przedstawia odległość między wybranymi miastami. Ze względu na specyfikę wymagań technologii wykorzystanie w pełni możliwości technologii Hyperloop możliwe jest gdy infrastruktura przebiega z jak najmniejszą liczbą zakrętów [4], w obliczeniach

dystansu pomiędzy wybranymi miastami użyta została odległość w linii prostej. W obliczeniach nie uwzględniono również lokalizacji zbiorników wodnych, ukształtowania terenu, stanu prawnego terenu, występowania barier architektonicznych.

Kolejno oszacowany został czas przejazdu pomiędzy wyżej wymienionymi miastami (wariant optymistyczny i wariant pesymistyczny). Tabela 3 oraz tabela 4 prezentują uzyskane wyniki. Wariant optymistyczny zakłada, iż Hyperloop porusza się z maksymalną, zakładaną prędkością – 1220 km/h. Natomiast w wariantach pesymistycznym Hyperloop porusza się 480 km/h – biorąc pod uwagę „trudne” odcinki oraz obszary zabudowane.

Biorąc pod uwagę odległości miast, najdalej położone w linii prostej od siebie są Lublin oraz Szczecin – 597 km, natomiast najbliżej siebie leżą Kraków i Katowice 69 km. W wariantach optymistycznym dla Lublina i Szczecina, podróżujący Hyperloop'em daną trasę pokonałby w ok. pół godziny, natomiast w wariantach pesymistycznym czas przejazdu tą trasą wydłużyłby się do godziny oraz 15 minut. W wariantach optymistycznym drogę z Krakowa do Ka-

towic podróżujący Hyperloop'em pokonałby w 3 minuty, natomiast w wariantach pesymistycznym czas przejazdu wyniósłby 9 minut. Porównując, podróż samochodem osobowym na tych trasach otrzymujemy czasy przejazdu o wartości [8]:

- Lublin – Szczecin: średnio zajmuje 7 godzin 23 minuty (najkrótszy czas przejazdu)
- Kraków – Katowice: średnio zajmuje 1 godzinę (najkrótszy czas przejazdu).

Wnioski

Hyperloop to innowacyjny środek transportu, który umożliwia przemieszczanie osób lub ładunków z bardzo dużą prędkością, w oparciu o koncepcję zrównoważonego transportu. Ze względu na korzyści, jakie niesie ze sobą ten innowacyjny środek transportu (szybkość, samowystarczalność w zakresie energii, niski koszt obsługi, zapewnienie wysokiego poziomu mobilności i dostępności, mniej szkodliwy wpływ na środowisko w porównaniu z innymi środkami transportu), może on zniwelować, bądź w znaczącym stopniu ograniczyć, problemy współczesnego transportu.

Tab. 1. 10 największych polskich miast według liczby mieszkańców.

Lp.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Miasto	Warszawa	Kraków	Łódź	Wrocław	Poznań	Gdańsk	Szczecin	Bydgoszcz	Lublin	Katowice
Liczba ludności	1 758 143	766 739	693 797	638 364	539 545	464 293	404 403	353 215	340 230	297 177

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS.

Tab. 2. Odległość pomiędzy wybranymi miastami w Polsce.

Dystans (km)	Bydgoszcz	Gdańsk	Katowice	Kraków	Lublin	Łódź	Poznań	Szczecin	Warszawa	Wrocław
Bydgoszcz	-	143	326	366	375	181	108	233	226	234
Gdańsk	143	-	456	486	435	294	245	288	284	377
Katowice	326	456	-	69	273	169	280	467	259	169
Kraków	366	486	69	-	227	192	335	527	252	236
Lublin	375	435	273	227	-	223	409	597	153	386
Łódź	181	294	169	192	223	-	188	380	119	183
Poznań	108	245	280	335	409	188	-	196	279	145
Szczecin	233	288	467	527	597	380	196	-	454	309
Warszawa	226	284	259	252	153	119	279	454	-	301
Wrocław	234	377	169	236	386	183	145	309	301	-

Źródło: Odległości, Odległości między miastami (2018), [online] <http://odleglosci.info/> (dostęp: 30.01.2018).

Tab. 3. Wariant optymistyczny: czas przejazdu Hyperloop'em dla wybranych polskich miast.

Czas (min.)	Bydgoszcz	Gdańsk	Katowice	Kraków	Lublin	Łódź	Poznań	Szczecin	Warszawa	Wrocław
Bydgoszcz	-	7	16	18	18	9	5	11	11	12
Gdańsk	7	-	22	24	21	14	12	14	14	19
Katowice	16	22	-	3	13	8	14	23	13	8
Kraków	18	24	3	-	11	9	16	26	12	12
Lublin	18	21	13	11	-	11	20	29	8	19
Łódź	9	14	8	9	11	-	9	19	6	9
Poznań	5	12	14	16	20	9	-	10	14	7
Szczecin	11	14	23	26	29	19	10	-	22	15
Warszawa	11	14	13	12	8	6	14	22	-	15
Wrocław	12	19	8	12	19	9	7	15	15	-

Źródło: opracowanie własne.

Tab. 4. Wariant pesymistyczny: czas przejazdu Hyperloop'em dla wybranych polskich miast.

Czas (min.)	Bydgoszcz	Gdańsk	Katowice	Kraków	Lublin	Łódź	Poznań	Szczecin	Warszawa	Wrocław
Bydgoszcz	-	18	41	46	47	23	14	29	28	29
Gdańsk	18	-	57	61	54	37	31	36	36	47
Katowice	41	57	-	9	34	21	35	58	32	21
Kraków	46	61	9	-	28	24	42	66	32	30
Lublin	47	54	34	28	-	28	51	75	19	48
Łódź	23	37	21	24	28	-	24	48	15	23
Poznań	14	31	35	42	51	24	-	25	35	18
Szczecin	29	36	58	66	75	48	25	-	57	39
Warszawa	28	36	32	32	19	15	35	57	-	38
Wrocław	29	47	21	30	48	23	18	39	38	-

Źródło: opracowanie własne.

Na potrzeby artykułu przedstawiono propozycję połączenia wybranych polskich miast (Warszawa, Kraków, Łódź, Wrocław, Poznań, Gdańsk, Szczecin, Bydgoszcz, Lublin oraz Katowice) za pomocą technologii Hyperloop oraz oszacowano czas przejazdu Hyperloop'em między ww. miastami w wariantach optymistycznym i pesymistycznym.

Wnioskując na podstawie wyników proponowanej implementacji, przemieszczanie się Hyperloop'em w stosunku do podróżowania samochodem osobowym jest dużo bardziej korzystne, szczególnie biorąc pod uwagę skrócony czas podróży. Przy optymistycznym wariantach, czas podróży Hyperloop'em do najdalej położonych od siebie miast (Lublina i Szczecina - 597 km) wyniósłby około pół godziny, natomiast samochodem osobowym dystans ten średnio zajmuje 7 godzin 23 minuty (najkrótszy czas przejazdu). Jeśli dołączymy do tego inne korzyści wynikające z wdrożenia tej technologii,

Hyperloop może okazać się najefektywniejszym pod względem ekonomicznym, jak i środowiskowym, środkiem transportu.

Streszczenie

Współczesny transport zmagają się z wieloma problemami, do których należą m.in. rosnące potrzeby przewozowe oraz generowane przez sektor transportowy koszty wewnętrzne i zewnętrzne. Część barier ograniczających współczesny transport można zniwelować, bądź w znaczącym stopniu ograniczyć, przez wdrażanie innowacyjnych środków transportu, np. system Hyperloop. Jest to innowacyjny środek transportu, który umożliwia przemieszczanie osób lub ładunków z bardzo dużą prędkością, w oparciu o koncepcję zrównoważonego transportu. Celem artykułu jest teoretyczno – empiryczne przedstawienie innowacyjnego środka transportu - Hyperloop. W pierwszej części zaprezentowano proble-

my, z którymi zmagają się współczesny transport oraz aspekt teoretyczny środka transportu – Hyperloop. Druga część pracy ma charakter empiryczny. Przedstawiono w niej propozycję połączenia wybranych polskich miast za pomocą technologii Hyperloop, następnie oszacowano czas przejazdu między miastami w wariantach optymistycznym oraz pesymistycznym, przy użyciu Hyperloop'a.

Elnnovative mean of transport - Hyperloop as a response to growing transport needs

Abstract

Modern transport is facing many problems, including: growing transport needs and generated internal and external costs by the transport sector. Some of the barriers affecting modern transport

can be overcome or significantly reduced by the implementation of innovative means of transport, e.g. the Hyperloop system - an innovative means of transport that allows the movement of people or loads at very high speed, based on the concept of sustainable transport. The aim of this article is to present the theoretical and practical aspect of innovative means of transport - Hyperloop. The first part of the paper presents the selected problems of modern transport and the theoretical aspect of the means of transport - Hyperloop. The second part of the work presents a proposal to combine selected Polish cities with the use of Hyperloop technology and to estimate travel time between cities in an optimistic and pessimistic scenario using Hyperloop.

LITERATURA/BIBLIOGRAPHY

- [1] Abin E., Varsha P.H. (2017), *Intelligent Airlock System for Hyperloop with Landing Wheels*, Asian Journal of Applied Science and Technology, vol. 1 (5).
- [2] Duszczyk M., *Polska może zostać europejską kolebką Hyperloopa*, [online] <http://www.rp.pl/Biznes/308269962-Polska-moze-zostac-europejska-kolebka-Hyperloopa.html#ap-1> (dostęp: 15.09.2017).
- [3] Hyper Poland, *Czym jest Hyperloop*, [on-line] <http://www.hyperpoland.com/> (dostęp: 30.01.2018).
- [4] Ledzian P., *Środki transportu przyszłości jako alternatywa wobec współczesnych problemów komunikacyjnych*, Uniwersytet Łódzki, Łódź 2017.
- [5] Musk, E., *Hyperloop Alpha*, [on-line] <http://www.spacex.com/sites/spacex/files/hyperloop-alpha.pdf> (dostęp: 30.01.2018).
- [6] Pająk L., *Koszty zewnętrzne transportu*, [online] <http://zm.org.pl/?a=koszty-zewnetrzne> (dostęp: 21.01.2018).
- [7] Transport publiczny, *Hyperloop One po pierwszym teście w tubie. Jest też kapsuła*, [online] <http://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/hyperloop-one-po-pierwszym-tescie-w-tubie-jest-tez-kapsula-55754.html> (dostęp: 30.01.2018).
- [8] Trasa.info, *Wyznaczanie trasy*, [on-line] <http://www.trasa.info/> (dostęp: 31.01.2018).
- [9] Urbanyi-Popiołek I. (red.), *Ekonomiczne i organizacyjne aspekty transportu*, Wydawnictwo Uczelniane Wyższej Szkoły Gospodarki, Bydgoszcz 2013.
- [10] Werner M., Eissing, K., Langton S. (2016), *Shared value potential of transporting cargo via Hyperloop*, *Frontiers in built environment*, nr 166.
- [11] Wojewódzka-Król K., Rydzkowski W. [red.], *Transport*, PWN, Warszawa 1997.