

Technologia Hyperloop i perspektywy jej zastosowania

Krzysztof POLAK¹

Streszczenie

W artykule opisano najważniejsze zagadnienia związane z najnowszą technologią transportową, jaką ma być kolej próżniowa – Hyperloop. Przedstawiono podstawowe informacje dotyczące kolei próżniowej, jej bezpieczeństwa oraz możliwości rozwoju tej technologii w Polsce. Wskazano także korzyści, jakie mogą wynikać z rozwoju tej technologii w Polsce.

Słowa kluczowe: Hyperloop, kolej próżniowa, nowoczesny transport

1. Wstęp

Transport, zarówno pasażerski, jak i towarowy, stał się obecnie coraz ważniejszym elementem życia, co powoduje powstawanie nowych, coraz bardziej złożonych i zindywidualizowanych modeli podróżowania. Dodatkowo, nowe rozwiązania i modele podróżowania muszą umożliwiać przemieszczanie się z dużą prędkością, wypełniając wymagania zrównoważonego rozwoju. Człowiek wiele czasu poświęca na przemieszczanie siebie i swoich dóbr, a dzięki technologii Hyperloop możliwe jest uzyskanie tego, co obecnie jest najbardziej drogocenne – czyli czasu [6].

Kolej próżniowa Hyperloop może być uzupełnieniem dotychczasowego systemu transportowego na średnich odległościach pomiędzy aglomeracjami miejskimi. Zakłada się, że będzie ona połączeniem zalet transportu kolejowego: bliska odległość stacji od centrum miast, krótkie odprawy, a także lotniczego: duża prędkość. Dzięki połączeniu zalet tych dwóch rodzajów transportu oraz uniknięciu ich wad, technologia Hyperloop może stać się ważnym elementem systemu transportowego.

W Polsce, rozwój technologii Hyperloop dopiero rozpoczyna się, co sprawia że istnieje jeszcze wiele kwestii, które są nierozwiązane, niedoprecyzowane lub niewiadome, natomiast już istniejące rozwiązania mogą w każdym momencie zostać skorygowane, zmienione lub porzucone na rzecz tych bardziej efektywnych. Każdy dzień przynosi nowe pomysły i rozwiązania, dlatego trudno jest na obecnym etapie dokładnie określić jak będzie funkcjonowała technologia Hyperloop.

Przeprowadzone dalej analizy i rozważania mają zatem wstępny charakter, a ich celem jest przybliżenie informacji na temat technologii Hyperloop, jak również zwrócenie uwagi na kwestie bezpieczeństwa i możliwości rozwoju tej

technologii w Polsce. Artykuł jest również próbą wskazania najważniejszych korzyści mogących wynikać z rozwoju kolei próżniowej w Polsce.

2. Czym jest Hyperloop?

Hyperloop, zwany również koleją próżniową, jest to rodzaj transportu wykorzystujący kapsuły pasażerskie oraz towarowe poruszające się w tunelu o obniżonym ciśnieniu. To połączenie pociągu i samolotu, umożliwiające przemieszczenie osób i / lub towarów z bardzo dużą prędkością. Kapsuła ma poruszać się w specjalnym tunelu, w którym ciśnienie ma wynosić około 100 Pa, czyli zaledwie 1% ciśnienia atmosferycznego. Dzięki takiemu rozwiązaniu znacząco redukuje się opór powietrza.



Rys. 1. Arteria rurowa technologii Hyperloop [3]

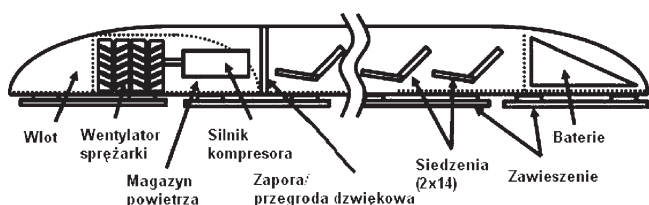
Według [5], konstrukcja tuneli będzie wykonana ze stali, co zapewni szczelność całej arterii rurowej. Połączenia pomiędzy segmentami będą pełniły również rolę szczelin

¹ Mgr; Instytut Kolejnictwa; Zakład Dróg Kolejowych i Przewozów; e-mail: kpolak@ikolej.pl.

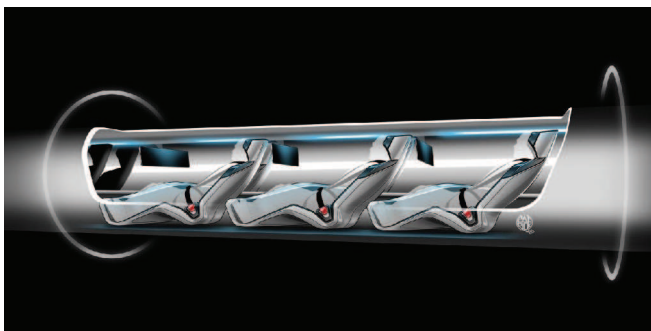
dylatacyjnych, które zapewnią szczelność połączeń oraz rozwiążą problem rozszerzalności cieplnej konstrukcji rurowej. Arteria rurowa będzie przytwierdzona do filarów za pomocą obręczy, które umożliwią pracę stali podczas zmiany temperatury. Rozwiązanie takie ograniczy ruch rur w kierunkach prostopadłych do osi ruchu, lecz pozwoli na poślizg wzdłużny (w związku z wydłużeniem termicznym). Dodatkowo filar łączący rurę z przyłączem nominalnym będzie regulowany pionowo i poprzecznie, aby zapewnić prawidłowe ustawienie (np. przy osiadaniu gruntu). Średnia odległość między filarami będzie wynosiła około 30 m (od kilkunastu do 100 m) a ich wysokość około 6 m [5].

W celu zachowania szczelności kolei próżniowej oraz zapewnienia środowiska o obniżonym ciśnieniu, wjazdy / wyjazdy na stacje pasażerskie, rozładunkowe lub serwisowe będą odbywały się przez system śluz. Obniżone ciśnienie będzie utrzymywane za pomocą pomp próżniowych rozmieszczonych na całej długości trasy.

Kapsuła będzie zbudowana z lekkich materiałów wykorzystywanych w lotnictwie, co sprawi, że jej masa może wynosić około 300 kg. Średnica kapsuły będzie wynosiła około 1,5 m, a długość około 15 m i każda z nich pomieści około 28 osób². Podczas jazdy, pasażerowie przypięci pasami do foteli – bez możliwości poruszania się po kapsule, będą podróżować w pozycji półleżącej. Kapsuła nie będzie miała otworów okiennych, więc w jej środku (na ścianach) mogą być wyświetlane widoki krajobrazu. Rozbudowany system rozrywki będzie miał za zadanie zmniejszenie poczucia zamknięcia w ciasnej przestrzeni. Schemat kapsuły pokazano na rysunku 2, natomiast jej wnętrze na rysunku 3.



Rys. 2. Schemat kapsuły Hyperloop; opracowanie własne na podstawie [5]



Rys. 3. Wnętrze kapsuły [5]

Pierwsze założenia firmy SpaceX [5] zakładały, że kapsuła będzie się poruszać bez kontaktu z podłożem, wykorzystując poduszkę magnetyczną i łożyska powietrzne. Napęd kapsuł miał być zapewniony przez elektromagnesy rozmieszczone na całej długości kapsuły oraz przewodnicy, znajdującej się w arterii rurowej. Większa liczba elektromagnesów będzie zamontowana w miejscach, które będą odpowiedzialne za hamowanie i rozpędzanie kapsuły, mniejsza zaś, w miejscach gdzie mają one za zadanie jedynie stabilizować i podtrzymywać prędkość kapsuły.

Do napędzania kompresora będzie wykorzystany silnik elektryczny, zasilany przez baterie znajdujące się na końcu kapsuły. Zakłada się, że zużyte baterie będą wymieniane na naładowane podczas postojów. Kompresor będzie przemieszczał część powietrza przez łączenia rurowe do ogona kapsuły, gdzie przez dyszę zostanie ono usunięte. Pozwoli to na zmniejszenie niewielkich oporów aerodynamicznych i oporów łożysk. Pozostała część powietrza będzie chłodzona, sprężana a następnie magazynowana w zbiornikach ciśnieniowych. Przechowywane powietrze będzie wykorzystywane przez łożyska pneumatyczne do zachowania odległości między ściankami kapsuły i ściankami rur [5].

Ciągłe prace nad rozwojem tej technologii, przynoszą coraz to nowsze rozwiązania. Jednym z takich jest możliwość zastosowania napędów kołowych poruszających się po szynach, zamiast napędów magnetycznych. Jednakże na obecnym etapie prac, które w dużej mierze są objęte tajemnicą przedsiębiorstwa, trudno stwierdzić, które rozwiązania będą ostatecznie wykorzystane do przemieszczania kapsuł w tunelach.

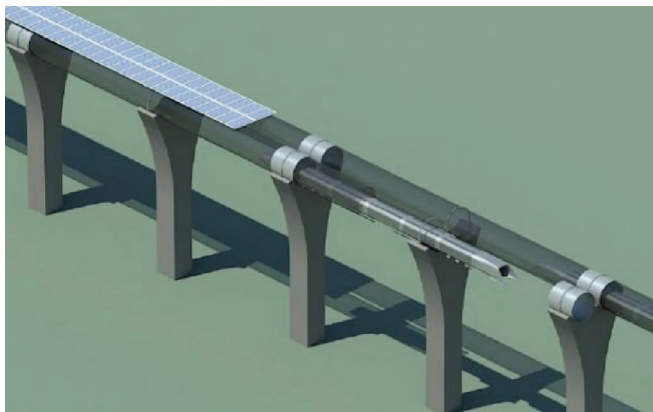
Maksymalna prędkość, jaką kapsuły mogą osiągnąć dzięki tej technologii, jest oceniana na około 1200 km/h, jednak, aby technologia Hyperloop w dalszym ciągu była projektem łączącym niskie koszty z funkcjonalnością w początkowym stadium rozwoju, prędkość będzie obniżona do około 500-600 km/h.

Większe prędkości, rzędu 1 macha, są związane z koniecznością montażu bardzo drogich, diagonalnych kompresorów umożliwiających przepompowywanie powietrza sprzed kapsuły. Dzięki zastosowaniu kompresorów, powietrze znajdujące się przed kapsułą będzie zasysane, a następnie wyrzucane za kapsułę, co ograniczy opory powietrza w środku arterii rurowej (technologia Hyperloop nie zakłada utrzymywania próżni wewnątrz arterii rurowych, lecz jedynie obniżenie ciśnienia do około 1% ciśnienia atmosferycznego).

Cała technologia Hyperloop, w tym napęd kapsuły, będzie opierał się na wykorzystaniu energii elektrycznej. Energia ta będzie pochodziła z paneli słonecznych rozlokowanych wzdłuż całej arterii rurowej (rys. 4). Technologia Hyperloop zakłada, że zasilanie w 100% będzie pochodziło

² Obecne prace firmy Hyper Poland nad projektem kapsuły zakładają możliwość poszerzenia przestrzeni pasażerskiej dla około 50 osób, przy zachowaniu podobnej długości około 17 m. Niewielkie różnice w długościach są spowodowane usunięciem z kapsuły kompresora, który nie jest konieczny przy prędkościach rzędu 500-600 km/h.

ze źródeł odnawialnych. Warto podkreślić, że opisana technologia charakteryzuje się niskim zapotrzebowaniem energetycznym, co pozwala na osiągnięcie wysokiego poziomu niezależności energetycznej, nawet w warunkach panujących w Polsce.



Rys. 4. Panele słoneczne rozlokowane na arterii rurowej [5]

3. Możliwości rozwoju kolei próżniowej w Polsce

Kolej próżniowa w Polsce ma bardzo duże możliwości rozwoju. Jedną z nich jest zaangażowanie oraz wsparcie Instytutu Kolejnictwa w rozwój technologii Hyperloop jako przyszłości w transporcie pasażerskim i towarowym. Instytut Kolejnictwa będzie wspierał inicjatywy związane z Hyperloop wiedzą, doświadczeniem oraz przez udostępnienie zainteresowanym podmiotom nowoczesnych laboratoriów, które są niezbędne przy tak interdyscyplinarnym projekcie, jakim są badania nad rozwojem technologii Hyperloop³.

Odcinek doświadczalny, wraz z całą infrastrukturą towarzyszącą technologii Hyperloop, ma być wybudowany na terenie Instytutu Kolejnictwa w Ośrodku Eksploatacji Toru Doświadczalnego w Żmigrodzie. Zakłada się, w pierwszym etapie, budowę odcinka prostego tego toru wewnątrz okręgu doświadczalnego wraz z potrzebną infrastrukturą towarzyszącą (zaplecze, stanowiska startowe). W następnych etapach, przewiduje się rozbudowę odcinka prostego o kolejne elementy (tj. łuki i śluzy), aby ostatecznie stworzyć cały okrąg badawczy dla tej technologii. Pozytywne wyniki badań oraz testów na odcinku doświadczalnym, umożliwią w przyszłości wykorzystanie tej technologii w transporcie pasażerskim i towarowym.

Przewiduje się, że technologia Hyperloop w pierwszej kolejności będzie służyła do przewozu towarów. W przyszłości może być wykorzystana do przewozów pasażerskich, po przeprowadzeniu wielu badań (przewiduje się wykonać je m.in. w Instytucie Kolejnictwa, w tym na odcinku doświadczalnym) i legalizacji nowych rozwiązań, a także dostosowania dotychczasowych przepisów, uwzględniających technologię Hyperloop.

W przypadku przewozów pasażerskich, pierwszym połączeniem, które mogłyby powstać, jest odcinek Warszawa – Centralny Port Komunikacyjny (CPK) – Łódź. Kolej próżniowa pozwoliłaby na połączenie CPK z Warszawą w czasie nie dłuższym niż 5 min, z Łodzią zaś w około 8 min⁴, przy prędkości około 400-500 km/h. Następnym etapem rozbudowy kolei próżniowej miałyby być połączenie kolejnych aglomeracji krajowych, w tym w pierwszej kolejności Krakowa i Katowic (szacowany czas przejazdu 20–25 min) [4].

Według [4], nowe linie kolei próżniowej powinny być prowadzone w układzie centralnym do CPK, zapewniając pasażerom najdalszych aglomeracji Polski dojazd do portu lotniczego w czasie nieprzekraczającym 40 min.

Pierwsze założenia [5] przewidywały, że kapsuły będą mogły być wyprawiane nawet co 30 sekund. Wydaje się, że takie założenia są zbyt optymistyczne i nie uwzględniają takich czynników, jak: czas odprawy, czas wsiadania i wysiadania pasażerów, podstawienie kolejnej kapsuły. Mając na uwadze wymienione ograniczenia, realny czas odjazdów kapsuł ze stacji będzie wynosił około 5 min.

Założenia te umożliwią w ciągu 17 godzin w każdej dobie (założono kursowanie kolei próżniowej w godzinach 6–23) na odprawienie 204 kapsuł, mogących pomieścić 28 osób, co daje zdolność przewozową na poziomie 5 712 osób [7]. Przy najnowszych rozwiązaniach projektowych kapsuł, które zakładają powiększenie przestrzeni pasażerskiej dla około 50 osób, zdolność przewozowa technologii Hyperloop wzrasta do 10 200 osób/dobę. Porównując te możliwości z pojemnością składów Pendolino (402 miejsca), w pierwszym przypadku otrzymujemy 14 pociągów ED250 w ciągu doby [7], w drugim przypadku zaś aż 25 pociągów.

Mając na uwadze zakładane możliwości w przewozach pasażerskich pomiędzy największymi aglomeracjami, kolej próżniowa może zrewolucjonizować ruch na średnich dystansach. Zdolność przewozowa technologii Hyperloop może być wystarczająca, aby zapewnić wzrastające zapotrzebowanie na przewozy⁵, jak również zastąpić (w dużej części) przewóz samochodami osobowymi [7].

Dodatkowo, Hyperloop może być najlepszym rozwiązaniem jako uzupełnienie transportu obsługującego Centralny Port Komunikacyjny (CPK) [7], mającego powstać w niedale-

³ W dniu 3 lipca 2017 r. podpisano list intencyjny pomiędzy Instytutem Kolejnictwa oraz firmą Hyper Poland, w sprawie współpracy na rzecz rozwoju technologii Hyperloop oraz budowy toru testowego na terenie Instytutu. Dodatkowo w dniu 26 lipca br., podpisano kolejny list intencyjny z firmą Euroloop, dotyczący podjęcia współpracy na rzecz rozwoju nowoczesnych rozwiązań transportowych opartych na technologii Hyperloop.

⁴ Wskazany czas podróży obejmuje prawdopodobnie jedynie samą podróż kapsułą, bez uwzględnienia czasu na odprawę, wsiadanie lub wysiadanie pasażerów.

⁵ Zakłada się, że do 2040 roku zapotrzebowanie na przewozy wzrośnie o około 40%, głównie z powodu wzrostu liczby podróży służbowych.

kiej przyszłości między Warszawą i Łodzią. Umożliwienie dostania się pasażerów (w maksymalnie godzinę z najdalej położonych największych aglomeracji w Polsce) do CPK może być dużą konkurencją dla pozostałych rodzajów transportu. Również polskiemu rządowi nie umknął potencjał i możliwości technologii Hyperloop, dla której będą zapewnione dostateczne rezerwy przestrzenne przy CPK [4].

Przedstawione możliwości rozwoju technologii Hyperloop należy traktować ostrożnie, pamiętając, iż projekt zawiera jeszcze wiele niewiadomych, niepewności (choćby kwestie zdolności przewozowych, potoków ruchu, prędkości handlowej itp.), które będą rzutowały na ostateczny wynik skuteczności transportowej.

4. Kolej próżniowa a bezpieczeństwo

Zgodnie z [1] technologia Hyperloop ze względów bezpieczeństwa, początkowo będzie dotyczyła głównie przewozu towarów. Dopiero po pewnym czasie będzie możliwe wdrożenie przewozów pasażerskich (przypuszczalnie około 10 lat od uruchomienia połączeń towarowych).

Czy takie podejście świadczy o tym, że ta technologia jest niebezpieczna? Wydaje się, że jest to logiczne podejście, które wynika z wielu niewiadomych oraz z braku przepisów dotyczących kolei próżniowej. Przewidywane liczne testy oraz badania pozwolą zweryfikować, czy stworzone na nowo systemy bezpieczeństwa i procedury eksploatacyjne zapewnią w rzeczywistości niezawodność technologii oraz bezpieczeństwo pasażerów.

Kolej próżniowa jest technologią pionierską, lecz wiele jej elementów składowych funkcjonuje w transporcie od dawna, np.: do produkcji kapsuł mogą być wykorzystane lekkie materiały stosowane w lotnictwie, zaawansowane systemy sterowania zaś, sposoby uzyskiwania podciśnienia lub napęd magnetyczny, są sprawdzonymi elementami stosowanymi w transporcie kolejowym i innych dziedzinach od kilku / kilkunastu lat.

Jednym z głównych niebezpieczeństw, które rodzi się przy analizowaniu kwestii związanych z technologią kolei próżniowej jest rozszczelnienie tunelu. Należy pamiętać, że w tunelu nie będzie panowała próżnia, lecz jedynie obniżone ciśnienie. Rozwiązanie to gwarantuje, że przy wystąpieniu ewentualnego rozszczelnienia się tunelu nie wystąpi niebezpieczna różnica ciśnień. Możliwość wystąpienia rozszczelnienia samej kapsuły w tunelu, będzie wymuszała na projektantach wprowadzenie rozwiązań zabezpieczających podróżnych przed nagłą zmianą ciśnienia, np. przez montaż w kapsułach butli z tlenem i masek do oddychania.

Rozszczelnienia arterii rurowej mogą wystąpić z powodu wahań temperatury (zjawisko rozszerzalności cieplnej).

Konstrukcja rurowa będzie zaprojektowana z zastosowaniem szczelin dylatacyjnych, które rozwiązują problem zjawiska rozszerzalności cieplnej w jej konstrukcji, w związku z czym ryzyko uszkodzenia tunelu pod wpływem wahań temperatury będzie znikome. Dodatkowo, arterie rurowe będą również zaprojektowane w taki sposób, aby były odporne na warunki panujące w ich wnętrzu. Warunki te będą znacznie łagodniejsze (nawet do 30 razy) niż w konstrukcjach już istniejących i spełniających swoje funkcje (np. kałużby łodzi podwodnych).

5. Korzyści płynące z rozwoju kolei próżniowej w Polsce

Rzeczony rozwój technologii Hyperloop w Polsce, może przynieść wiele korzyści społecznych oraz ekonomicznych. Kolej próżniowa jest jeszcze na zbyt wczesnym etapie, aby móc dokładnie określić jej koszty. Zgodnie z [4] kolej próżniowa będzie znacznie atrakcyjniejszą ekonomicznie alternatywą dla KDP ze względu na niższe koszty inwestycyjne, eksploatacyjne oraz na znacznie mniejsze koszty zewnętrzne.

Dodatkowo, koszty przejazdu kapsuły będą wielokrotnie niższe niż przejazd pociągu kolei dużych prędkości (m.in. przez zmniejszone opory powietrza) oraz przelot samolotu. Przewiduje się, że w przypadku kolei próżniowej koszt energii, w przeliczeniu na jednego pasażera, może być 5 razy mniejszy w porównaniu z kosztami przelotu samolotem oraz 4 razy mniejszy niż przejazd samochodem⁶.

Według [5] energia elektryczna ma pochodzić z odnawialnych źródeł energii – energii słonecznej. Panele fotowoltaiczne mają pokrywać całą trasę Hyperloop, co pozwoli nie tylko na zapewnienie zasilenia kolei próżniowej, lecz także może generować nadwyżkę energii, którą będzie można sprzedać lub wykorzystać do zasilania innych ekologicznych systemów (np. samochodów elektrycznych). Sprawia to, że również koszty eksploatacji mogą być niższe, niż przy kolei dużych prędkości. Powyższe założenia należy jednak traktować nieco sceptycznie, gdyż w przypadku warunków klimatycznych panujących w Polsce, takie panele raczej pozwolą pokryć jedynie część zapotrzebowania na energię potrzebną do funkcjonowania technologii Hyperloop⁷.

Inną korzyścią wynikającą z rozwoju kolei próżniowej jest zmniejszona zajętość terenu pod inwestycje w porównaniu z tradycyjnymi liniami kolejowymi. Większa część konstrukcji Hyperloop będzie przebiegała poza terenami miast na filarach, co pozwoli ograniczyć konieczność wykupu gruntów pod inwestycje. Grunty znajdujące się pod arterią rurową będą mogły dalej pełnić swoją funkcję, np. pól uprawnych.

⁶ Koszty energii wyliczone dla odcinka Los Angeles – San Francisco [5].

⁷ Główny wpływ na potrzeby energetyczne kolei próżniowej będzie miała prędkość (wielkość silnika), którego zapotrzebowanie podczas rozpędzania jest bardzo duże (gwałtowne i krótkotrwałe wzrosty zapotrzebowania w energię).

Szczelne środowisko, jakim będzie arteria rurowa, pozwoli zwiększyć niezależność transportu od warunków atmosferycznych. Kapsuły poruszające się w tunelu nie będą wystawione na takie warunki pogodowe jak: mgły, śnieżyce, opady deszczu lub nawałnice, co pozwoli znacznie ograniczyć opóźnienia, a tym samym zmniejszyć koszty eksploatacji.

Najważniejszym argumentem przemawiającym za rozwojem kolei próżniowej jest oszczędność czasu. Średnie odległości, rzędu 200–500 km (maksymalnie do 1000 km) przemawiają bardziej na korzyść pociągów, niż samolotów. Transport szynowy zlokalizowany jest znacznie bliżej centrów miast niż lotniska. Fakt krótszych odpraw biletowych oraz krótszych kontroli bezpieczeństwa również przemawia za koleją. Wadą kolei, nawet kolei dużych prędkości jest stosunkowo niewielka prędkość, w porównaniu z transportem lotniczym. Dzięki połączeniu zalet tych dwóch rodzajów transportu oraz uniknięciu ich wad, technologia Hyperloop może stać się ważnym elementem systemu transportowego. Technologia ta idealnie wpasowuje się jako środek transportu na średnich długościach (około 200–500 km), uzupełniając przy tym kolej tradycyjną oraz lotnictwo.

Uwzględniając wymienione zalety technologii Hyperloop, może ona stać się dobrym rozwiązaniem poprawiającym skomunikowanie największych miast w Polsce (również z Europą). Wiele korzyści przemawia za tym sposobem transportu pasażerów i towarów. Pomimo wielu zalet, projekt ten ma również kilka wad i wiele niewiadomych (kwestie potoku podróżnych, natężenia ruchu), które nie zostały jeszcze do końca zweryfikowane, lecz zapewne w najbliższej przyszłości będą one sprecyzowane i technologia Hyperloop będzie zapewniała najwyższe standardy w przewozie pasażerskim i towarowym [2]. Mając to na uwadze, technologia Hyperloop dobrze komponuje się również z mającym powstać w niedalekiej przyszłości Centralnym Portem Komunikacyjnym. Wszystkie największe miasta w Polsce mogą zostać z nim skomunikowane w czasie nieprzekraczającym godziny: (Warszawa – około 5 min, Wrocław, Gdańsk, Kraków, Poznań – około 20-40 min), co zwiększy również samą atrakcyjność Centralnego Portu Komunikacyjnego.

6. Podsumowanie

Celem artykułu było przybliżenie technologii kolei próżniowej – Hyperloop, wskazania możliwości jej rozwoju

w Polsce oraz korzyści z nią związanych. Przeanalizowano również najważniejsze kwestie mogące mieć wpływ na bezpieczeństwo kolei próżniowej. Przedstawione dane i analizy mają charakter orientacyjny, gdyż technologia Hyperloop znajduje się w początkowej fazie rozwoju, istnieje jeszcze wiele niejasności i niewiadomych, które będą miały decydujące znaczenie dla ostatecznych parametrów techniczno-eksploatacyjnych. Najważniejsze kwestie, takie jak: napęd i zawieszenie kapsuły, ich pojemność, prędkość handlowa, czy częstotliwość odjazdów, są w dalszym ciągu na etapie często zmieniającej się koncepcji.

Pomimo wstępnych koncepcji i rozwiązań, technologia Hyperloop zarysowuje się jako dobrze zapowiadający się środek transportu, który może być atrakcyjną alternatywą w przewozach pasażerskich i towarowych.

Bibliografia

1. *Hyperloop – transport przyszłości* (wywiad z prezesem M. Gutt-Mostowym), [on-line] <https://www.cxo.pl/news/Hyperloop-transport-przyszlosci,408007.html>, [dostęp 17.10.2017].
2. *Hyperloop w Polsce już za 10 lat? To realny scenariusz*, *Portal Inżynieria* [on-line] <https://inzynieria.com/wpis-branzy/wywiady/5/48051,hyperloop-w-polsce-juz-za-10-lat-to-realny-scenariusz> [dostęp 17.10.2017].
3. *Hyperloop: Transportation nirvana, or a pipedream?*, Matt McFarland [on-line] <http://money.cnn.com/2017/04/06/technology/hyperloop-one-news/index.html> [dostęp 17.10.2017].
4. *Koncepcja przygotowania i realizacji inwestycji Port Solidarność – Centralny Port Komunikacyjny dla Rzeczypospolitej Polskiej 2017*. Załącznik nr 4. Informacja dotycząca potencjału wdrożenia na terytorium RP systemu kolei próżniowej opartej na planach Centralnego Portu Komunikacyjnego lata 2018–2030.
5. Musk E.: *Hyperloop Alpha*, SpaceX nr 13, 2013. Podróż z prędkością dźwięku, *Portal Hyper Poland* [on-line] <http://www.hyperpoland.com/>, [dostęp 17.10.2017].
6. Żurkowski A.: *Rozwój technologii Hyperloop w Polsce – zastosowania w przewozach pasażerskich*, *Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK Nowoczesne Technologie i Systemy Zarządzania w Transporcie Szynowym, Część II Transport Szynowy. Sterowanie Ruchem Kolejowym*, nr 2 (113), 2017, str. 199–208.