



ULTRASZYBKIE KOLEJE PRÓŻNIOWE

przyszłość w transporcie masowym dla Polski

wstępne założenia koncepcyjne i kosztorysowe
wer. 2.19 (sierpień 2017)



*Serdecznie dziękujemy Panu **dr. Kornelowi Morawieckiemu** za inspirację, wsparcie i uwagi*



Spis treści

I. Wprowadzenie

- A. Dlaczego powstał Hyperloop i koleje próżniowe?
- B. Charakterystyka ultraszybkich kolei próżniowych
- C. Perspektywy dla Polski wynikające z budowy ultraszybkich kolei próżniowych

II. Roadmap projektu

- A. Założenia wstępne
- B. Scenariusz działania, gdy USKP jest finansowane głównie z budżetu państwa.
- C. Scenariusz działania, gdy początkowym inwestorem jest grupa prywatnych podmiotów

III. Wstępne oszacowanie kosztów

- A. Szacowanie kosztów eksploatacji
- B. Szacowanie kosztów budowy pojazdu w oparciu o porównanie z kosztami budowy samolotu i współczesnego pociągu
- C. Szacowanie kosztów organizacji całego przedsięwzięcia i budowy linii

IV. Podsumowanie

Appendix. Definicje pojęć mających zastosowanie w tym opracowaniu



Nasz projekt jest otwarty dla każdego specjalisty i wolontariusza. Jeżeli chcecie Państwo nawiązać współpracę lub zauważycie błędy w niniejszym opracowaniu, prosimy o kontakt na adres: projekt@uskp.pl lub do odwiedzenia strony na Facebooku: facebook.com/Vacurail

I. Wprowadzenie

A. Dlaczego powstał Hyperloop i koleje próżniowe?

Do tej pory idea szybkiego transportu kojarzyła się z techniką szybkich kolei typu **TGV** (Francja), **Shinkansen** (Japonia) i **Transrapid** (Chiny). Prędkości rozwijane przez tego typu pociągi standardowo wynosiły ok. 300 km/h (430 km/h maglev) a rekordy jednorazowe dochodziły do 600 km/h (zarówno na torach jak i na poduszce magnetycznej). Barierą, przed którą stanęły tego typu pociągi były opory powietrza, co spowodowało niemożność dalszego rozwijania tych technologii.

Nowością promowaną od niedawna w USA jest technologia o nazwie **Hyperloop** — przełomowa technologia rozwijana przez amerykańskiego wizjonera i wynalazcę Elona Muska, który ma w planach połączenie Los Angeles i San Francisco nitką ultraszybkiego łącza przy pomocy właśnie kolei **Hyperloop**.

Należy podkreślić, że mimo wielu prób lobbowania za stworzeniem kolei poruszających się w tunelu niskociśnieniowym, dopiero Elon Musk zdołał wypromować ideę takich kolei rozpoczynając prace nad tą koncepcją w roku 2012 oraz wkładając swój olbrzymi kapitał w akcję promocyjną, która objęła cały świat. To bardzo ważne wydarzenie, gdyż niektóre dobre technologie potrafią przeleżeć w szufladach projektantów kilkadziesiąt lat zanim znajdzie się inwestor o szerokich horyzontach chętny zaryzykować swój kapitał na takie innowacyjne rozwiązanie.

Hyperloop początkowo miał łączyć technikę poruszania się poduszkowca z jednoczesnym ruchem w tunelu o obniżonym ciśnieniu (ok. 1% atmosfery). Pojazd kapsułowy Hyperloop ma w przyszłości osiągać średnią prędkość przejazdową na poziomie 1000 km/h.

Jednak **Hyperloop** to nie jedyne rozwiązanie bazujące na przemieszczaniu pojazdu bez oporów powietrza. Już od roku 2006 w Polsce promowana jest idea ultraszybkich kolei próżniowych (**USKP**), które mogłyby połączyć największe miasta naszego kraju. Technologię tę demonstrowano w roku 2011 na **VII Targach Techniki Przemysłowej, Nauki i Innowacji** w Gdańsku wzbudzając wielkie zainteresowanie publiczności i naukowców. Porównanie obydwu technologii (**Hyperloop** i **USKP**) przedstawiono w pktcie B.

B. Charakterystyka ultraszybkich kolei próżniowych i porównanie z Hyperloop

Kolej próżniowa to wynalazek o właściwie prostej konstrukcji. Jest to hermetyczny pojazd torowy poruszający się w szczelnym tunelu (rurze), z którego odpompowano powietrze (warunki próżni rzędu 0,01 mbar). Takie rozwiązanie umożliwia osiągnięcie niezwykle dużych prędkości podróżowania przy bardzo niskich kosztach, ponieważ nie występują najbardziej niekorzystne opory ruchu — opory lepkościowe powietrza, które mają decydujący wpływ na zużycie energii (paliwa), zwłaszcza przy dużych prędkościach.

Umieszczenie pojazdu w tunelu próżniowym, czyli usunięcie z jego drogi największej przeszkody — powietrza — zapewnia przede wszystkim olbrzymią redukcję kosztów przejazdu. Raz rozpędzony pociąg będzie potrzebował tylko niewielkich ilości energii, by podtrzymywać stałą prędkość przejazdową.

USKP jako innowacyjny środek transportu zapewnia wygodny przejazd z prędkościami lotniczymi (teoretycznie nawet większymi niż prędkości samolotów pasażerskich).

W poniższej tabeli zebrano główne zalety i wady tego rozwiązania.

Tabela I. Cechy kolei próżniowej

ZALETY		WADY	
Koszty	Cechy użytkowe	Koszty	Cechy użytkowe
1) dość niski koszt budowy i bardzo małe jej oddziaływanie na środowisko naturalne w porównaniu z budową niekolejowych szlaków i środków transportu 2) wyniki badań nad koleją próżniową i opracowane technologie będą wykorzystane w innych działach gospodarki 3) technologie USKP mogą być towarem eksportowym wraz z usługą budowy takich kolei zagranicą 4) oszczędna w eksploatacji (zwłaszcza zużycie energii) a przez to wywierająca mały wpływ na środowisko naturalne	1) niska cena i wygoda dla pasażera (dojazd do centrum miast) 2) bezzałogowa obsługa (w pełni automatyczna) 3) nadzwyczajnie duża szybkość, nawet większa od samolotu pasażerskiego 4) zdolność całkowitego zastąpienia lotnictwa nad lądami a przez to znaczne ograniczenie emisji spalin oraz zmniejszenie kosztów transportu generowanych głównie przez bardzo duże zużycie paliwa lotniczego oraz nadmierne środki bezpieczeństwa 5) konkurencyjność dla transportu samochodowego (wdrożenie USKP będzie skutkować ograniczeniem emisji spalin, hałasu i zmniejszeniem kosztów transportu generowanych głównie przez budowy i remonty dróg oraz zużycie paliwa) 6) wysoka wydajność przewozu pasażerów i poczty w transporcie międzyaglomeracyjnym oraz w transporcie transgranicznym 7) zdolność usprawnienia niskotonażowego transportu towarów specjalnych np. leków, ludzkich organów do przeszczepów, materiałów szybko psujących się, żywności itp.	czas konieczny do stworzenia i wyboru projektów oraz rozwiązań technologicznych kolei próżniowej, stanowiących podstawę do jej budowy	1) niska zdolność konkurencyjności z wysokotonażowym transportem kolejowym 2) brak w najbliższej perspektywie możliwości przewozu dużych zwierząt gospodarskich

Dwie cechy najbardziej wyróżniające koleją próżniową spośród innych środków transportu to: nadzwyczaj wysokie prędkości oraz niski koszt eksploatacji, a co za tym idzie — małe obciążenie dla środowiska naturalnego. Możliwość rozpędzania składu kolejowego do prędkości rzędu 1000 km/h (a w przypadku zastosowania poduszek magnetycznych nawet do prędkości naddźwiękowych) może w praktyce oznaczać, że wsłodziemy do tego nowoczesnego pociągu we Wrocławiu

i po ok. 20 min znajdziemy się w Warszawie. Jednocześnie będzie to podróż tania. USKP, pod względem osiąganych prędkości, można więc porównywać z transportem lotniczym. Nawet jeśli zostaną uruchomione połączenia lotnicze o wyższej prędkości niż USKP (np. 1200 km/h), to różnica w kosztach będzie kolosalna z powodu ogromnego zużycia paliwa lotniczego, wynikającego z konieczności wzniesienia się samolotu na wysokość przelotową. Ponadto lotniska zlokalizowane są poza centrami miast i zwykle dojazd do nich zajmuje średnio 30—60 min.

Względy bezpieczeństwa są kolejną przyczyną wydłużenia czasu podróży lotniczej, ponieważ pasażerowie muszą być na lotnisku aż 1—2 godz. przed lotem.

To wszystko powoduje, że transport lotniczy definitywnie przegrywa w porównaniu z USKP.

Jeżeli chodzi o siostrzaną technologię Hyperloop, to mimo pewnych podobieństw, jest kilka zasadniczych różnic. Początkowo Hyperloop zakładał wykorzystanie pojazdu poruszającego się na poduszce powietrznej wytwarzanej przez sprężarki (byłby czymś w rodzaju poduszkowca z dodatkowym stabilizowaniem lewitacją magnetyczną). Aby taki pojazd mógł się poruszać, próżnia w tunelu nie mogłaby być zbyt wysoka (gdyż nie byłoby czego sprężyć).

Jednak w ostatnim czasie, dotarły do Polski doniesienia, że inżynierowie Hyperloop zrezygnowali z poduszek powietrznych na rzecz lewitacji magnetycznej, co znacząco zbliża technologię Hyperloop do techniki wcześniej już proponowanej przez projektantów USKP.

Poniżej przedstawiamy listę najważniejszych różnic obydwu technologii, przy czym należy zaznaczyć, że technologia Hyperloop jest wciąż dopiero rozwijana i to powoduje, że się ciągle zmienia (a więc niektóre różnice mogą zniknąć, a inne mogą się pojawić w przyszłości):

1. Pojazd Hyperloop to mały „pocisk” zabierający zaledwie 20 osób. Tymczasem pociąg USKP ma zabrać około 300 pasażerów (lub nawet więcej) oraz przesyłki.
2. W pojeździe Hyperloop pasażerowie mogą wyłącznie podróżować w pozycji na pół leżącej. W rozwiązaniu USKP pasażerowie siedzą w normalnych fotelach, a więc mogą podczas podróży dość wygodnie korzystać z książki czy laptopa, a po osiągnięciu stałej prędkości mogą nawet skorzystać z toalet (w rozwiązaniu Hyperloop nie ma możliwości przemieszczania się).
3. Technologia USKP zakłada dwa rozwiązania drogi kolejowej (do wyboru przez inwestora): kołowo-szynową oraz magnetyczną; z powodów ekonomicznych promowana jest przez nas technika kołowa, która znacznie obniża koszty inwestycji oraz eksploatacji; Hyperloop początkowo zakładał unoszenie pneumatyczne, dziś już jednak mówi się o lewitacji magnetycznej, niestety jest to rozwiązanie kosztowne inwestycyjnie zwłaszcza dla długich linii kolejowych, a dodatkowo wysoce energochłonne z powodu oporów magnetodynamicznych.
4. Rozwiązanie USKP kładzie akcent na kwestie oszczędności energii wydatkowanej w celu rozpędzenia pociągu. Skutkiem takich założeń jest bardzo niskie zużycie energii przez pojazd USKP poruszający się na kołach. Tymczasem w rozwiązaniu Hyperloop, kwestie zużycia energii nie są priorytetowe i podejrzewamy, że koszty eksploatacji są w tym rozwiązaniu dużo wyższe.
5. Z dostępnych informacji wynika, że pojazd Hyperloop będzie wjeżdżał na standardowy peron (służowanie całej stacji), podczas gdy projektanci USKP raczej skłaniają się ku rozwiązaniu ze służowaniem lokalnym otworów drzwiowych pociągu, co ułatwić ma utrzymanie wysokiej próżni i niskie koszty odsysania resztek powietrza po zamknięciu śluzy.

Hyperloop jako konkretny projekt jest dość młody (Elon Musk rozpoczął swe działania w roku 2012), tymczasem sama idea transportu próżniowego ma już ponad 100 lat, a w Polsce zremby projektu USKP powstały w roku 2006 wśród absolwentów Politechniki Wrocławskiej i jest on konsekwentnie rozwijany do dnia dzisiejszego.

C. Perspektywy dla Polski wynikające z budowy ultraszybkiej kolei próżniowych

USKP to ogromny postęp w mobilności społeczeństwa. Ultraszybki transport oznacza znaczący wzrost dostępności specjalistów (zwłaszcza tych o unikalnych zawodach) dając im możliwość szybkiej relokacji na terenie kraju. Wiele potencjalnych pracowników nie chce wyjeżdżać do obcego miasta zostawiając rodzinę i przyjaciół — nawet dobre zarobki nie są w stanie przekonać ich do zmiany miejsca zamieszkania. Tymczasem możliwość codziennego taniego dojazdu do nawet odległego miejsca pracy, zwiększy elastyczność rynku pracy. Co oczywiście, ma olbrzymie znaczenie dla potencjalnych inwestorów.

Oprócz przewozów ludzi, USKP będzie także przewozić przesyłki kurierskie (w tym także organy do transplantacji, próbki do analiz, dokumenty itp.) Możliwość ich szybkiego dostarczenia ma wpływ nie tylko na ratowanie ludzkiego życia, ale sprzyja dobremu i wygodnemu prowadzeniu biznesu.

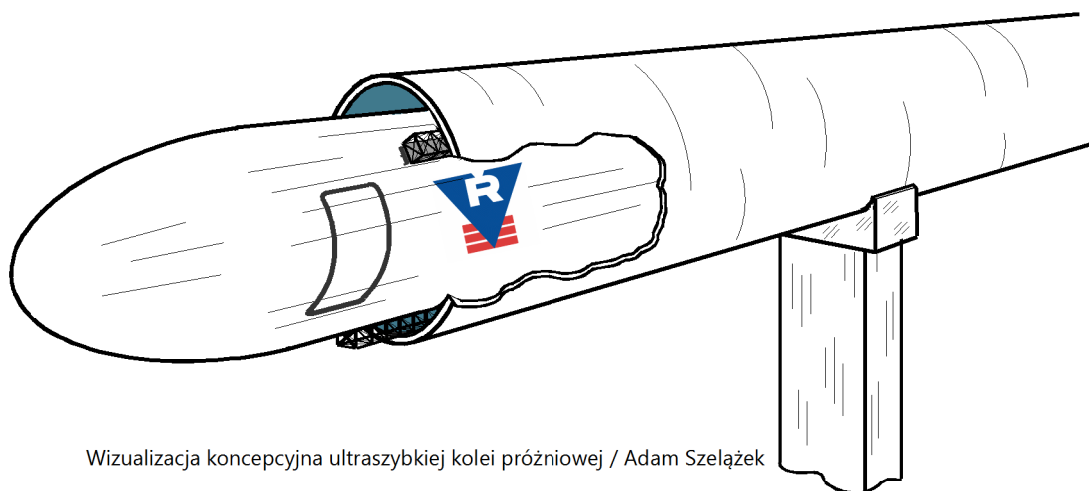
Kolej próżniowa wymaga opracowania i wdrożenia nowych technologii. Jeżeli nawet koszty wdrożeń tych technologii okażą się wyższe od zakładanych, to należy pamiętać, że nowe technologie można sprzedawać, a ich opracowywanie tworzy potencjał naukowy i inżynierski w Polsce, który ma ogromną wartość dla rozwoju naszego kraju w przyszłości.

Właściwie nie da się zbudować prawdziwej doliny krzemowej przy pomocy odgórnych nakazów czy dotacji. Doliny krzemowe tworzone są przez młodych (choćby duchem) inżynierów, którzy mają możliwość do realizowania swoich pasji. Przy okazji budowy USKP pragniemy wykorzystać potencjał młodych naukowców zlecając im rozwiązanie różnych problemów inżynierskich.

Planujemy wdrożyć nieco zmodyfikowany system konkursów dotacyjnych i zamiast żądać od naukowców i studentów wypełniania formularzy grantowych, będziemy sami aktywnie poszukiwać ludzi z pomysłami. Chcemy kupować te pomysły, zamieniać w patenty i technologie. W ten sposób jesteśmy w stanie zaktywizować szerszy niż dotychczas wachlarz ludzi kreatywnych, zwłaszcza tych, którzy (jak to ma często miejsce u ludzi kreatywnych) obawiają się bariery biurokracji.

Ośrodek badawczy tworzący projekt USKP powinien opracować pełny wachlarz technologii i rozwiązań, w celu przedstawienia inwestorom różnych wariantów realizacji tego projektu.

W dzisiejszym świecie najcenniejszym surowcem są pomysły i technologie — dlatego Polska musi realizować ambitne plany inwestycyjne wyprzedzające świat, a nie tylko doganiające państwa rozwinięte!



Wizualizacja koncepcyjna ultraszybkiej kolei próżniowej / Adam Szelązek

II. Roadmap inwestycji

A. Założenia wstępne

Sposób realizacji projektu USKP zależy od sposobu finansowania oraz od preferencji poszczególnych inwestorów. Idealną sytuacją byłoby, aby projekt był finansowany z dwóch źródeł: z budżetu państwa oraz oddolnie przez prywatnych inwestorów (naród — osoby fizyczne lub małe firmy). Szeroki społeczny akcjonariat oraz główny udziałowiec w postaci rządu będzie sprzyjał postrzeganiu projektu jako część systemu państwa, który ma służyć obywatelom.

By projekt mógł się rozwijać, potrzebny jest inwestor strategiczny (startowy), który uruchomi fundusze na pierwsze fazy realizacji.

Jeżeli projekt nie uzyska finansowego wsparcia rządowego, będzie wymagał pozyskania funduszy z prywatnych źródeł. Dopiero pozyskanie funduszu początkowego na poziomie 20—50 mln zł, pozwoli wykonać następne kroki. Fundusz początkowy jest niezbędny do przeprowadzenia akcji promocyjnej i pozyskiwania akcjonariatu społecznego oraz dużych inwestorów.

Możliwe jest także pozyskanie środków od międzynarodowych instytucji takich jak AIIB — w tym przypadku także potrzebne są środki finansowe na pokrycie kosztów opracowań i biznesplanów wymaganych przez tego typu instytucje.

W przypadku, gdy skarb państwa będzie głównym inwestorem, początkowe środki finansowe umożliwią równoległą realizację: akcji promocyjnej, budowy ośrodka badawczego a także pozyskiwanie dodatkowych inwestorów.

B. Scenariusz działania, gdy USKP jest finansowane głównie z budżetu państwa

1. Powołanie spółki USKP S.A. — spółki z udziałem skarbu Państwa. Spółka koordynuje działania administracyjne, ekonomiczne, konstrukcyjne i wdrożeniowe oraz nadzoruje i koordynuje prace badawcze ośrodka badań.
2. Promocja idei kolei próżniowych w celu:
 - uświadomienia decydom i współinwestorom konieczności budowy kolei próżniowych w Polsce;
 - uświadomienia społeczeństwu zalet tej techniki transportowej;
 - pozyskania sympatii społeczeństwa;
 - pozyskania dodatkowych funduszy (akcjonariat narodowy).

Akcjonariat narodowy jest niezmiernie ważnym elementem projektu nie tylko od strony finansowej (pozyskanie funduszy). Chodzi o to by USKP były spółką podwójnie państwową — z jednej strony społeczeństwo będzie miało udział w postaci akcji objętych przez skarb państwa, z drugiej strony patriotyczni i wizjonerscy obywatele będą mogli kupować masowo akcje USKP.

3. Powołanie ośrodka badawczego jako centrum badań nad kolejami próżniowymi, finansowanego głównie z środków państwowych i realizującego państwowy projekt budowy kolei próżniowych. Ośrodek może działać jako jednostka wewnętrzna spółki USKP lub jako samodzielny *instytut badawczy*.

Ośrodek ten powinien prowadzić badania teoretyczne (także studia literaturowe) oraz doświadczalne (także testy na funkcjonalnych modelach) pozwalające ustalić najlepsze

parametry pracy kolei próżniowej i znaleźć najbardziej optymalne rozwiązania w kwestii bezpieczeństwa. Ośrodek badań powinien też opracować końcowy kosztorys projektu, produkcji oraz budowy, na podstawie wyników swoich badań.

Celem ośrodka badań ma być zaproponowanie:

- rodzaju kolei próżniowej (trakcja, wartość ciśnienia, możliwa prędkość, położenie rury);
- rozwiązań dotyczących bezpieczeństwa;
- rozwiązań dotyczących komfortu podróży a w rezultacie — projekt całej kolei próżniowej i budowy stacji z uwzględnieniem przepływu pasażerów, który wraz ze wszelkimi kosztorysami będzie przekazany do produkcji.

Dodatkowo instytut będzie prowadził „skup” pomysłów i innowacji związanych z USKP. Zwłaszcza na wstępnym etapie tworzenia całego projektu na wagę złota będą pomysły, które mogą przyczynić się do ulepszenia tej technologii.

Ze względu na to, że przed opatentowaniem pomysły nie są objęte ochroną prawną, przy instytucie musi działać specjalny komitet, składający się z osób zaufania publicznego (naukowców, osób duchownych, prawników) po to, by każda osoba ubiegająca się o wykorzystanie jej pomysłu nie została oszukana.

4. Produkcja pociągu oraz budowa linii; wydaje się, że na dzień dzisiejszy najlepsze perspektywy realizacji budowy profesjonalnego składu daje firma PESA Bydgoszcz SA — można tę firmę zaprosić do zainwestowania w USKP w postaci wyprodukowania pojazdu próżniowego.
5. Inwestycja części zysków w następne odcinki;
6. Możliwość sprzedaży licencji, kolei próżniowej jako produktu albo patentów innym firmom lub inwestowanie w oddziały USKP w innych krajach.

C. Scenariusz działania, gdy początkowym inwestorem jest grupa prywatnych podmiotów

1. Utworzenie głównego korpusu firm (inwestorów), którzy zadeklarują przekazanie odpowiednich funduszy i wypracują statut przyszłej spółki.
2. Rejestracja spółki USKP S.A.
3. Wybór strategii marketingowej związanej z pozyskaniem głównych/dalszych inwestorów.
4. Powołanie pionów koordynacji działań:
 - dział inwestycyjno-finansowy
 - dział reklamy i PR
 - instytut badawczy
 - pion wykonawczy.
5. Ogólnonarodowa (lub nawet europejska) kampania reklamowa w celu pozyskania oddolnych inwestorów (narodowy akcjonariat).
6. Budowa modelu w skali np. 1:10 (o długości ok. 60—80 km, wokół jednego z miast; model pędzący z prędkością ok. 800 km/h będzie się pojawiał widzom co ok. 5 min).
7. Otwarcie centrum badawczego.
8. Stworzenie eksperymentalnego odcinka pomiędzy miastami, które zgodzą się udostępnić swoją infrastrukturę.
9. Stworzenie precyzyjnego kosztorysu budowy połączeń USKP pomiędzy pierwszymi miastami (np. Wrocław – Warszawa).
10. Wdrażanie pierwszych komercyjnych odcinków USKP.
11. Inwestycja części zysków w następne odcinki.
12. Możliwość sprzedaży licencji, patentów innym firmom lub inwestowanie w oddziały USKP w innych krajach.

III. Wstępne oszacowanie kosztów

Ze względu na wiele możliwych wariantów budowy USKP, przedstawione oszacowanie kosztów należy traktować wyłącznie pomocniczo.

Poniższe oszacowanie przygotowano opierając się na zgrubnych obliczeniach oraz kosztach podobnych przedsięwzięć w Polsce. Zostało ono przygotowane dla przykładowej linii kolejowej łączącej Wrocław z Warszawą.

Parametry pojazdu i przykładowej linii USKP objętej szacowaniem kosztów:

- długość szlaku: 312 km
- droga kolejowa: tor specjalny (prawdopodobnie trójszynowy) w hermetycznym tunelu
- ciśnienie gazu w tunelu: 0,5—5 Pa
- trakcja: elektryczna z doprowadzeniem energii poprzez szyny
- maksymalna prędkość szlakowa: 300 m/s
- maksymalne przyspieszenie: 2,5 m/s²
- pojazd: hermetyczny elektryczny zespół trakcyjny przystosowany do bezzałogowej trakcji ukrotnionej w zestawieniu wieloczlonym
- masa służbowa pojazdu: 60 t—90 t
- długość pojedynczego pojazdu: 60 m—80 m
- liczba miejsc dla pasażerów: 300
- ładowność: 25 t—30 t (stąd masa całkowita: 85 t—120 t)
- liczba przejazdów jednego dnia: 20 (po 10 w każdą stronę)
- czas przejazdu: 25 min.

A. Szacowanie kosztów eksploatacji

Tabela II.

Koszty zużycia energii podczas jednodniowej eksploatacji pojedynczego pojazdu (20 kursów)

Element wyceny		Szacowany koszt łączny netto w zł
energia ruchu pojazdu jednoczlonego o masie całkowitej 85 t—120 t	przyspieszanie i jazda z maksymalną prędkością szlakową	37380—70240
	hamowanie	0 (odzysk części energii)
utrzymanie ruchu		11700—22000
zasilanie stacji		2400—3600
razem energia		51480—95840

Przyjęto cenę netto energii trakcyjnej na poziomie 300—400 zł/MWh a cenę netto pozostałej energii elektrycznej na poziomie 500 zł/MWh, przy czym uwzględniono wszystkie składniki ceny zależne od zużycia energii. Założono sprawność zamiany energii elektrycznej na mechaniczną równą 0,7.

Tabela III. Koszty jednego dnia pracy obsługi kolei

Element wyceny		Szacowana liczba pracowników	Szacowany średni koszt pracodawcy w zł
praca personelu kolei	pracownicy zmianowi	150	30620
	pracownicy administracyjni i marketing	50	14050
razem koszty pracy			44670

Łączne koszty 1 dnia pracy USKP (czyli koszty przewozu 6000 osób): 96150 zł—140510 zł

Przy całkowitym wykorzystaniu założonej liczby miejsc w pojeździe i przyjętej liczbie 20 kursów dziennie kolej próżniowa przewiezie każdego dnia 6000 pasażerów. Szacowany średni koszt przewozu jednego pasażera, wynikający z utrzymania infrastruktury technicznej oraz zużycia energii do napędzenia pociągu, zamknie się więc w przedziale 16 zł—24 zł netto.

USKP może także przewozić pocztę i inne towary, co jeszcze bardziej obniży koszty przejazdu pasażerów. Odpowiednie zróżnicowanie cen (m.in. podział na dwie klasy) będzie miało dodatkowy wpływ na wzrost liczby pasażerów i obniżenie kosztu przejazdu. Szacowana cena netto biletu wyniesie od 7—9 zł do 40—45 zł. Widać, że jest to transport niebywale konkurencyjny.

Jest oczywiste, że po stworzeniu możliwości podróżowania szybszego niż samolotem i tańszego niż klasyczną koleją, przepływ ludności znacząco się zwiększy, bo zaistnieją warunki do codziennych przejazdów do pracy i z powrotem. Oceniamy, że wzrost ten może być nawet 10-krotny co oznaczać będzie 60 tys. pasażerów dziennie. Aby sprostać rosnącemu zapotrzebowaniu można będzie zestawiać składy dwuczłonowe.

Znaczny wzrost przepływności pasażerów można osiągnąć zwiększając kilkukrotnie prędkość pojazdów. Jest to możliwe, po zastosowaniu elektromagnetycznej drogi kolejowej. Rozwiązanie to jest jednak droższe w budowie i eksploatacji oraz wymaga dłuższego czasu badań.

B. Szacowanie kosztów budowy pojazdu w oparciu o porównanie z kosztami budowy samolotu i współczesnego pociągu

Pojazd próżniowy posiada cechy kadłuba samolotu (hermetyczność) oraz cechy szybkiego pociągu. Z tego względu za podstawę szacowania kosztów przyjęto cenę samolotu pasażerskiego zdolnego zabrać na pokład ok. 250—300 pasażerów (Boeing 787-10 Dreamliner) oraz cenę współczesnego elektrycznego zespołu trakcyjnego produkowanego przez bydgoskie zakłady PESA (model Dart). Ceny tych maszyn wynoszą odpowiednio: 1,15 mld zł i 50 mln zł. Założono, że ich koszt produkcji stanowi 65% ceny sprzedaży. Ponadto założono, że koszt produkcji kadłuba samolotu bez awionicznego osprzętu stanowi $\frac{1}{4}$ kosztu budowy całego samolotu.

Wobec powyższych założeń koszt budowy zubożonego kadłuba Boeinga 787-10 może wynosić 187 mln zł a koszt budowy pociągu Dart ok. 33 mln zł. Uwzględniając ponadto koszt połączenia technologii i dostosowania pojazdu do bardzo wielkich prędkości szacowany na 15 mln zł można ocenić, że koszt budowy pojazdu próżniowego sięgnie maksymalnie 240 mln zł.

C. Szacowanie kosztów organizacji całego przedsięwzięcia i budowy linii

Dla potrzeb niniejszego oszacowania przyjęto założenie, że czas realizacji całego przedsięwzięcia wyniesie około 12 lat.

Tabela IV. Szacunkowe koszty organizacji całego przedsięwzięcia i budowy przykładowej linii

ETAP		Koszt w mln zł	Uwagi
Założenie spółki USKP S.A. (zakup/wynajem budynku/pomieszczeń dla spółki, zatrudnienie pierwszych pracowników)		6	
Kampania reklamowa USKP		30	
Budowa modelu w dużej skali (w ramach kampanii reklamowej i oswajania z technologią)		8—12	
Organizacja ośrodka badawczego		450 (suma za 10 lat)	– 5 mln zł/rok (kadry) – 40 mln zł/rok (podstawowe wyposażenie warsztatowe i naukowe)
Badania, w tym budowa odcinka eksperymentalnego o dł. 20—30 km (również z myślą o testowaniu innych technologii)		2000—7000	
Budowa jednego pojazdu seryjnego		230—250	
Budowa linii Wrocław – Warszawa (ok. 300 km)	materiały i prace budowlane	12500—21000	opracowano na podstawie analizy zużycia materiałów z uwzględnieniem kosztów pracy (patrz Tabela V)
	koszty administracyjne	4000—6300	
	materiały i prace budowlane, uzgodnienia z samorządami, rozmowy terenowe, wizje lokalne, pomiary, wykup gruntów itd.	25000—45000	opracowano na podstawie analizy porównawczej do kosztów inwestycji podobnych
SUMA		19225—35050	
		27725—52750	

Linia kolei próżniowej powinna przebiegać w większości swej długości na estakadzie o średniej wysokości co najmniej 10 m. Wprawdzie budowa estakady zwiększa koszty materiałowe i koszty pracy, ale zapewnia łatwiejsze niwelowanie różnic wysokości terenu (nie ma konieczności budowania tuneli). Takie rozwiązanie zapewnia także mniejszą ingerencję w środowisko naturalne, co przekłada się też na koszty budowy (nie ma konieczności budowy przejść dla zwierząt czy szczególnego zagospodarowywania terenu przyległego do linii).

Tabela V.

Szacowanie kosztów budowy linii w oparciu o zużycie materiałów z uwzględnieniem kosztów pracy

Element wyceny	Szacowany koszt łączny netto w mld zł
stalowe elementy konstrukcyjne	1,34—3,6
tor specjalny	1,5—2,1
płaszcz ochronny wewnętrzny (płaszcz próżniowy) z blachy stalowej o grubości 3 mm wraz z elementami dylatacyjnymi	1,8—3,2
płaszcz ochronny zewnętrzny z betonu i stali	$0,03 + 2 = 2,03$
estakada żelbetowa	2,1—2,9
osprzęt (instalacje, pompy, podłączenia)	0,4—0,6
robocizna (koszt pracodawcy)	1,75
praca maszyn, energia do fabrycznej produkcji elementów gotowych	0,24—0,32
stacje (całkowity koszt budowy)	0,5—3
projekty	0,8—1,5
SUMA (materiały i praca razem)	12,5—21,0

Nie uwzględniono kosztów wykupu ziemi i innych czynności prawnych, kosztów ochrony środowiska, badań gruntów oraz kosztów administracyjnych. Zakładany czas budowy: 5 lat (bez czasu potrzebnego na wykup ziemi i inne czynności prawne).

Przewidywane koszty administracyjne związane z budową linii: 4 mld zł—6,3 mld zł.

Koszty środowiskowe:

Kolej próżniowa powinna być środkiem transportu słynącym ze znikomego wpływu na środowisko naturalne tak ze względu na oszczędną eksploatację jak i ze względu na sposób wykonywania prac budowlanych. Wytoczony szlak kolei powinien unikać ingerencji w tereny leśne i zabytkową zabudowę. Na terenach zalesionych budowa powinna posuwać się jedynie wzdłuż linii szlaku kolejowego i nie przekraczać założonej szerokości obrysu budowli czyli 10 m. Wówczas można spodziewać się znikomych strat w drzewostanie. Umieszczenie znacznej większości tunelu kolei na estakadzie jeszcze dodatkowo zmniejszy obciążenie środowiska naturalnego.

Spełnienie powyższych warunków zagwarantuje co najmniej 3-krotne obniżenie kosztów środowiskowych w stosunku do kosztów towarzyszących budowie autostrady.

IV. Podsumowanie

Na podstawie powyższych danych teoretycznych oraz wstępnego oszacowania kosztów, wydaje się, że warto w jak najbliższej przyszłości, podjąć decyzje o powołaniu ośrodka badawczego oraz o skierowaniu środków na stworzenie bardziej precyzyjnego kosztorysu budowy USKP w tym dla różnych wariantów jego wykonania i poprowadzenia.

Ultraszybki i bardzo tani transport publiczny w krótkim czasie stanie się komunikacyjną arterią krwioobiegu gospodarki krajowej — a po uruchomieniu połączeń transkontynentalnych — także gospodarki międzynarodowej. Z uwagi na niski koszt środowiskowy, w czasie budowy i w czasie eksploatacji, kolej próżniowa może być uznana za wzorcową inwestycję komunikacyjną pod tym względem. Nowe technologie, opracowane na rzecz kolei próżniowej, będą mogły być zastosowane także w innych dziedzinach.

Jesteśmy w historycznym momencie, gdy rozpoczęcie tego typu prac ma wielkie uzasadnienie ekonomiczne, zwłaszcza wobec planów budowy nowego jedwabnego szlaku (kolejowego) do Chin oraz nawiązywania ściślejszych relacji z państwami grupy wyszehradzkiej.

Opracowanie:

zespół ekspertów

**Centrum Rozwoju Innowacji Strategicznych
przy INSTYTUCIE PÓŁNOCNYM**

pod kierunkiem **dr hab. inż. Antoniego J. Szumnego** (Dyrektor CRIS IP)

Adam Szelążek

Tomasz Holband

Mikołaj Kurowski

Anita Siemińska

Mateusz Jarosiewicz

Rafał K. Warzecha



Prezentacja technologii USKP na 7. Targach Techniki Przemysłowej, Nauki i Innowacji w Gdańsku (2011 r.)

Appendix

Definicje pojęć mających zastosowanie w tym opracowaniu

- USKP — *UltraSzybka Kolej Próżniowa* — kolej składająca się z hermetycznego pojazdu, będącego elektrycznym zespołem trakcyjnym jedno lub wieloczołowym posiadającym system utrzymywania świeżego powietrza, poruszającego się w tunelu, w którym to tunelu panuje próżnia transportowa;
- USKP S.A. — proponowana nazwa spółki, która będzie ustanowiona w celu realizacji wszystkich etapów budowy kolei próżniowej w Polsce (oraz za granicą);
- próżnia transportowa — niskie ciśnienie powietrza (lub innego gazu, np. helu lub argonu) umożliwiające poruszanie się pojazdu kolejowego ze znikomymi stratami, które wynikają bezpośrednio z oporu powietrza; wstępnie przewiduje się ciśnienie rzędu 0,005—0,05 mbar;
- tunel próżniowy — część kolei próżniowej, osłonięty szczelnym stalowym płaszczem próżniowym tunel, z którego odpompowano powietrze, i w którym umieszczono tor specjalny;
- tor specjalny — konstrukcja umożliwiająca poruszanie się pojazdu próżniowego wewnątrz tunelu próżniowego — w zależności od wyboru koncepcji — zestaw może składać się z kompletu szyn i kompletu kompatybilnych kół (jedna z koncepcji zakłada instalację kompletu szyn na pojeździe a kompletu kół w tunelu próżniowym) albo z poduszki magnetycznej;
- stacja — zespół budynków i służ próżniowych umożliwiających wyjście i wejście pasażerów pociągu próżniowego oraz posiadająca standardowe funkcje stacji kolejowej (zakup biletów, informacja, poczekalnia, część handlowa itd.);
- służa próżniowa — zespół rękawów i siłowników, które łączyć będą pojazd próżniowy z peronem dworca stacji, w taki sposób, by nie powodować zapowietrzenia tunelu próżniowego;
- narodowy akcjonariat — system uprzywilejowania drobnych pakietów akcji oraz system utrudniający zbycie akcji (choć nieuniemożliwiający takie działanie) poprzez np. wysoki podatek transakcyjny i dochodowy; system umożliwiający głosowanie udziałowców przez internet oraz wybór władz spółki z wykorzystaniem metody głosowania wielowariantowego.