POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Architettura
Corso di Laurea Magistrale in
Architettura per il progetto sostenibile

Tesi di Laurea Magistrale

Analisi preliminari per lo sviluppo del corridoio Hyperloop Torino-Milano

Relatore
prof. Patrizia Lombardi

Corelatori
prof. Manuela Rebaudengo
D.re Sara Torabi Moghadam

Candidato
Marco Volpatti

A.A. 2020/2021

Laurea:	Magistrale in Architettura per il progetto sostenibile (LM-4)
Titolo:	Analisi preliminari per lo sviluppo del corridoio Hyperloop Torino-Milano
Autore:	Marco Volpatti
Università:	Politecnico di Torino
Relatore:	Prof. Dr. Patrizia Lombardi Vicerettore del Politecnico di Torino Professore Ordinario DIST – Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del territorio Membro effettivo del Dipartimento di Pianificazione Urbanistica, Design e Architettura
Corelatore:	Prof. Manuela Rebaudengo Professore associato del Politecnico di Torino DIST – Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del territorio
Corelatore:	Dr. Sara Torabi Moghadam Dottoressa di Ricerca del Politecnico di Torino DIST – Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del territorio
Azienda:	HYPERLOOP ITALIA
Periodo di lavoro:	dal 24/03/2021 al 26/11/2021
Responsabili:	Gabriele Gresta detto "Bibop", Fondatore di Hyperloop Italia Roberto Minerdo, Chief Institutional Affairs Luca Finardi, Chief Operative Officer Manuela Ronchi, Head of Communication and Special Project

Questo progetto di ricerca è stato frutto di idee dell'autore, che ha cercato di instaurare un rapporto tra l'azienda leader in Italia per la tecnologia Hyperloop e il Politecnico di Torino.

Ringraziamenti

Vorrei iniziare ringraziando la Prof.ssa Patrizia Lombardi, che sin dal primo momento in cui le ho proposto la mia idea sul tema di tesi mi ha sempre sostenuto nell'inseguire il completamento del mio progetto, incoraggiandomi quotidianamente e supportandomi con tutte le sue conoscenze. Mi ha fatto capire quanto sia importante nella vita non farsi abbattere dai terremoti, ma anzi, imparare ad assorbire gli scossoni e restituirli in maniera ammortizzata trasformando le azioni negative in positive, sorridendo alla vita, perché è una cosa meravigliosa.

È da ringraziare il fondamentale ruolo della Prof.ssa Manuela Rebaudengo in campo economico finanziario, mi ha dato le basi per poter svolgere il saggio di ricerca in Estimo durante il mio soggiorno in Erasmus spronandomi a fare sempre meglio e a definire insieme un bagaglio di fondamentale importanza per il raggiungimento dei miei obbiettivi per la tesi. Come potrei dimenticare il grande supporto che è stata durante questi mesi nella stesura delle analisi economico finanziario.

Un grande e caloroso grazie va alla Dott.ssa Sara Torabi Moghadam, con la quale ho condiviso gran parte delle mie frustrazioni e insuccessi, oltre che delle continue sfide in miglioramenti personali. Mi ha sempre aiutato e sostenuto, e quando serviva anche bastonato il giusto per farmi capire veramente come condurre un progetto di ricerca scientifica in chiave internazionale.

La professoressa che ho seguito per la borsa di studio da collaboratore, Carla Bartolozzi, prima mia docente di insegnamenti accademici poi maestra di vita; mi ha mostrato il mondo del restauro e della dedizione al progetto che non potrei non portare con me. Un grande grazie per i tanti suggerimenti dati anche al suo fidato collaboratore Daniele Dabbene.

In questi mesi di ricerche scientifiche sul campo dei materiali della sostenibilità e non solo, il professor Roberto Giordano mi ha sempre supportato con materiale didattico e consigli strategici spronandomi a portare a compimento i tanti studi fatti durante i miei 5 anni al Politecnico.

In campo dell'innovazione fotovoltaica porgo i più cordiali ringraziamenti al Prof. Spertino, collega pendolare come me del treno Chieri-Torino, mi ha seguito in questi anni e soprattutto in questi mesi con grande preparazione accademica e professionale supportandomi alle scelte migliori per il mio progetto.

In campo della misurazione e dei tracciamenti geomatici il ringraziamento va al professor Fulvio Rinaudo che durante le pause pranzo mi ha dato spunti e input su idee e progetti, lasciandomi sempre la porta aperta a migliorare le mie idee.

Il primo professore che conobbi quando misi il piede al Valentino, il professor Marco Vitali, che mi fece intuire le grandi potenzialità di dialogo del disegno, la chiarezza con la quale esprimere dubbi, concetti e progetti per rendere realtà il subconscio che è dentro di noi e che rende l'architetto una persona socialmente attiva nella società e promotore di innovazione non solo tecnologica.

Se oggi sono qui a parlare di Hyperloop forse occorre prima dire di chi è il merito se questo ha avuto inizio; Manuela Ronchi, di riconosciuta fama internazionale nel campo della pubblicità, una leader sempre aggiornata e formata, che grazie a un messaggio su linkedin mi diede la possibilità di poter parlare con l'azienda Hyperloop Italia.

Il secondo grande personaggio che ha dato una svolta ai miei sogni è il noto imprenditore della mobilità sostenibile e del futuro Roberto Minerdo, una grande persona che per testare la mia convinzione sul progetto mi fece andare ad ascoltare una trasmissione televisiva sulla tecnologia a Rivoli, in un pomeriggio di marzo. A lui devo molti ringraziamenti per il supporto tecnico e conoscitivo, le interminabili chiamate di supporto per i miei progetti.

Non posso non parlare del mio tecnico Hyperloop di fiducia, Luca Finardi, gli aperitivi fatti a fare call e chiamate su Hyperloop con lui hanno fatto maturare in me consapevolezza di una tecnologia che per molti e sconosciuta, ma per noi che siamo dentro è invece realtà che speriamo possa entrare nella quotidianità di tutti.

L 'ing. Edoardo Favari, l'ingegnere delle megastrutture che mi ha inserito in questo meraviglioso mondo fatto di tanta tecnologia; il grande supporto tecnico che insieme a Luca mi ha fornito i dati aggiornati sulla tecnologia Hyperloop.

Il grande incontro rivelatosi il motore di tutto il mio entusiasmo è il grandissimo imprenditore italiano Gabriele Gresta che mi ha accolto con grande entusiasmo nella famiglia di Hyperloop e che con grande sapienza ha saputo farmi sognare in grande.

Ai miei compagni di lavoro, sofferenze, critiche e grandi progetti; l'elenco è lungo ma direi di iniziare da chi agli albori di questo percorso era con me: Dario, il mio collega di lavoro preferito con la quale è sempre stato tutto un grande dialogo di amicizia, idee e soprattutto tanti progetti; Martina, e Gioele con la quale ho potuto condividere emozioni dell'Erasmus e progetti sin dal primo giorno al Valentino; Lorenzo, Katia e Lucia, il gruppo di studi di storia e strutture che mi ha aiutato tanto a rafforzare tutte le basi della ricerca. Davide e Viviana, per le immense risate e le tante compagnie di 5 anni intensi a Torino. A Francesco, il mio playmaker sempre pronto a giocare ogni partita in ogni campo e ad ogni costo, a Vittoria che insieme formavamo la triade perfetta per i progetti di atelier, per le nottate sul computer a ripetere sempre" ce la faremo a finire". Ad Alexandra per il grande aiuto e sostegno nella tesi e in questa chiusura del percorso tra gli uffici dei professori e le aule studio.

A Gabriele, e Davide, i miei 2 atleti d'elite che mi hanno donato grandi insegnamenti di dedizione e passione allo sport, allo studio e alla perseveranza nel raggiungere grandi obbiettivi.

All'Erasmus, alle persone che ho conosciuto e che mi hanno aiutato anche quando ero solo e nelle situazioni più impervie che hanno messo a dura prova la mia solitudine, perché si sa, fare un'esperienza all'estero ed essere interrotti da una pandemia che ti rende le poche certezze incerte, le cose indefinite, come se fossi uno sconosciuto o un problema. Allora a tutte le volte che ho pensato di non farcela, a tutte le volte e le sconfitte della vita mentre ero lontano, c'era Marco, il mio chimico di fiducia, con la quale ho stretto 6 mesi di lavoro, studio, vita, sensazioni e sentimenti. A lui mando un grande abbraccio per i ricordi di una Parigi indimenticabile.

A Marco, Pietro e Damiano per il grande supporto tecnico e agli allenamenti fatti al mattino presto e alla sera, a voi un grande grazie per aver sopportato il sottoscritto sempre e comunque, sia con il vostro grande esempio di studenti e atleti modello sia perché mi avete sempre aiutato quando non ero in forma.

A Jacopo, il mio compagno del geometra, ma che dico, il mio amico di uscite in vespa, che insieme a Riccardo e Maicol smontavamo motori alle 3 di notte sperimentando, e divertendoci e provando a lasciare il segno. A voi che avete dovuto sopportare i miei pensieri, i miei no al divertimento per lo studio, a tutte le volte che vi ho detto non posso devo studiare o finire il progetto chiedo scusa e un grande e immenso grazie per la comprensione.

A Mondo, Dallo, Diego, grazie per avermi fatto crescere e diventare un ragazzo un po più deciso e convinto di sé stesso, grazie per avermi fatto sentire l'adrenalina di poter pretendere e dare di più dalla vita per ciò in cui si crede.

A Barbara e Simona, le mie due economiste con la quale ho condiviso alcuni dei momenti più memorabili della vita; la spensieratezza di essere ignari di quanta fortuna si ha nella vita e di quante volte non ce ne si renda nemmeno conto.

A Edoardo, il mio quasi fratello, a lui che da quando siamo nati facciamo tutto insieme senza e se senza ma. Alle tante pedalate, nuotate, vacanze, litigate di 25 anni, alla nostra amicizia che rimanga indissolubile nel tempo, perché è così che sono i veri amici.

Un enorme grazie lo devo alla mia ragazza, Alice, che da quando mi conosce le ho riempito la testa con Hyperloop; a lei che va il mio amore perché mi ha sempre supportato e sopportato anche quando le revisioni non andavano bene, o quando ero bastonato e giù di morale; a tutte quelle volte che le cose non andavano come avremmo voluto. Penso non esistano serbatoi di ringraziamenti per ringraziarla di tutte le cure, le attenzioni e l'amore che ha avuto per me, soprattutto durante questa tesi di laurea.

Un ringraziamento grande e caloroso va a tutta la mia famiglia che c'è sempre stata in ogni momento bello e brutto della mia vita, insegnandomi e valori che contano nella vita e le sfide per ottenerli e mantenerli nel tempo. Tutto penso meriti aver inizio da mamma Marialuisa che mi ha sempre supportato per tutto e in tutto, con affetto amore, colazioni, pranzi, cene, lavanderia, finanziamenti, idee, suggestioni e la passione per il disegno e i progetti ad hoc; a papà Giuseppe che da grande imprenditore e manutentore delle strade, mi ha trapassato molti stimoli, sfide, passioni, e pazzie che mi hanno permesso di arrivare fin qui accompagnandomi e facendomi faticare per raggiungere gli obbiettivi e insegnandomi a vivere guadagnandosi la pagnotta ogni mattina; al mio fratellone Giovanni, l'ingegnere di casa, il genio della famiglia, il confronto in tutto e per tutti, una delle mie grandi sfide personali, il mio grande supporto ingegneristico e strategico, la mia guida alla sopravvivenza del politecnico, un infinito grazie per tutte le volte che mi ha contrastato e aiutato, facendomi conquistare quella flessibilità gestionale e fermezza progettuale di una persona convinta e convincente sempre; e infine la mia sorellona, Anna, la nostra economista, il caposaldo della rigorosità in campo scientifico, lei che mi ha insegnato a studiare con metodo rigoroso e con costanza, la mia seconda mamma che ha saputo colmare la mancanza dei nonni quando i nostri genitori lavoravano, un supporto fondamentale per la mia vita.

Abstract

Urban areas account for 70 per cent of global economic output and more than half of current greenhouse gas emissions and are set to absorb all future growth in world population. Alarmingly, energy consumption is projected to increase over the next 10 years due to an increase in global economic output. Transport is the world's biggest producer of greenhouse gases, the biggest producer of disease, pollution and fatalities. It was in 2013 when, faced with this picture, a crazy but ambitious man made a "white paper" called "Alpha x". Out of this "call to action" came Hyperloop, a completely new mode of transport based on the early theoretical and experimental work in reduced pressure transport at the beginning of the 20th century conducted by Robert Goddard. Hyperloop consists of a route of reduced-pressure tubes, a passive magnetic levitation system (Maglev), and a linear electric motor used to propel autonomous capsules carrying passengers and/or goods. Technical and economic feasibility are prerequisites for a new infrastructure technology to take place. Linked to this, a cost-benefit analysis that could give access to European and PNRR funds was essential. The adoption of a sustainable transport technology, which is energy self-sufficient, produces no CO2 or noise pollution, and mitigates visual impact, could be the revolution of fast transport in Italy. Especially in Northern Italy, where freight and passenger traffic is very high. This thesis is a preliminary technical and economic feasibility analysis of the Turin-Milan Hyperloop corridor, which follows the macro-phase 1 of the guidelines for drawing up the technical and economic feasibility project for accessing PNNR funds. This analysis aimed first of all to identify the economic and financial sustainability of this new technology on the Italian scene, and secondly to assess it from an environmental and social point of view. The following were conducted as analysis processes: territorial and demographic analysis, technical and procedural analysis, environmental analysis, social analysis, and finally an economic and financial analysis. All this was done in order to compose a cost-benefit analysis with the aim of deriving a benefit for the community. Being a novelty, references were made to the test tracks that took place in America, and to the technical data of the Hyperloop Italia company that supported me in the technical and operational analysis of this new mode of transport. All the knowledge acquired from the theoretical research was applied to the Turin-Milan Hyperloop Project after a comparison with other possible routes in Italy with the DOCFAP, the document of the feasibility of the project alternatives. After the study of mobility in Italy, the aim was to improve the current environmental conditions of the two main Italian economic capitals. Bearing in mind the potential that these 2 cities have shown to have, using participation as a starting point and the strategy of future transport planning as an opportunity for experimentation. The 5 pillars of sustainable planning were followed: Technological, environmental, social, economic and cultural. The results attest to the positive aspects of the project in all respects; its strength will be to unite territories from industrial areas to airports, from freight villages to health centres, from large population centres to provinces.

Riassunto

Le aree urbane rappresentano il 70% della produzione economica globale, e oltre la metà delle attuali emissioni di gas serra e sono destinate ad assorbire tutta la crescita futura della popolazione mondiale. Il dato allarmante e che nei prossimi 10 anni è previsto un incremento dei consumi energetici dovuti a un aumento della produzione economica mondiale. I trasporti sono il maggior produttore mondiale di gas serra, il maggior produttore di malattie, inquinamento e incidenti mortali. Era il 2013 quando di fronte a questo quadro, un uomo folle ma ambizioso, fece un "White paper" denominato "Alpha x". Da questa "call to action" ne uscì, Hyperloop, un modo completamente nuovo di trasporto basato sui primi lavori teorici e sperimentali nel trasporto a pressione ridotta all'inizio del 20° secolo condotti da Robert Goddard. Hyperloop consiste in un percorso di tubi a pressione ridotta, un sistema passivo di levitazione magnetica (Maglev), e un motore elettrico lineare usato per spingere capsule autonome che trasportano passeggeri e/o merci. La fattibilità tecnica ed economica sono I prerequisiti per far si che una nuova tecnologia infrastrutturale abbia luogo. Legata ad essa, richiamando l'attenzione della società, è risultata fondamentale un'analisi costi-benefici che potesse dare la possibilità di accesso ai fondi Europei e del PNRR. L'adozione di una tecnologia di trasporto sostenibile, che si automantiene a livello energetico, che non produce CO2 e inquinamento acustico, e che mitiga l'impatto visivo, potrebbe essere la rivoluzione dei trasporti veloci in Italia. In particolar modo al Nord Italia, dove il traffico merci e passeggeri è molto elevato. La presente tesi è un'analisi preliminare di fattibilità tecnica ed economica sul corridoio Hyperloop Torino-Milano, che segue La macro-fase 1 delle linee guida per la redazione del Progetto di fattibilità tecnica ed economica per l'accesso ai fondi del PNNR. Quest'analisi si è posta innanzitutto l'obbiettivo di individuare la sostenibilità economico e finanziaria nel panorama italiano di questa nuova tecnologia, e in secondo luogo la sua valutazione sotto l'aspetto ambientale e sociale. Come processi di analisi sono state condotte: l'analisi territoriale e demografica, l'analisi tecnica e procedurale, l'analisi ambientale, l'analisi sociale, e infine un'analisi economico finanziaria. Tutto ciò, per comporre un'analisi costi benefici con la finalità di ricavarne una convenienza per la comunità. Essendo una novità sono stati fatti riferimenti ai test track che hanno avuto luogo in America, e ai dati tecnici dell'azienda Hyperloop Italia che mi ha supportato nell'analisi tecnico operativa di questa nuova modalità di trasporto. Tutte le conoscenze acquisite dalla ricerca teorica sono state applicate al Progetto Hyperloop Torino-Milano dopo un confronto con altre possibili tratte in Italia con il DOCFAP, il documento della fattibilità delle alternative progettuali. Dopo lo studio della mobilità in Italia, si è puntato ad un miglioramento delle condizioni ambientali attuali delle 2 principali capitali economiche italiane. Tenendo presente il potenziale che queste 2 città hanno mostrato di avere, utilizzando la partecipazione come punto di partenza e la strategia della pianificazione dei trasporti future come opportunità di sperimentazione. Sono stati seguiti i 5 pilastri della progettazione sostenibile: Tecnologico, ambientale, sociali, economico e culturali. I risultati attestano la positività del progetto sotto tutti gli aspetti; la sua forza sarà quella di unire i territori dalle aree industriali agli aeroporti, dagli interporti ai poli della salute, dai grandi centri abitati alle province.

Premessa

Tutto iniziò nelle prime notti di lockdown durante il mio soggiorno Erasmus a Parigi, tra un render e delle presentazioni, iniziai a guardare video sulle tecnologie del futuro. Dei video di Elon Musk parlavano di un futuro vicino dove non ci sarebbero più stati incidenti e morti sulle strade, perché l'intelligenza artificiale avrebbe risolto questo grande problema. Nel mentre le code sui treni e alla metro la mattina dopo 10 anni iniziavano a darmi peso e incominciai ad appurare che le teorie rivoluzionarie di Elon Musk non erano fuorvianti. Preso dall'entusiasmo iniziai a disegnare anch'io possibili progetti e soluzioni, appresi che la questione era seria e complicata; dunque, mi misi a cercare tutti i video relativi all'Hyperloop insieme al mio collega di stanza, studente Erasmus di Brescia laureando in chimica che mi aiutava a cercare le validità scientifiche di ciò che questa azienda promulgava.
Finché decisi che non dovevo fare la tesi sulle olimpiadi, ma su un modo per unire la città e i cittadini con le olimpiadi. Intrapresi ricerche su Hyperloop Italia e inviai un'infinità di e-mail per mesi e mesi senza alcuna risposta… Finchè un giorno ricevetti un appuntamento dalla segretaria di una delle 100 più influenti donne del mondo. Da questo giorno tutto iniziò a prendere forma e vita.
Ma Andiamo per gradi, Hyperloop nasce dall'unione di grandi menti da tutto il mondo, con il solo scopo di voler mettere insieme le più grandi tecnologie oggi presenti.
Hyperloop Transportation Technologies Inc. (HyperloopTT) è un'azienda di integrazione di sistemi e di innovazione della mobilità focalizzata sulla realizzazione dell'Hyperloop. Attraverso l'uso di una tecnologia unica e brevettata e un modello di business avanzato di collaborazione snella, innovazione aperta e partnership integrata, HyperloopTT sta creando e dando in licenza tecnologie di mobilità.
Fondata nel 2013, HyperloopTT è un team globale composto da più di 800 ingegneri, creativi e tecnologi in 52 team multidisciplinari, con 40 partner aziendali e universitari. Con sede a Los Angeles, CA, HyperloopTT ha uffici ad Abu Dhabi e Dubai, Emirati Arabi Uniti; Bratislava, Slovacchia; Tolosa, Francia; e Barcellona, Spagna. HyperloopTT ha firmato accordi in Ohio, Slovacchia, Abu Dhabi, Repubblica Ceca, Francia, Indonesia, Corea e Brasile. HyperloopTT sta anche collaborando con esperti dell'industria dei tunnel e con tecnologie emergenti per accelerare lo sviluppo della tecnologia dei tunnel.
Per la nostra nazione, tutto ha preso forma dal 29 gennaio 2020, giorno in cui a Roma è stata presentata ufficialmente Hyperloop Italia, start up con la prima licenza commerciale in esclusiva impegnata nella diffusione e realizzazione di tecnologie Hyperloop e infrastrutture sul territorio italiano. Hyperloop Italia ha una sede istituzionale a Roma e una sede operativa a Milano ed il gruppo italiano è già al lavoro su ben 6 progetti che prenderanno vita in tre regioni del Nord e tre del Sud Italia.

01

Introduzione


HYPERLOOPTT

Contestualizzazione e stato del problema

La situazione ambientale del mondo a cui apparteniamo continua ad aggravarsi e il continuo mutamento climatico è un indicatore che descrive le cattive abitudini alla quale ci siamo abituati. Il clima della Terra ha subito continui mutamenti nel corso della storia. L'attuale temperatura media globale è di 0,85 °C superiore a quella rilevata alla fine del 19° secolo e il periodo dal 1983 al 2012 è stato il periodo di 30 anni con le temperature più alte degli ultimi 1400 anni nell'emisfero settentrionale (IPCC, 2014). Questo netto incremento della temperatura sta avanzando differenti problematiche per il pianeta terra, come il declino dei ghiacciai e hotspot di biodiversità. Circa la metà delle cause che promuovono i cambiamenti nella temperatura media globale della superficie è stata generata da attività antropogeniche, come l'aumento antropogenico delle concentrazioni di gas serra. (GHG) (IPCC, 2018, 2014) Per fortuna negli ultimi anni i governi di molti stati ne hanno preso atto e si stanno adottando misure, che a vario titolo e in vario genere, mirano a ridurre la produzione di agenti inquinanti, che sono il grande cancro della nostra civiltà. Di concerto si sta assistendo ad una continua crescita della popolazione globale che provoca un aumento della rilevanza delle attività antropogeniche nel riscaldamento globale e nelle emissioni di gas serra. A livello globale, le aree urbane sono destinate ad assorbire virtualmente tutta la crescita futura della popolazione mondiale, rendendo le città i mezzi più importanti e per combattere il cambiamento climatico. I dati mostrano una grande concentrazione di agenti inquinanti che sono dovuti prevalentemente alle città e a tutte le sue implementazioni. Infatti, con più della metà dell'umanità che vive nelle città, si stima che le aree urbane rappresentino il 70% della produzione economica globale, e anche la metà delle attuali emissioni di gas serra (UNEP, 2019). In questo modo, la crescita economica e l'aumento della popolazione continueranno ad essere i due motori più importanti del continuo innalzamento delle emissioni di (CO2) dalla combustione dei combustibili fossili (IPCC, 2014). La rapida crescita urbana, dunque, rappresenta una sfida importante per l'attuazione dell'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile. Nel 2015, il mondo ha adottato l'Agenda, concordando un "progetto condiviso per la pace e la prosperità per le persone e il pianeta". Al centro ci sono 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs) e 169 obiettivi corrispondenti, che sono un richiamo urgente all'azione di tutti i paesi in una partnership globale. Essi riconoscono che porre fine alla povertà e alle altre vulnerabilità deve andare di pari passo con strategie che migliorino la salute e l'istruzione, ridurre la disuguaglianza e stimolare la crescita economica. Il tutto mentre tutti i paesi del mondo affrontano insieme il cambiamento climatico e lavorano per preservare i nostri ecosistemi (Kanuri, 2016). L'energia è uno dei temi centrali per il raggiungimento dell'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile. È senza dubbio interconnessa a molti degli Obiettivi di Sviluppo Development Goals, tra cui l'eliminazione della povertà, la sicurezza alimentare, l'acqua pulita e servizi igienici, salute, istruzione, prosperità, creazione di posti di lavoro, città sostenibili e l'empowerment dei giovani e delle donne. Tuttavia, per promuovere lo sviluppo umano, l'energia moderna deve essere accessibile, conveniente e affidabile. E imprescindibile correre ora verso la ricerca e l'applicazione di soluzioni energetiche sostenibili per il raggiungimento degli obiettivi dell'Accordo di Parigi adottati nell'ambito della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (Kanuri, 2016). L'energia come è stato detto precedentemente sta assumendo sempre più una posizione centrale per quasi tutte le grandi sfide e opportunità che il mondo sta affrontando oggi, dal momento che l'aumento della domanda di energia e la quota di carbone nella matrice energetica globale sono stati i principali responsabili della crescita delle emissioni negli ultimi decenni. Negli scenari di base valutati dall'IPCC (2014), le emissioni dirette di CO_2 dal settore dell'approvvigionamento energetico è previsto che raddoppieranno o addirittura triplicheranno entro il 2050 rispetto al livello del 2010, a meno che avvengano processi di abbassamento dell'intensità energetica o che si aumenti la quantità di fonti energetiche rinnovabili

e a basso impatto ambientale. Questo per il semplice fatto che oggi l'energia rappresenta i due terzi delle emissioni totali di gas serra in tutto il mondo. Prendendo atto di queste considerazioni, gli sforzi per ridurre le emissioni e mitigare il cambiamento climatico dovrebbero includere il settore energetico per ottenere dei significativi miglioramenti (Agenzia Internazionale dell'Energia, 2020).

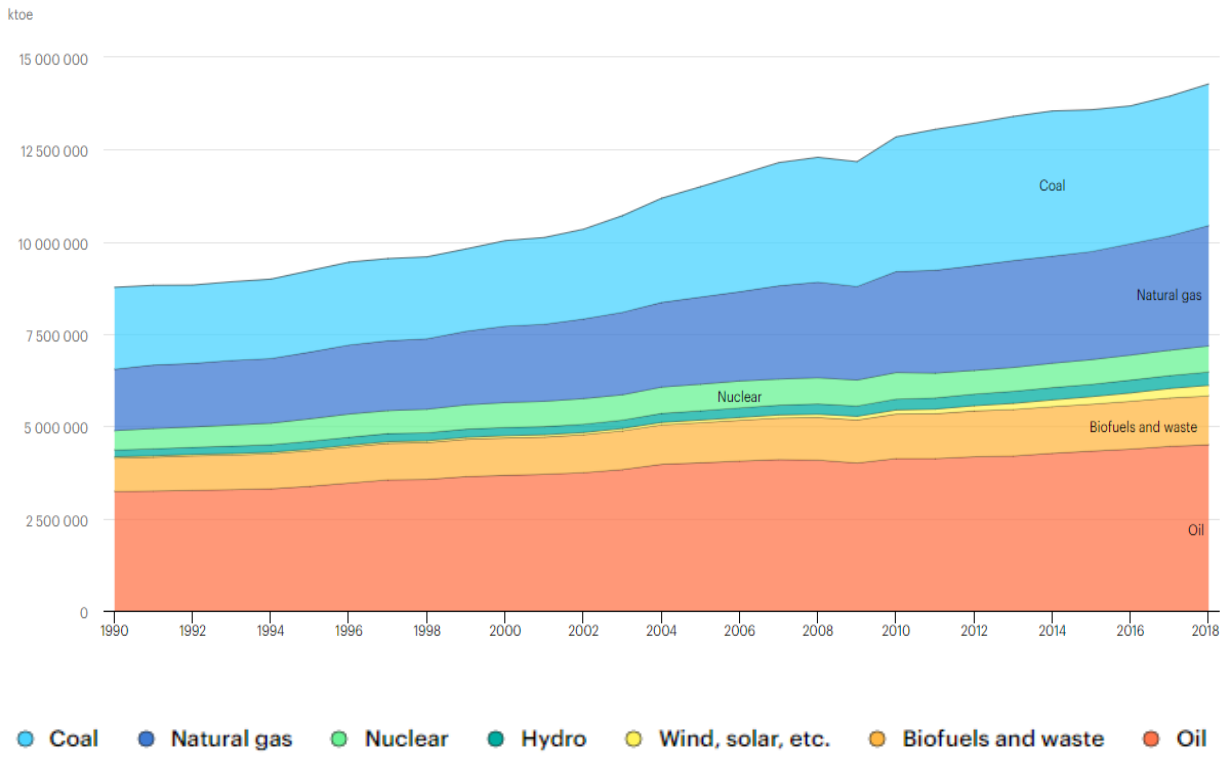


Figura 1.1.1: Total final consumption (TFC) in ktoe by source, World 1990-2018.
Fonte: IEA - World Energy Balances 2020, https://www.iea.org/data-and-statistics.

La figura 1.1 mostra come il consumo finale totale (TFC) sia cresciuto per tipo di fonte energetica durante il 1990 e il 2018 nel mondo. Fino al 2018, il consumo totale ha mantenuto un tasso di crescita costante e il petrolio e i prodotti petroliferi sono la quota più alta del consumo totale tra tutte le fonti (quasi il 40,64% nel 2018). Le fonti rinnovabili come l'eolico, il solare, ecc. valori minimi di consumo (quasi lo 0,49% nel 2018), quasi non ci si accorge di questa piccola porzione nella figura 1.1.1. D'altra parte, quando si cerca la crescita delle emissioni di CO2 per settore tra il 1990 e 2018 nel mondo, il grafico dell'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA) nella figura 1.1.2 mostra che i produttori di elettricità e calore sono stati i maggiori contributori (quasi il 41,71%) alla generazione di emissioni di CO_2. Tuttavia, i trasporti non sono stati così generosi perché vantano un primato per consumo di energia trasformata del 25% dal 1990 al 2018, con un leggero aumento nonostante in questo trentennio ci siano state grandi riforme in ambito tecnologico ambientale nel settore dei trasporti. Ciò significa che la grande battaglia per abbattere la produzione di CO_2 nel mondo sarà quello di abbassare l'utilizzo di fonti energetiche da combustibile fossile in fonti rinnovabili a basso impatto ambientale, successivamente ridurre il consumo di energia per la produzione di energia trasformata per abbattere la produzione di agenti atmosferici inquinanti (prevalentemente CO2) e in ultima battuta per ridurre almeno della metà la produzione di CO2 a livello mondiale, migliorare e ottimizzare il consumo di energia per il trasporto.

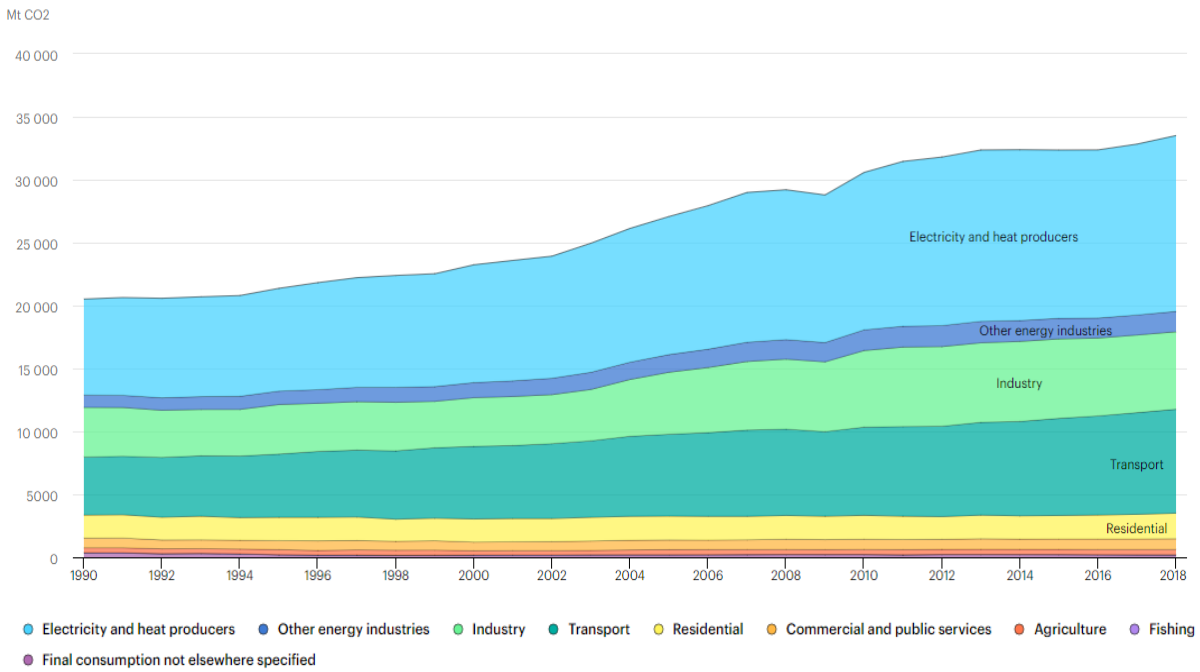


Figura 1.1.2: CO2 emissions in MT by sector, World 1990-2018.
Fonte: IEA - World Energy Balances 2020, https://www.iea.org/data-and-statistics.

Il dato allarmante che ci propone il grafico in figura 1.1.3, riguardante il consumo di energia a livello mondiale nei prossimi 10 anni, ci mostra un continuo aumento negli anni a venire, dovuto prevalentemente all'incremento della produzione economica nel mondo. Questo dato deve porci un campanello d'allarme dal momento che con questi dati non si può sostenere questo incremento basato sul consumo di energia sempre maggiore.

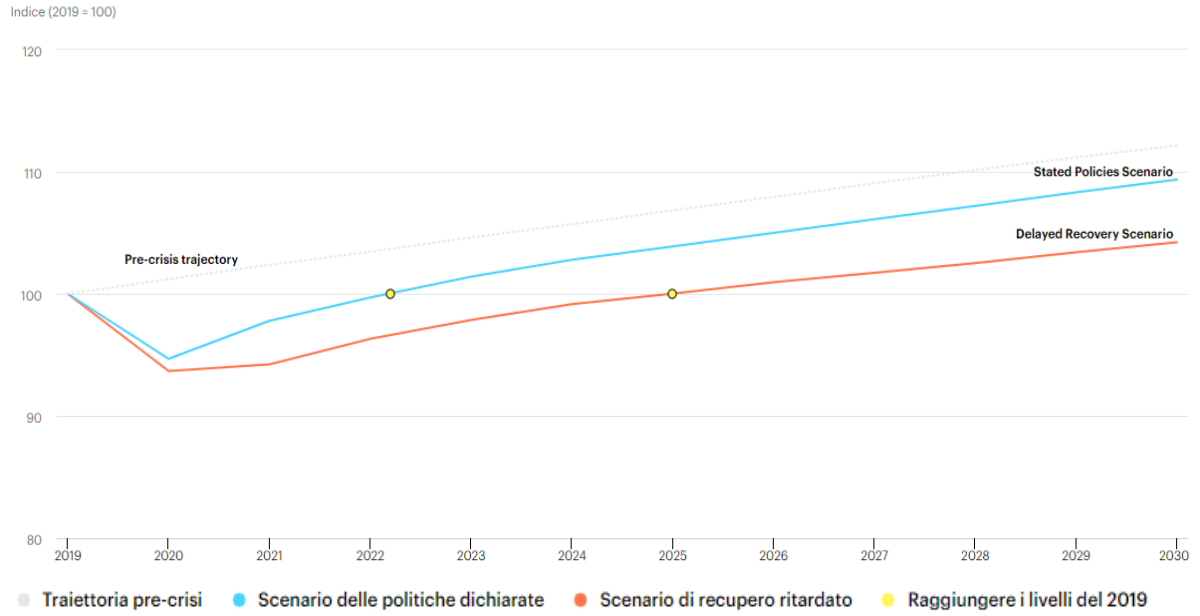


Figura 1.1.3: Prevision of energy consumption, World 2020-2030.
Fonte: IEA - World Energy Balances 2020, https://www.iea.org/data-and-statistics.

Gli USA come in molti campi, sono stati i principali attori per quanto riguarda la ricerca alla riduzione delle emissioni di gas serra, seguiti dall'Europa e poi dalla Cina.
La pandemia è stata però una ferita d'Adamo a tutte le economie mondiali, dalle più sviluppate a quelle più retrograde e ha fatto esaltare i limiti delle visioni di società che ci hanno preceduto negli ultimi 50 anni, che ha visto un continuo aumento della produzione industriale su scala mondiale con un continuo decremento della qualità di vita; questo anche per le economie più floride e prosperose. In Europa, ad esempio, negli ultimi 30 anni c'è stato un consumo delle materie prima energetiche pressoché costante, anzi in diminuzione dal crack finanziario del 2008 fino ad oggi. Questo ci mostra però anche un altro fattore nascosto, il miglioramento delle normative in campo energetico, una grande ottimizzazione dei consumi energetici dovuti alle riforme che l'Unione Europea ha introdotto negli ultimi 15 anni.

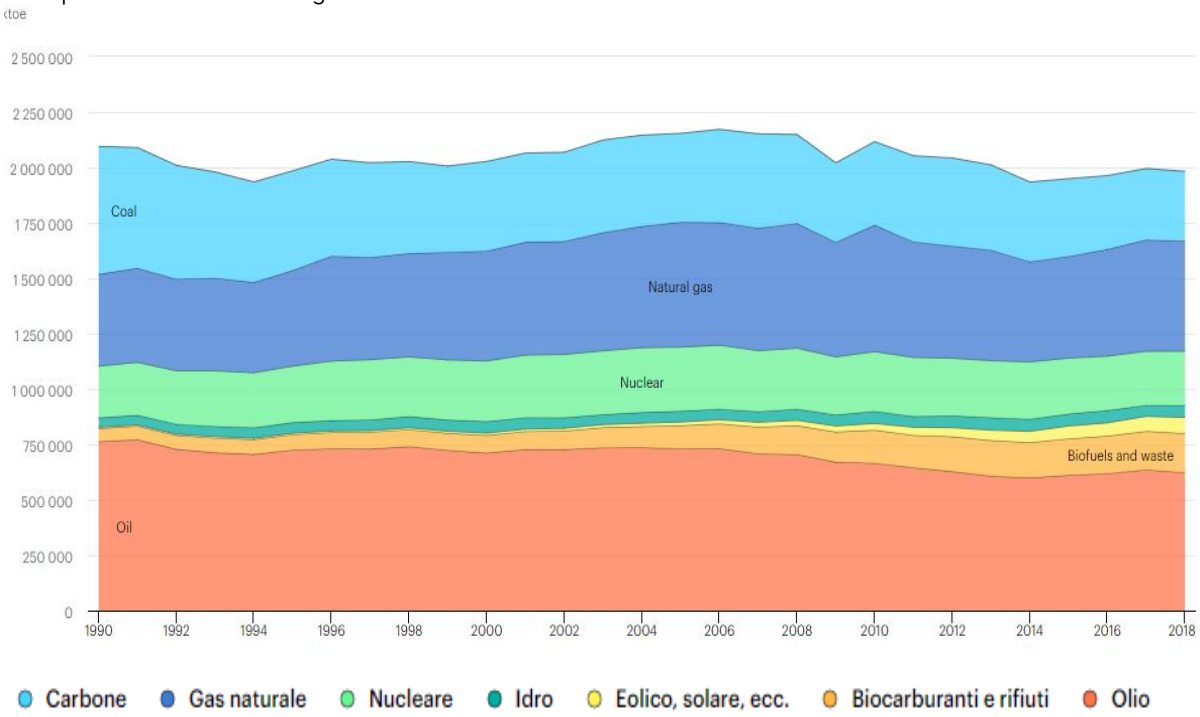


Figura 1.1.4: Total final consumption (TFC) in ktoe by source, World 1990-2018.
Fonte: IEA - World Energy Balances 2020, https://www.iea.org/data-and-statistics.

In Europa con Horizon 2020 si è puntato a ridurre le emissioni e i consumi delle abitazioni più energivore in quasi tutti gli stati membri, e con gli obbiettivi del Green Deal al 2030 si mira ad una

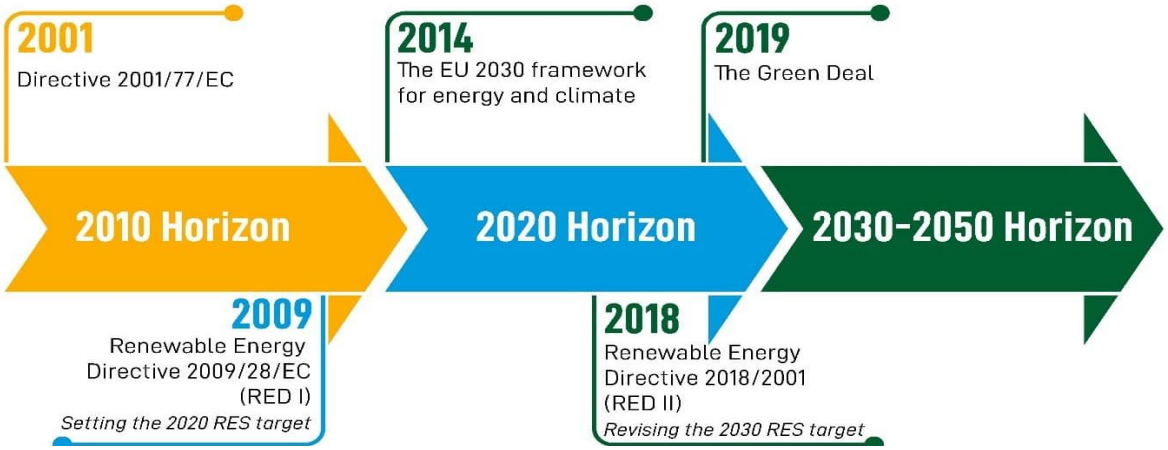


Figura 1.1.5: Horizon UE plan, Fonte:https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/home

elettrificazione sostenibile dei trasporti, prevalentemente per il parco auto, e non solo, per abbassare la concentrazione dei gas serra nelle città, favorendo una miglior qualità dell'aria.
Per non parlare dei piani al 2050 dove si prevedono smart cities a zero impatto ambientale, sia per quanto riguarda le abitazioni in cui viviamo e le industrie dove produciamo, sia per i trasporti e tutte le azioni quotidiane che prima erano dannose per l'ambiente e la nostra salute.

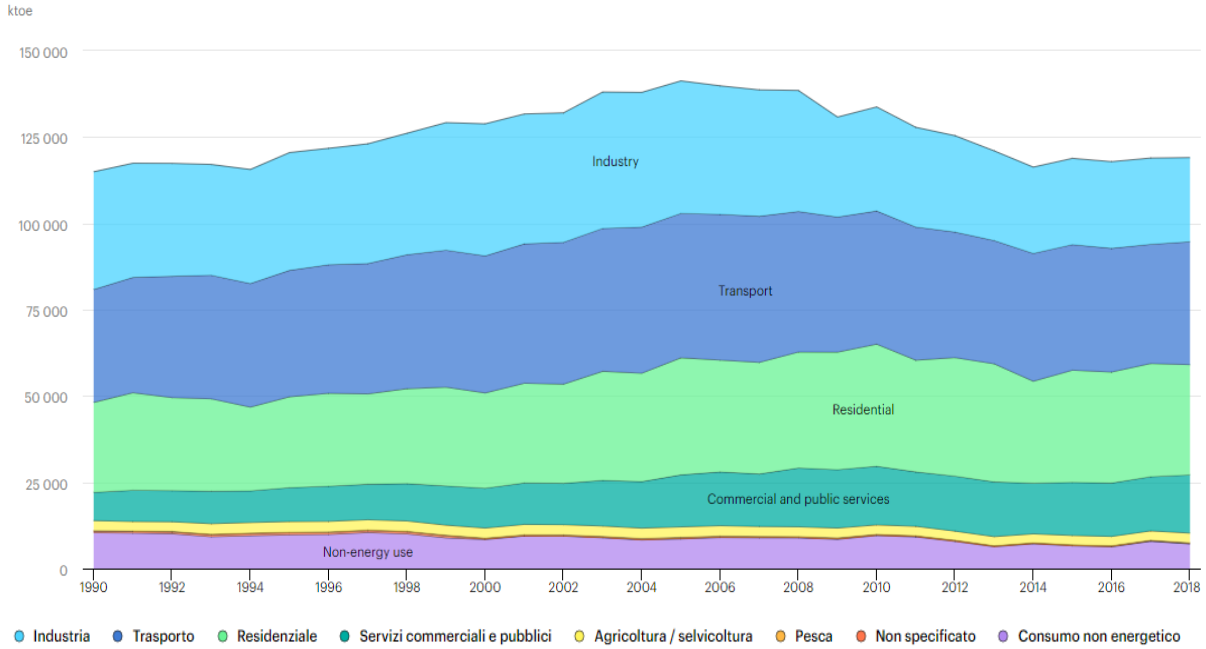


Figura 1.1.6: Consumption of energy by sector, Italy 1990-2018.
Fonte: IEA - World Energy Balances 2020, https://www.iea.org/data-and-statistics.

In Italia la sensibilità al tema si sta facendo sempre più sentire, e i governi ne hanno preso atto iniziando a far partire una serie di riforme economico-ambientale-sociale per sviluppare le energie verdi nel nostro paese, puntando sul Superbonus per la riqualificazione degli edifici e la riduzione del consumo di combustibili fossili per il parco auto fornendo incentivi al rinnovo del parco auto italiano che ne risente da molti anni. Sarebbe bello continuare dicendo che tutto va per il meglio, ma la realtà in cui viviamo quotidianamente è ancora compromessa e tutt'ora gli effetti di queste politiche non si vedono nelle nostre città. Infatti, guardando la figura 1.1.6, che mostra il consumo di energia in Italia nella fascia temporale 1990-1918, possiamo vedere come alla tenuta costante dei consumi di energia tra il 1990 e il 1998 corrisponda una grande serie di dismissioni industriali e riconversione in nuovi servizi, mentre tra il 1998 e il 2006 gli effetti del boom economico-industriale in Italia legato al cambio moneta. Dal 2006 al 2018 il crollo dei consumi energetici industriali mostra l'abbassamento della capacità industriale italiana. Seppur ci potremmo fermare ad una mera analisi economica, il dato più allarmante anche in questo caso come a livello mondiale, e il continuo incremento dei consumi dei trasporti. L'area occupata dai trasporti nel grafico supera sia l'energia consumata a livello industriale, che a livello residenziale, commerciale e dei servizi. Mi sono permesso di dire allarmante perché è come se non avessimo risentito in Italia delle grandi riforme tecnologiche nel mondo dei trasporti. Nel parco automobilistico siamo passati da auto con benzina al piombo e con grandi consumi ad auto elettriche, nel settore dei trasporti pubblici siamo passati dai bus a gasolio a quelli che vediamo correre per la città a metano con partenza con motore elettrico. Il servizio dei bus è in continua perdita, il servizio taxi con l'avvento di Bla Bla car e il Car sharing sta avendo delle continue battute d'arresto. La compagnia aerea di bandiera italiana in queste settimane ha avuto delle rivisitazioni sul piano commerciale perché risente di grandi

perdite e sperperi di denaro negli anni precedenti. Il mercato dell'auto ha di nuovo subito delle grandi perdite, sia per la chiusura di FCA e nascita in un altro stato di Stellantis, sia per la grande quantità di oneri monetari per mantenere le auto-"im"-mobili per la maggior parte della loro vita e doverle rinnovare perché energivore e inquinanti.
Ma quello che forse stiamo dimenticando è il settore ferroviario, tant'è che i treni regionali sono rimasti quelli di 40 anni fa, molte tratte funzionano tutt'ora con trattrici a gasolio. In alcune parti della penisola italiana i collegamenti alta velocità sono un sogno mai realizzato, una rivoluzione tecnologica vecchia di 40 anni che ha visto la luce del sole solo con le olimpiadi del 2006 a Torino. E tutt'ora in molte parti dell'Italia non esistono. L'altra grande fetta dei trasporti riguarda il merci, che ancora una volta sfrutta il carico pesante su gomma per la carsità e la lentezza del trasporto su rotaia. A tutto questo sembra stia provando a rispondere il governo presieduto dal presidente del consiglio Mario Draghi, ex presidente della Banca Centrale Europea con il PNRR, il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza scritto dal governo presieduto dal premier Giuseppe Conte in piena pandemia riuscendo a portare i italia investimenti per 200 miliardi di euro su un piano europeo di 750 miliardi.

La pandemia ha messo in risalto le criticità di tutte le modalità di trasporto, che già da tempo si prevedeva sarebbero fallite, ma che nessuno voleva ammettere potesse succedere.
Siamo dinnanzi ad una svolta epocale, c'è chi la chiama la quarta rivoluzione industriale, chi la rivoluzione alla base del modello di sviluppo capitalistico e chi invece parla della 5° modalità di trasporto: Hyperloop.

About Hyperloop

Mentre che le nostre città continuavano a produrre agenti inquinanti nell'atmosfera, dall'altra parte del mondo, in America, un gruppo di ricercatori e imprenditori provavano a mettere insieme le migliori menti del pianeta per provare a disegnare un futuro migliore non più basato sull' economia lineare ma circolare che vedesse al centro delle questioni umane il benessere umano e ambientale. Un tale signore, di nome Elon Musk, che nell'ultimo periodo sembra essere diventato l'uomo più ricco del mondo, dopo aver fallito molte volte con diverse aziende e idee folli, ha provato ad affidarsi alle migliori menti della Silicon Valley alla ricerca di qualcosa che lo rendesse veramente soddisfatto di fare del bene al mondo. Inizio dal Space X, che dopo solo 15 anni è riuscita portare gli umani su Marte, ha costruito l'impero delle auto elettriche più acclamate e ricercate, la Tesla. Ma tra i grandi progetti e idee di questo visionario c'è un progetto che lui ha lanciato alla quale però non ha potuto concentrarsi con le sue aziende, e il progetto AlphaX, Hyperloop . A questa chiamata internazionale hanno risposto Gabriele Gresta e il suo socio, provando a lavorare con le migliori menti del mondo in cambio di stock option dell'azienda. Da un semplice primo incontro su internet è nata una vera rete di grandi ricercatori che hanno provato a costruire un sistema tutto nuovo senza vincoli del passato, con le tecnologie odierne, inventandole qualora ancora non fossero state inventate. Hyperloop è un modo completamente nuovo di trasporto basato sui primi lavori teorici e sperimentali nel trasporto a pressione ridotta all'inizio del 20° secolo. Hyperloop consiste in un percorso di tubi a pressione ridotta, un sistema passivo di levitazione magnetica (Maglev), e un motore elettrico lineare usato per spingere capsule autonome che trasportano passeggeri e/o merci. Nel sistema Hyperloop, la maggior parte dell'aria all'interno dei tubi viene rimossa, riducendo drasticamente la resistenza aerodinamica, e dunque la resistenza dell'aria. Il sistema passivo di levitazione magnetica fa levitare la capsula fuori dalla guida, riducendo drasticamente l'attrito. Questa bassa resistenza dell'aria e la mancanza di attrito rendono possibile ai veicoli di raggiungere velocità molto elevate. Poiché si consuma pochissima energia a causa della resistenza dell'aria, e la resistenza magnetica si riduce all'aumentare della velocità, gran parte dell'energia impartita ai veicoli in accelerazione può essere recuperata elettricamente quando i veicoli rallentano. Inoltre, a causa della mancanza di attrito, i veicoli saranno in grado di accelerare su tratti rettilinei di guida a velocità molto elevate (700 mph+), superando anche quelle dei jet di linea commerciali. Come sistema a guida fissa, il concetto di design dell'Hyperloop integra alcuni elementi importanti della

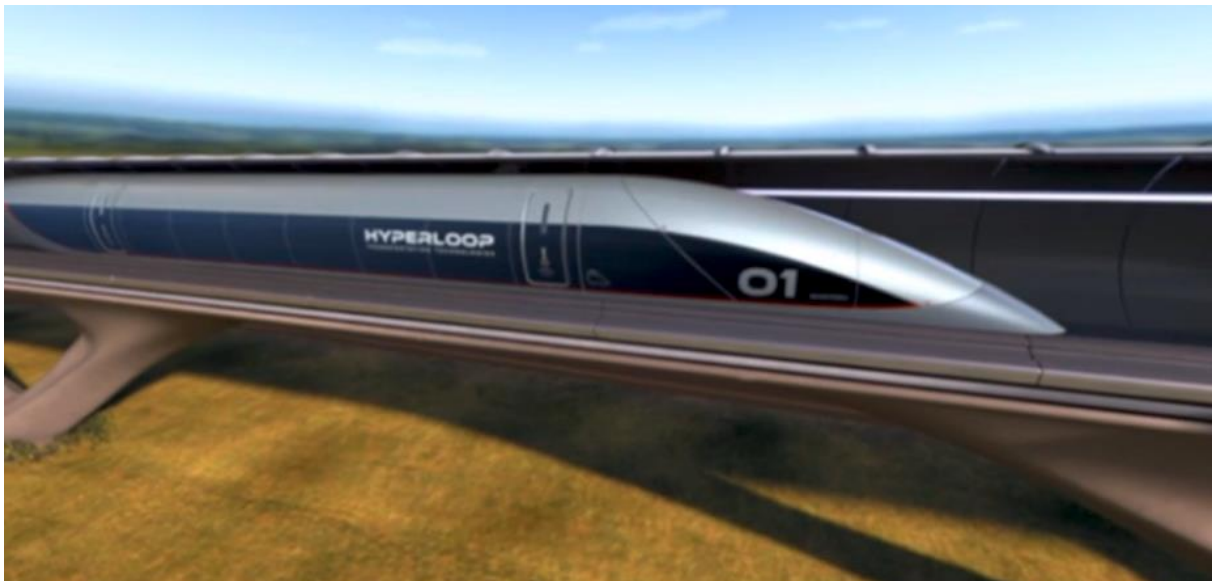


Figura 1.2.1: Render di un'infrastruttura Hyperloop. Fonte: Hyperloop TT

ferrovia, ma il sistema è ugualmente affine ai sistemi aeronautici e spaziali poiché condivide molte delle stesse caratteristiche di queste modalità. L'Hyperloop sarà anche una tecnologia estremamente verde ed ecologica. Il sistema è completamente sigillato e alimentato elettricamente, il che significa che sarà molto silenzioso nelle operazioni e senza emissioni. Infatti, montando pannelli solari sulla parte superiore del rivestimento della struttura della guida, è stato stimato che il sistema potrebbe generare più elettricità di quanta ne usi. Il sistema Hyperloop sarà sia ad alta velocità che efficiente dal punto di vista delle risorse, con un'esperienza sicura e confortevole per passeggeri e merci. A seconda della topografia regionale e delle caratteristiche geologiche, il corridoio del percorso e l'allineamento della guida possono avere applicazioni sotterranee o fuori terra. L'Hyperloop può fare da ponte su aree sensibili dal punto di vista ambientale, come le zone umide, o per mezzo di tunnel sotterranei ai paesaggi urbani. L'adozione di un trasporto accessibile ad altissima velocità ha diversi benefici a parte la maggiore velocità di viaggio. La mobilità Hyperloop, come valutato dal Hyperloop Feasibility Study, influirà direttamente su: tempo di viaggio, costi operativi, sicurezza, inquinamento acustico, inquinamento atmosferico, impronta di carbonio, interfaccia con i sistemi infrastrutturali esistenti (trasporti, telecomunicazioni, energia), e manutenzione.
L'Hyperloop integrerà l'ingegneria, le operazioni e i concetti di sicurezza dell'aviazione e dell'autostrada così come della ferrovia. Questo è il motivo per cui l'Hyperloop è stata chiamata la "quinta modalità" di trasporto, dal momento che non si adatta perfettamente a nessuno dei modelli esistenti, ma in un certo senso integra concetti di progettazione e operativi di diverse modalità di trasporto esistenti. Molti dei concetti di Hyperloop non sono veramente nuovi, ma piuttosto integrano tecnologie già provate in un modo nuovo.

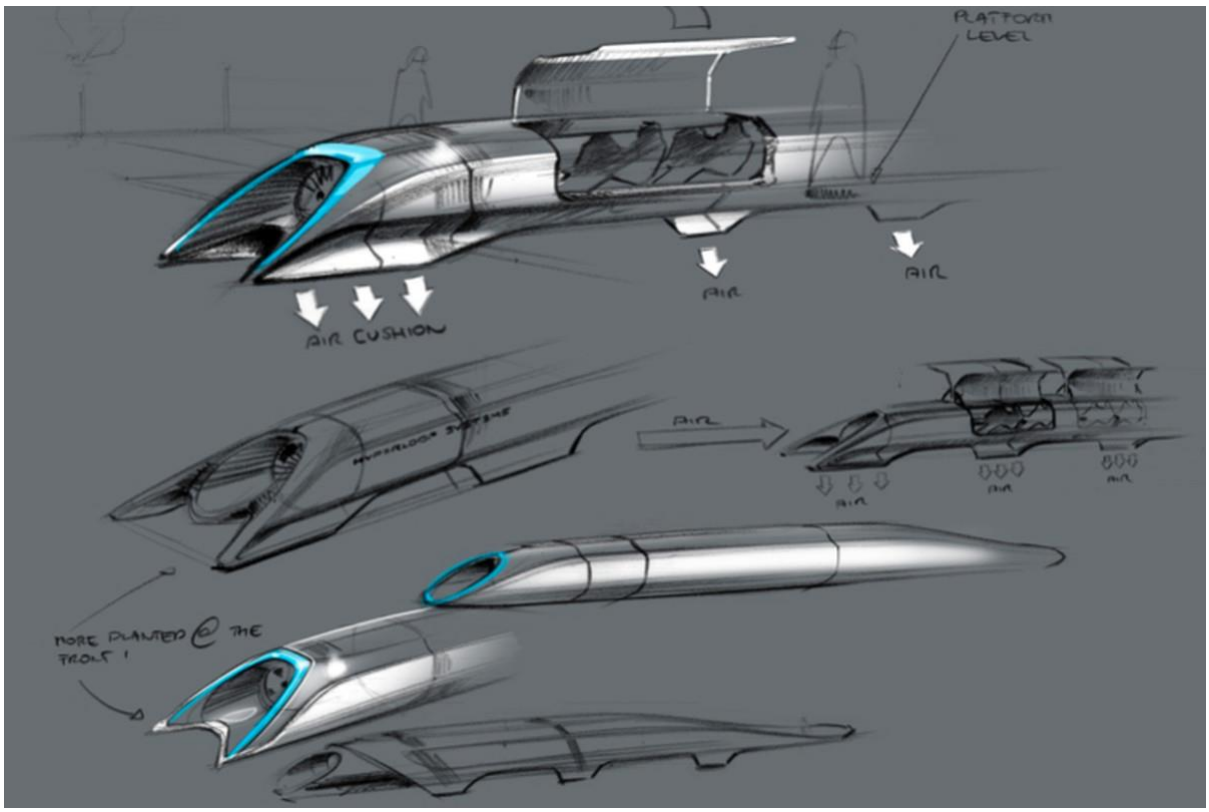


Figura 1.2.2: Schizzi delle prime bozze di Hyperloop. Fonte: Hyperloop Alpha

Scopi e obiettivi

Questo lavoro di ricerca sperimentale fornirà allo Stato Italiano, alla Regione Piemonte, alla Regione Lombardia, alle città di Torino, Milano, ad Hyperloop Italia, Inc. (Hyperloop IT) Hyperloop Transportation Technologies, Inc. (HyperloopTT) e agli altri stakeholder del progetto una comprensione di base di 3 principali settori:

1. Economico

- della ***sostenibilità economico-finanziaria del corridoio Hyperloop Torino-Milano***
- della ***sostenibilità tecnica e procedurale*** per il ***contesto italiano***

2. Ambientale

- ***dell'impatto ambientale*** e ***visivo*** dell'infrastruttura
- delle implicazioni architettoniche, paesaggistiche e ***tecnologiche***

3. Sociale

- dei ***vantaggi*** per la ***società***

In un ottica distaccata dagli obbiettivi, legata invece solo al campo della ricerca, Hyperloop visto come un sistema che necessita di ulteriore sviluppo e applicazione, con lo scopo questa volta portare avanti tesi che inizino a dare maggior credibilità alla comunità scientifica sulla fattibilità di questa nuova modalità di trasporto a supersonica velocità.

- possibili ***upgrade futuri***

Questo studio ha lo scopo di valutare la fattibilità dello sviluppo di un corridoio Hyperloop per le tratte Torino-Milano-Venezia-Trieste. Per quanto riguarda la necessità di sviluppo dell'Hyperloop all'interno del corridoio si prenderanno in esame, i costi di capitale, i costi operativi e di manutenzione, i passeggeri e le entrate dai biglietti, i rapporti operativi e l'analisi dei costi-benefici e i benefici economici per la comunità. Non ci si prefiggerà di essere un'"alternativa preferita" né escluderà alcuna opzione dalla considerazione futura. La valutazione economica finanziaria presuppone un margine di errore del 15%, con la stessa probabilità che il costo effettivo salga o scenda, per cause legate al mercato finanziario dei materiali e non solo. Dunque, sin da ora si rende noto che sarà necessario un ulteriore lavoro per sviluppare stime più precise che possano essere utilizzate per la stesura di progetti a computo metrico. Questo si presume che sarà fatto nella prossima fase del processo di pianificazione, nel caso in cui questa analisi portasse il sistema a risultati competitivi.

Contesto dello studio

Questo studio fornisce un livello di comprensione della fattibilità delle basi per poter in futuro operare ad un servizio infrastrutturale Hyperloop tra Torino-Milano-Venezia-Trieste con un Analisi preliminare della tratta Torino-Milano. Lo sviluppo di questo servizio migliorerebbe l'economia dell'Italia e dell'Unione Europea, del mediterraneo e quella dei 2 capoluoghi. Utilizzando ipotesi di base sul percorso e le opzioni tecnologiche, questo rapporto delinea le stime per il mercato dei viaggi, il capitale e i costi operativi, e i potenziali benefici finanziari ed economici dell'aggiunta di un servizio Hyperloop lungo il corridoio. Si pone l'obbiettivo di essere una guida per stabilire se sia opportuno o meno sviluppare un corridoio Hyperloop che colleghi Torino-Milano-Venezia-Trieste focalizzandosi sulla prima parte della tratta, ovvero Torino Milano, per una questione di reperimento di dati, da un punto di vista finanziario ed economico e sviluppando ipotesi sulla seconda tratta al fine di migliorare e rendere il collegamento mare terra per la regione Piemonte il motore trainante di una nuova economia.

Come sfondo di partenza, dai primi anni '80, ci sono stati molti cambiamenti nell'ambiente di viaggio, tra cui:

- Il cambiamento dei fattori demografici e socioeconomici che si è verificato nel periodo intercorso, che riflette una maggiore mobilità e una popolazione più ampiamente distribuita in queste 2 grandi metropoli.
- Il cambiamento delle condizioni di viaggio per l'uso dell'auto a causa di una maggiore congestione del sistema autostradale interstatale e l'aumento dei prezzi dell'energia (gas) che rendono il viaggio in auto più lungo e costoso.
- Cambiamenti dovuti alla deregolamentazione aerea che ha ridotto significativamente la quantità di servizio aereo per viaggi sotto i 200 km, e che ha teso a concentrare più viaggi aerei in pochi grandi mega-hub.
- Lo sviluppo di Hyperloop come opzione di viaggio reale per il corridoio. Questo è stato facilitato dall'ampio investimento che è stato fatto non solo da Hyperloop Transportation Technologies, Inc. (HyperloopTT) ma anche da diverse altre compagnie che stanno portando questa nuova "quinta" modalità di trasporto ad uno stato di prontezza commerciale.

Come risultato di questi cambiamenti, i viaggi in auto e in aereo sono diventati meno competitivi, poiché i viaggiatori cercano alternative a queste modalità, infatti dal 2006 la tratta Torino-Milano con l'introduzione dell'alta velocità, ha visto un aumento significativo dei suoi passeggeri sul sistema ferroviario. Per esempio, le corse Torino - Milano sono aumentate del 60% tra il 2006 e il 2011 con un incremento significativo di pendolari, a questo si aggiunge nel 2012 un ulteriore incremento con l'ingresso di un'altra compagnia sulla tratta, ovvero Italo, società privata entrata nel mercato libero dell'alta velocità dopo la liberalizzazione del sistema ferroviario da parte dello stato. Questo dimostra la disponibilità del mercato a spostare il viaggio verso un'alternativa migliore all'aereo o alla guida non appena una di esse diventa disponibile. Di conseguenza, c'è una convergenza della tecnologia Hyperloop con la prontezza commerciale del mercato dei viaggi interurbani. Hyperloop è una nuova tecnologia che viene sviluppata giusto in tempo per soddisfare le esigenze di viaggio emergenti del 21° secolo.

Torino è il capoluogo regionale del Piemonte che raccoglie la maggior parte delle infrastrutture che collega l'Italia con la Francia e la Svizzera, mentre Milano è il capoluogo della regione Lombardia, che si trova in una posizione centrale nella geografia europea, ha collegamenti solo con la Svizzera ma è il croce via delle connessioni più importanti in Italia diramandosi a 360° verso tutta la penisola italiana. Venezia va a prolungare l'asse orizzontale che viaggia parallelo, in senso metaforico, il Po nella pianura padana. Il capoluogo della regione Veneto trova affaccio sul mare mediterraneo come luogo nevralgico del mercato delle merci per i transatlantici, un confine di stato con l'Austria che garantisce un collegamento europeo ed extraeuropeo e una diramazione a 360° verso tutte le principali regioni di carattere industriale turistico della penisola italiana. In fine ma non per importanza Trieste, la città portuale a un centinaio di chilometri dal capoluogo veneto, è uno tra i porti più importanti della penisola italiana, che unisce il mediterraneo con l'Europa, e che se unita con Torino garantirebbe alla città torinese di diventare il polo centrale del commercio mare terra, che riuscirebbe ad unirsi alla TEN-T in progetto per lo sviluppo ferroviario della mobilità sostenibile. Dunque, un asse strategico dal punto di vista della mobilità di persone e merci per la grande quantità di collegamenti e infrastrutture tutt'ora presenti in questi quattro capoluoghi italiani.

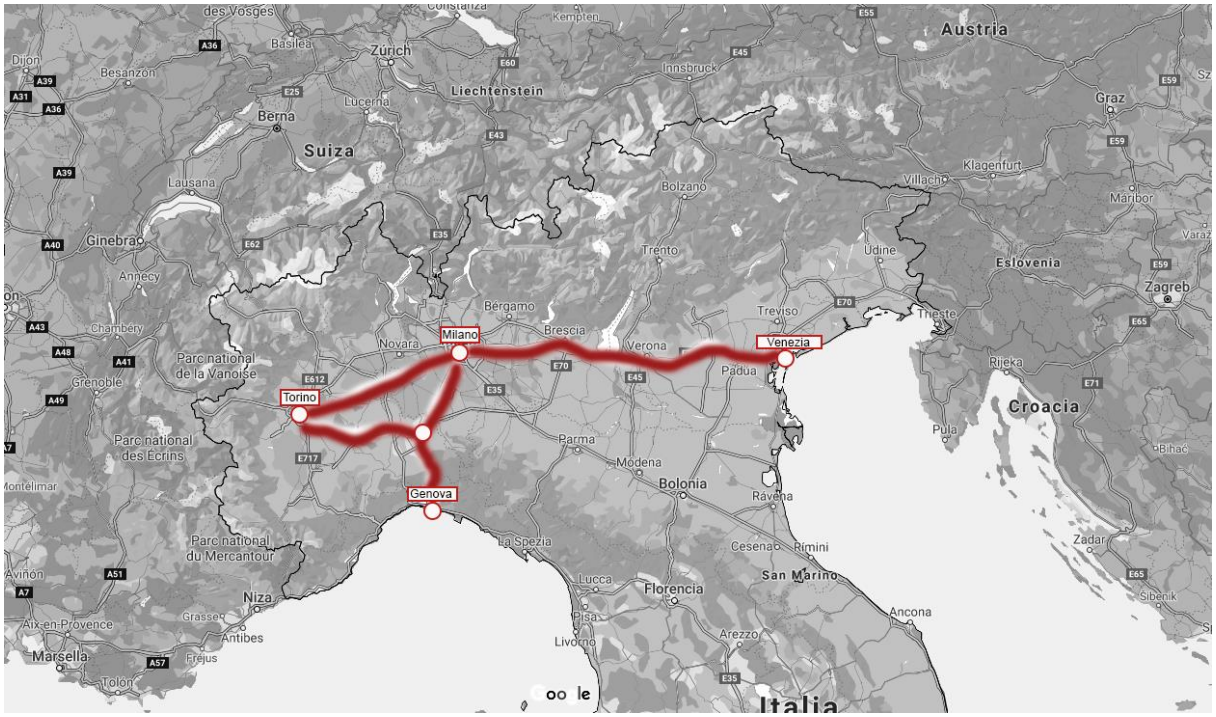


Figura 1.4.1 Descrizione delle strade Hyperloop per il Nord Italia, disegno redatto dall'autore su base cartografica. Fonte: Google Maps

I veicoli Hyperloop, le guide e le operazioni saranno descritte nel dettaglio nei capitoli successivi, ma tra le diverse caratteristiche chiave di questa infrastruttura tecnologicamente avanzata, le più importanti sono quelle relative allo sviluppo dei percorsi e nella selezione delle stazioni. Vengono proposte di seguito ed esse sono:

- Hyperloop è una tecnologia ad altissima velocità. I costi di capitale e operativi associati a un Hyperloop sono risultati inferiori a quelli dei tradizionali sistemi ferroviari ad alta velocità e, di conseguenza, si comportano bene da un punto di vista finanziario e producono eccellenti ritorni in termini di costi-benefici. A causa delle sue altissime velocità, gli allineamenti Hyperloop proposti devono essere molto rettilinei e le curvature molto dolci, per raggiungere le prestazioni previste del sistema.

- Hyperloop utilizza capsule a propulsione individuale piuttosto che treni. L'uso di capsule individuali permette di fornire un servizio diretto da punto a punto tra le stazioni, senza alcuna fermata intermedia. Di conseguenza, le capsule che viaggiano direttamente tra le grandi città non faranno fermate intermedie. Per i viaggi tra località intermedie più piccole, saranno fornite capsule dirette se i volumi di traffico sono sufficienti. Se tuttavia due località periferiche (per esempio, da Milano Malpensa a Milano centrale) non generano abbastanza passeggeri per riempire una capsula diretta a destinazione, allora i passeggeri potrebbero dover viaggiare via Hyperloop fino a un importante hub di trasferimento come Milano Rho Fiera e passare a un'altra capsula che li porterà a destinazione. Anche con un tale trasferimento il tempo di viaggio complessivo sarebbe probabilmente inferiore a quello di qualsiasi trasporto alternativo.
- Il traffico merci espresso contribuirà a una quota significativa dei ricavi dell'Hyperloop. La capacità di trasporto merci deve essere progettata nel sistema, non solo trattata come un ripensamento. Alcune merci, come i pacchi espressi, possono essere gestite come un'aggiunta al servizio bagagli registrato e si muoverebbero come l'equivalente del "belly freight" aereo sulle capsule passeggeri. Altre merci potrebbero muoversi in capsule dedicate, proprio come alcune merci aeree si muovono su aerei cargo dedicati. I servizi di trasporto merci Hyperloop dovranno essere strettamente integrati sia con i sistemi di trasporto di superficie che con quelli aerei per collegamenti efficienti con gli autotrasporti Less than Truckload (LTL)e servizi di carico aereo. Per esempio, se le operazioni del terminal potessero essere co-localizzate con i servizi di collegamento, la merce potrebbe essere trasferita direttamente dai camion o dagli aerei in capsule con un minimo di movimentazione. Questo è essenziale per garantire che i vantaggi intrinseci di Hyperloop sulla linea di trasporto non vengano dissipati da terminali inefficienti o dal ritiro e dalla consegna locale di camion ad alto costo

Metodologia di lavoro

La metodologia di lavoro adottata per dimostrare gli obbiettivi di tesi prefissati si basa su 2 fasi di lavoro scomposti in Step metodologici di verifica che vengono di volta in volta analizzati con una metodologia di analisi scientifica con metodologie di analisi che mirano a far combaciare gli obbiettivi con i risultati.

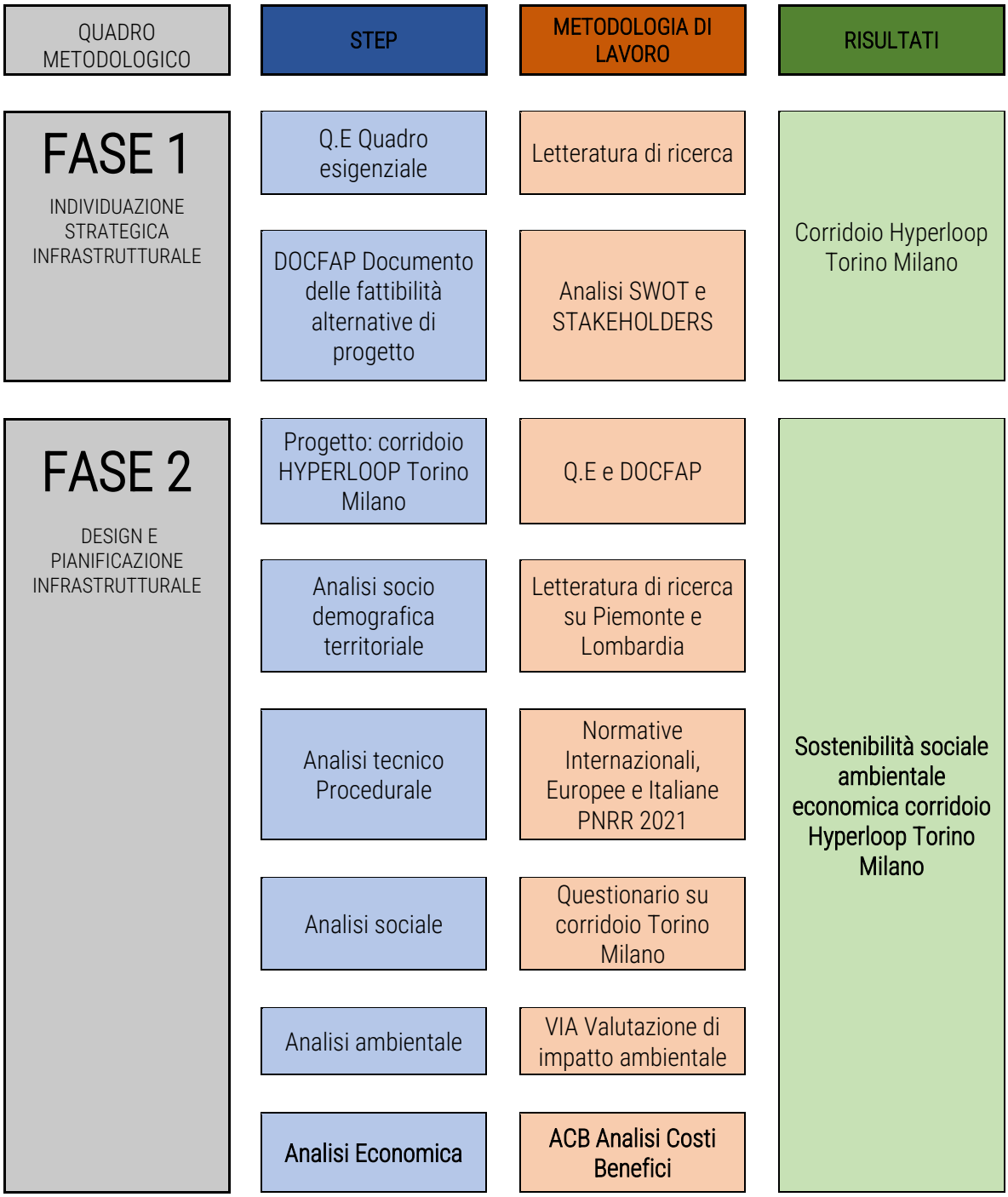


Figura 3.1 Algoritmo metodologico di lavoro per individuazione di un progetto infrastrutturale, elaborato da M. Volpatti, sulla base delle nuove linee guida per la redazione di PFTE del PNRR

Struttura delle fasi

Capitolo 1 - Panoramica del progetto: Il capitolo 1 presenta l'approccio generale per l'implementazione del proposto corridoio Hyperloop Torino-Milano-Venezia e Torino-Genova. Il capitolo 1 si pone l'obbiettivo di delineare una road map di ricerca e studio di un'infrastruttura innovativa e mai realizzata prima. Introduce l'infrastruttura esaltandone i pregi e difetti in larga scala, individua le strategie per l'individuazione dei poli da collegare nel territorio italiano in cui potrebbe trovare un forte sviluppo. Spiega come poter studiare questa tecnologia e in che maniera ipotizzarne i costi relativi alla sua costruzione e mantenimento nel tempo, con lo scopo di riuscire a stimare un valore economico-finanziario di beneficio collettivo, con le metodologie avanzate di calcolo finanziari

Capitolo 2 - Tecnologia Hyperloop e approccio allo sviluppo del corridoio: In questa sezione discusso lo sviluppo della tecnologia Hyperloop, e fornisce un background sulla storia e sugli studi precedenti che hanno aiutato a focalizzare l'analisi attuale e hanno portato all'identificazione delle potenziali opzioni di percorso che sono state considerate per questo studio. Questo capitolo fornisce anche una panoramica delle attuali questioni normative associate allo sviluppo del progetto e alla concessione di licenze per l'uso della tecnologia Hyperloop.

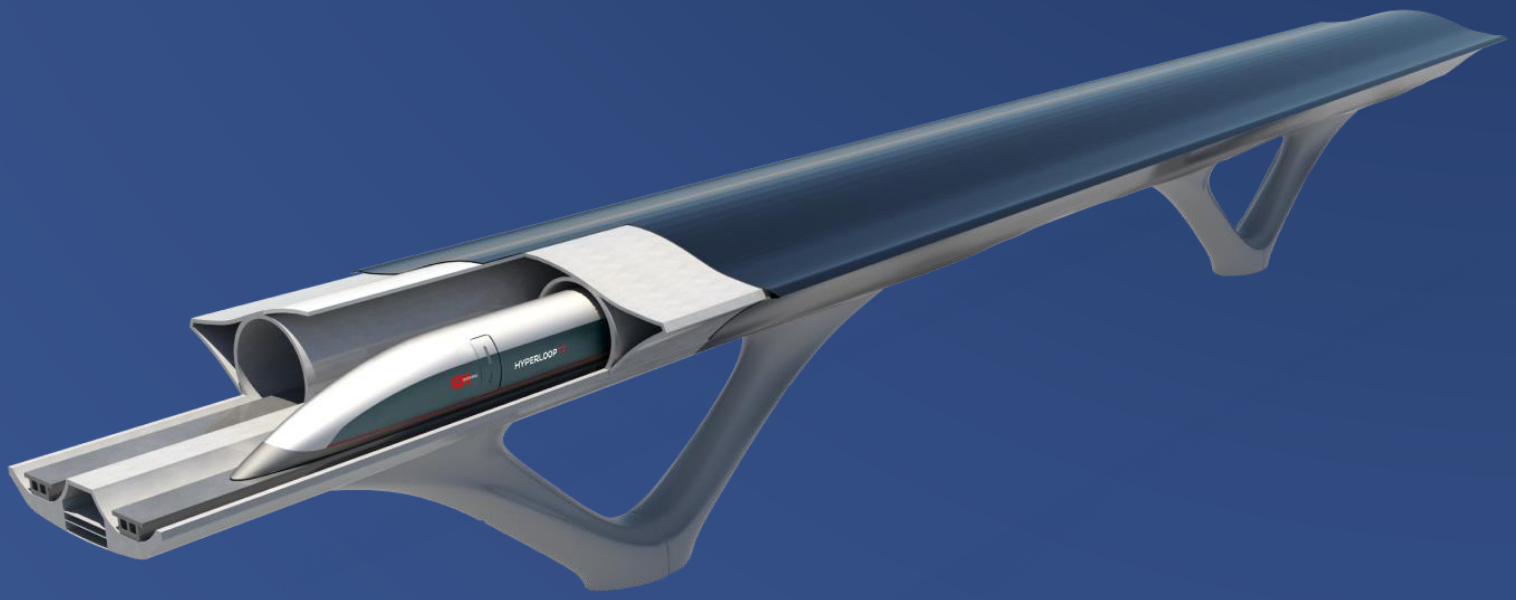
Capitolo 3 - Contesto nazionale: L'Italia e i corridoi relitto sono l'accelerazione di un infrastruttura innovative che trova nell'italia un valore aggiunto rispetto ad altri siti internazionali. Il PNRR 2021 e i finanziamenti europei per la mobilità sostenibile daranno un grande impulse per lo sviluppo di nuove tecnologie come Hyperloop. Un aspetto da tenere in considerazione per le operazioni preliminary di scelta dei luoghi è quello geomorfologico, dal moment oche in italia soffriamo di rischio idrogeologico. Un secondo aspetto è il Constesto ambientale, di pregio rispetto ad altri siti, fatto di mare pianure, colline, montagne, di piccolo borghi e grandi città inquinanti, che finalmente troverebbero un fil rouge di unione infrastrutturale, da nord a sud.

Un piano della mobilità Hyperloop in previsione per l'Italia potrebbe rivoluzionare gli assetti delle città consolidate, far riemergere vita in borghi disabitati. Turismo, commercio, lavoro, comfort e benessere al centro dell'attenzione. 2 linee darebbero linfa vitale ai territory dell'italia settentrionale diventando il fulcro dell'economia sus cala globale. Il Corridoio Hyperloop Torino-Milano-Venezia e Torino Genova.
Capitolo 4 – Analisi sociale ambientale economico finanziaria: In questo capitolo si persegue l'obbiettivo di stimare i costi di quest'infrastruttura per poter fare una serie di confronti con altre infrastrutture già esistenti valutandone in fine i benefici per i differenti stakeholders. Strumenti di valutazione utilizzati sono: Analisi SWOT, Focus group, degli Stakeholder, VIA Valutazione di impatto ambientale, VAS Valutazione ambientale strategica, Analisi Costi Benefici, Analisi Multicriteri. Al fine di individuare e soddisfare le esigenze dei fruitori futuri sono vengono condotte ulteriori analisi in ambito: sociale, economica, finanziaria, analisi ambientale della rete infrastrutturale Hyperloop nella tratt a Torino-Milano-Venezia, come 1°canale di costruzione di questa infrastruttura d'Europa, e Torino Genova come 1°rete commerciale terra mare del mediterraneo perseguendo una visione macroeconomica europea dei trasporti.

Capitolo 5 – In questo capitolo ci si accinge alle conclusioni, facendo emergere le criticità e i punti di forza di un'infrastruttura così moderna, un resoconto dei benefici e dei costi da sostenere per rendere operativa quest'infrastruttura e dei costi per mantenerla. In fine si fanno emergere i punti dove la ricerca ancora non ha saputo dare una risposta in termini concreti.

02

Progettare Hyperloop TT per lo sviluppo della mobilità sostenibile


HYPERLOOP

Hyperloop transportation technology e Hyperloop Italia

Definizione

L'Hyperloop, come concordato da tutte le aziende Hyperloop, compresi gli sviluppatori privati di Hyperloop privati (Hardt, Hyperloop Transportation Technologies, Nevomo, Swisspod, TransPod, Virgin Hyperloop e Zeleros Hyperloop) alle riunioni dei promotori di Shif2Rail Hyperloop, è definito come un modo di trasporto terrestre capace di operazioni ad alta velocità e senza conducente, in cui un veicolo è guidato attraverso un tubo a bassa pressione o un sistema di tubi, per passeggeri e/o merci (Shift2Rail, 2020). È una nuova modalità di trasporto interurbano, progettata per collegare le città in modo sicuro, in modo efficiente, sostenibile e autonomo, in un'infrastruttura basata su un tubo a guida fissa. Hyperloop è una modalità di trasporto passeggeri e merci ad altissima velocità, con velocità fino a 1.200 km all'ora, che mira a diventare la quinta modalità. Può anche essere descritto come una modalità di trasporto basata sulla levitazione magnetica in un tubo o sistema di tubi sigillati a bassa pressione che opera in un ambiente a bassa pressione per ridurre la resistenza e aumentare l'efficienza per ridurre drasticamente i tempi di viaggio (NETT Council, 2021). L'Hyperloop dovrebbe essere più sicuro, più veloce, economico, conveniente, dovrebbe funzionare in tutte le condizioni atmosferiche, essere autoalimentato in modo sostenibile, resistente ai terremoti e non essere dirompente per l'infrastruttura esistente delle altre modalità lungo la sua guida (SpaceX & Tesla, 2013). Il sistema consiste in tubi sigillati e parzialmente evacuati tubi, che collegano gli hub di mobilità in grandi aree metropolitane, e veicoli pressurizzati (cioè, le capsule), che possono muoversi a velocità molto elevate, grazie al sistema di levitazione e propulsione senza contatto sistema che utilizza, nonché alla bassa resistenza aerodinamica (TUM Hyperloop, 2021). L' Hyperloop integra tecnologie provenienti da più industrie e la sua integrazione sicura nell'attuale sistema di trasporto dipende dall'adattamento degli standard esistenti e dai processi di certificazione processi di certificazione (NETT Council, 2020). In Europa, l'Hyperloop ha il potenziale per fornire una soluzione sostenibile alla crescente domanda di viaggi ad alta velocità e per alleviare le crescenti sfide nei trasporti, tuttavia ci sono ancora alcune sfide da superare. Queste possono includere, ma non sono limitate a: la proposta velocità massima, gli impatti ambientali, l'interoperabilità, la prontezza operativa, i costi di capitale, la governance e la progettazione tecnica dei suoi componenti di sistema (AECOM, 2020). Pianificazione per l'implementazione, considerando la standardizzazione, la legislazione, le politiche e le certificazioni, dovrebbe iniziare già nelle prime fasi dello sviluppo dell'Hyperloop, al fine di creare il massimo beneficio per i futuri passeggeri e i cittadini europei in generale (Delft Hyperloop, 2019a). Creando un ambiente a bassa pressione all'interno del tubo usando la tecnologia del vuoto, la resistenza aerodinamica è considerevolmente ridotta consentendo non solo velocità più elevate, ma una forma più sicura, più pulita e più silenziosa di trasporto ad alta efficienza energetic

Figura 2.1.: Capsula Quintero 01 HyperloopTT in scala reale, per gentile concessione di HyperloopTT, Fonte: Hyperloop TT

Questo nuova modalità di viaggio basata sul tubo è stata considerato per oltre due secoli, senza nessun risvolto tecnologicamente comprovato, ma la tecnologia è ora maturata in modo tale che ogni sistema e sottosistema HyperloopTT richiesto è disponibile in qualche forma sul mercato. Il grande lavoro ingegneristico condotto dall'Hyperloop TT è in corso per condurre in modo appropriato l'ingegneria di sistema di HyperloopTT per integrare e ottimizzare le tecnologie esistenti intorno ai passeggeri umani; concentrandosi in primo luogo sulla sicurezza, il comfort e l'esperienza del passeggero come criteri di progettazione primari, mentre utilizzando l'efficienza, la sostenibilità, la riduzione dei costi e l'ottimizzazione dei processi come obiettivi all'interno del processo di integrazione.

Figura 2.2: Capsula Quintero 01 HyperloopTT in scala reale, per gentile concessione di HyperloopTT, Fonte: Hyperloop TT

L'architettura dell'infrastruttura Hyperloop

Il sistema hyperloop opera in un ambiente di tubo chiuso a bassa pressione, permettendo una maggiore velocità per il veicolo sopraelevato, di solito chiamato pod o capsula. Una fusione di tecnologie avanzate utilizzate per le applicazioni ferroviarie ad alta velocità (HSR), l'aviazione, l'aerospazio e la levitazione magnetica è necessaria per il successo dell'implementazione dell'hyperloop.

Una panoramica completa del sistema hyperloop viene fornita concentrandosi sui componenti del sistema. Questi sono:

- Il veicolo (chiamato anche pod o capsula), che comprende una fusoliera aerodinamica (simile alla costruzione di un aereo commerciale), l'interno e il sottosistema elettrico.
- L'infrastruttura, che è composta dal tubo, la sottostruttura e le stazioni. Il tubo racchiude e mantiene l'ambiente a bassa pressione garantendo la minima perdita d'aria, la sua struttura di supporto - i piloni - e la guida che potrebbe essere su una configurazione sopraelevata, a terra e/o sotterranea. L'infrastruttura contiene anche il sistema di mantenimento della pressione con ogni sottostazione elettrica, che fornisce una notevole riduzione della resistenza all'aria, permettendo un viaggio tranquillo della capsula con velocità fino a 1.200 km/h. I requisiti dell'infrastruttura dipendono dal tipo di levitazione e dal sistema di propulsione, entrambi considerati come le interfacce dell'hyperloop, poiché riguardano le interazioni tra la capsula e la pista.
- Il sistema di comunicazione che crea un ambiente autonomo, scambia dati e coordina le operazioni, garantendo sicurezza e comfort.

Figura 2.3: Sistema HyperloopTT in scala reale, per gentile concessione di HyperloopTT, Fonte: Hyperloop TT

Attualmente, lo sviluppo dei componenti hyperloop è in diverse fasi. Soluzioni praticabili alle tecnologie di base sono state rivelate, tuttavia, le infrastrutture di test, la standardizzazione e la valutazione della prontezza della tecnologia sono argomenti importanti ancora da esaminare. Per ora il funzionamento di base com'è stato detto prima è basato sulle caratteristiche dei componenti principali, come mostrato nell'Allegato 2-2.

La capsula è il veicolo che trasporta persone e merci. Essa inizia e finisce ogni viaggio su ruote e levita utilizzando la tecnologia della levitazione magnetica passiva al di sopra di una velocità imposta dal sistema. L'accelerazione e la decelerazione sono fornite da un motore elettrico lineare, con sistemi ridondanti di frenata d'emergenza.

La capsula e il sistema di propulsione e levitazione sono alloggiati in un tubo, che fornisce un confine per mantenere un ambiente operativo a bassa pressione.

Le pompe a vuoto e le valvole mantengono un ambiente sicuro ed efficiente all'interno del tubo. I passeggeri e le merci sono in grado di entrare e uscire dal sistema nelle stazioni e possono uscire dal sistema lungo il percorso in situazioni di emergenza. Un sistema di controllo autonomo monitorato da personale addestrato supervisiona tutte le operazioni del sistema HyperloopTT

Figura 2.4: Sistema HyperloopTT render, Fonte: Hyperloop TT

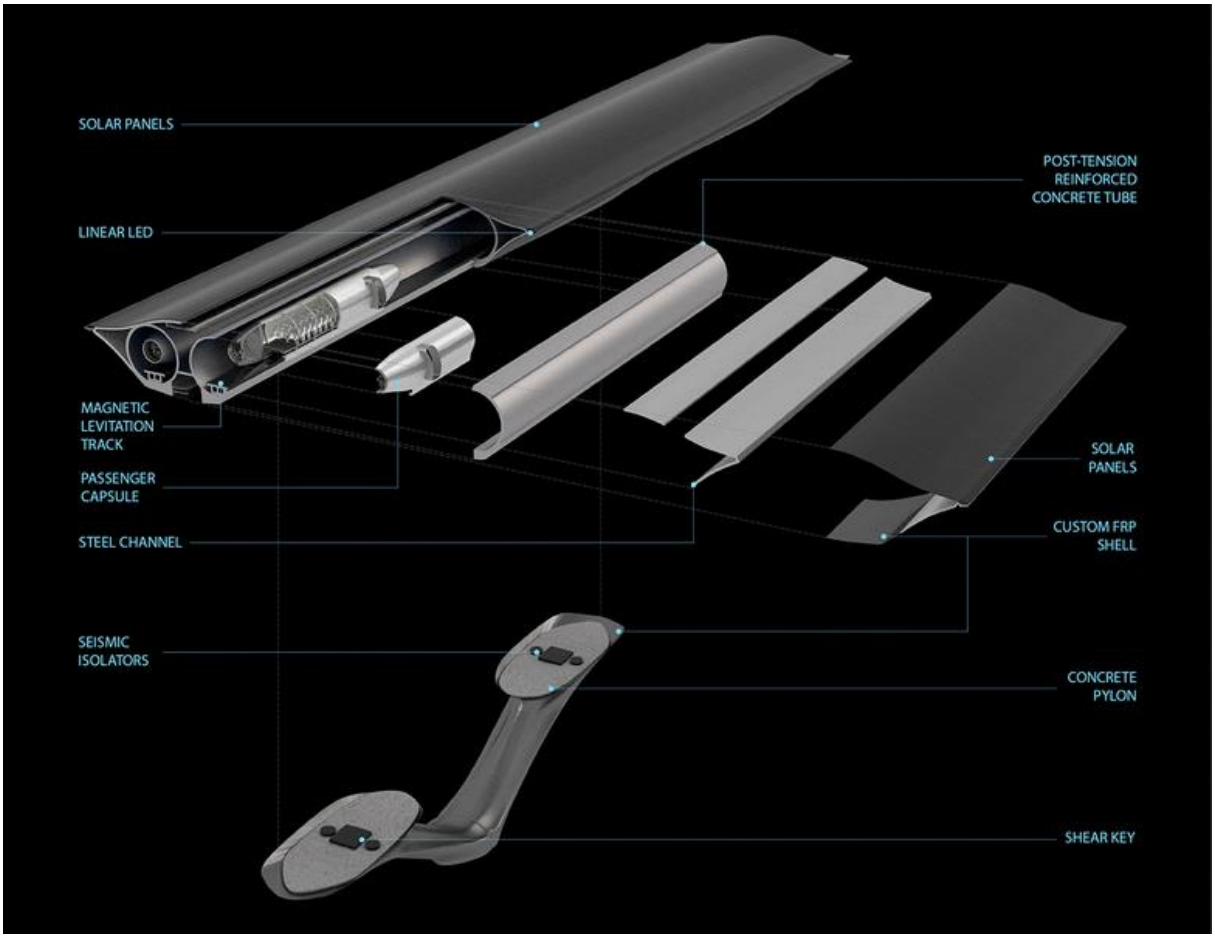


Figura 2.5: Sistema HyperloopTT render, Fonte: Hyperloop TT

Tubo, capsula e sistema a vuoto

Il sistema HyperloopTT integra l'accessibilità nel processo generale di progettazione del sistema per anticipare le esigenze dei passeggeri. La stazione HyperloopTT, le capsule e l'infrastruttura lineare sono progettate per essere compatibili con le norme ADA (l'Americans with Disabilities Act) paragonabile all Legge 13/89 italiane sull'accessibilità per le disabilità; al tempo stesso progettato per accogliere i passeggeri con bagagli o altri bagagli a mano.

Figura 2.6: Prototipo di capsula, Fonte: Hyperloop TT

Dal Feasability studies che Hyperloop TT ha redatto per la tratta Chicago Cleveland, è riportata un'analisi su come poco alla volta che il mercato dell'hyperloop maturerà, i progettisti delle stazioni, i produttori di capsule e le strutture multimodali di trasporto connesse incorporeranno standard inclusivi e accessibili che soddisfino e superino i requisiti di facilitazione equivalenti per le dimensioni e le antropometrie dei singoli passeggeri.

È inoltre riportato uno studio dettagliato sul design delle capsule, che includono già di serie sistemi di bordo e arredi interni progettati per massimizzare la sicurezza dei passeggeri, l'esperienza di viaggio e il comfort. Per quanto riguarda l'alimentazione elettrica della capsula, ci saranno delle batterie ricaricabili a bordo che forniranno l'alimentazione ai sistemi della capsula. Come mostrato nell'Immagine la fusoliera è il guscio esterno e lo scheletro strutturale della capsula e mantiene il confine di pressione tra l'ambiente a vuoto del tubo e la cabina passeggeri.

Figura 2.7: Prototipo di capsula, Fonte: Hyperloop TT

Il sistema strutturale è in grado di sopportare la ripressurizzazione di emergenza del tubo alla velocità di crociera. Da quanto viene dichiarato dall'azienda la fusoliera è aerodinamicamente specificata per l'ambiente a bassa pressione dei tubi e la velocità di progetto di 1220 Km/h. La fusoliera contiene attrezzature di montaggio per tutti i sistemi all'interno della capsula e ha almeno due porte operative e due porte di emergenza. Ha molto in comune con le strutture della fusoliera utilizzate e certificate dall'industria aerospaziale. Un'altra precisazione dell'azienda riguarda la fornitura dei prodotti, ovvero è assicurato che anche i fornitori di HyperloopTT riescono a fornire recipienti a pressione certificati e porte a spina.

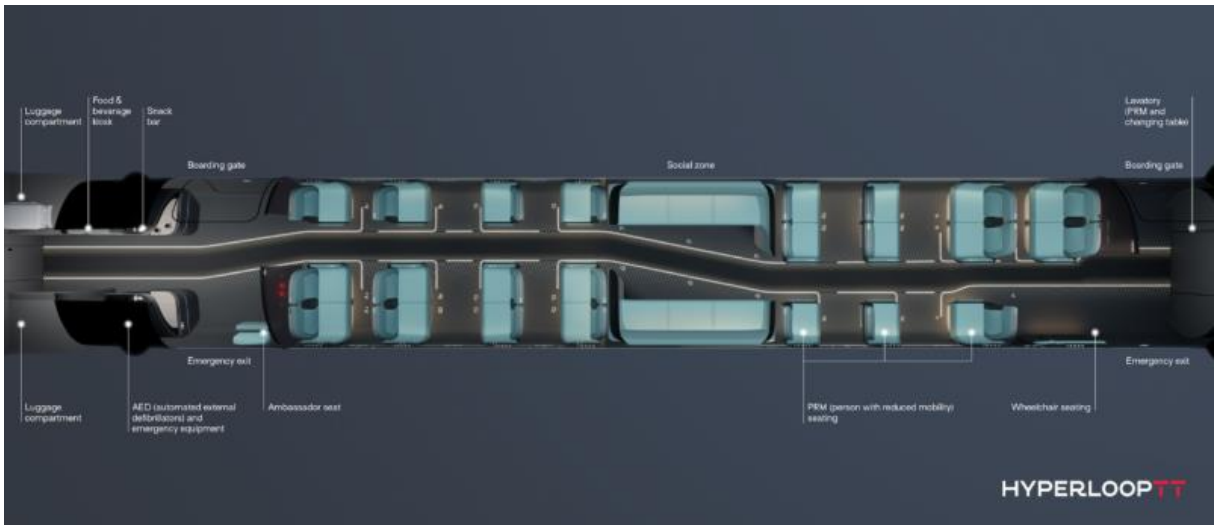


Figura 2.8: Prototipo di capsula, Fonte: Hyperloop TT

Sul sito Hyperloop TT è stato reso noto che la progettazione della capsula ha focalizzato l'attenzione sulla sicurezza e il comfort dei passeggeri, garantiti utilizzando una combinazione appropriata delle migliori pratiche del trasporto ferroviario e aerospaziale. La robusta fusoliera della capsula utilizza la tecnologia collaudata degli aerei e i requisiti di manutenzione per garantire che la sicurezza nell'area della cabina incorpori una tecnologia matura di partner certificati.

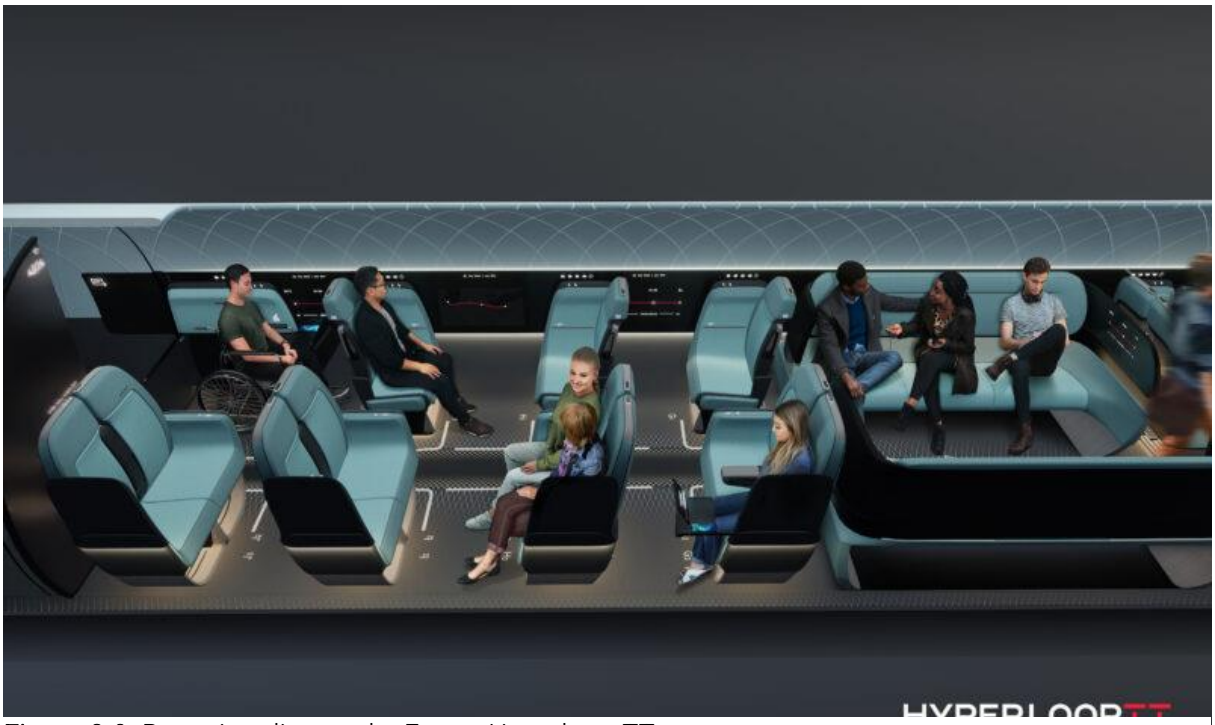


Figura 2.9: Prototipo di capsula, Fonte: Hyperloop TT

L'esperienza di viaggio è personalizzata riducendo al minimo il tasso di variazione dell'accelerazione (jerk) ed evitando l'accoppiamento dei movimenti assiali e rotazionali. Per garantire ai passeggeri un'esperienza unica, unita al comfort, sono stati ottimizzati attraverso l'uso di finestre a realtà aumentata, illuminazione, colori, texture e controllo dei livelli e delle frequenze del suono. Il design interno della cabina è eccezionale, garantendo un livello di comfort e intrattenimento, molto più sostanziale di qualsiasi altro modello intercity.

Figura 2.10: Prototipo di capsula, Fonte: Hyperloop TT

Vari sottosistemi della capsula supportano le operazioni della capsula. Il sistema elettrico della capsula sfrutta l'energia dal sistema di alimentazione primaria, immagazzina l'energia per il backup di emergenza e trasferisce l'energia a vari sistemi ausiliari (ad esempio l'illuminazione, il sistema di intrattenimento, ecc). Questi sistemi sono simili a quelli che si trovano sugli aerei commerciali o sui veicoli ferroviari per passeggeri.

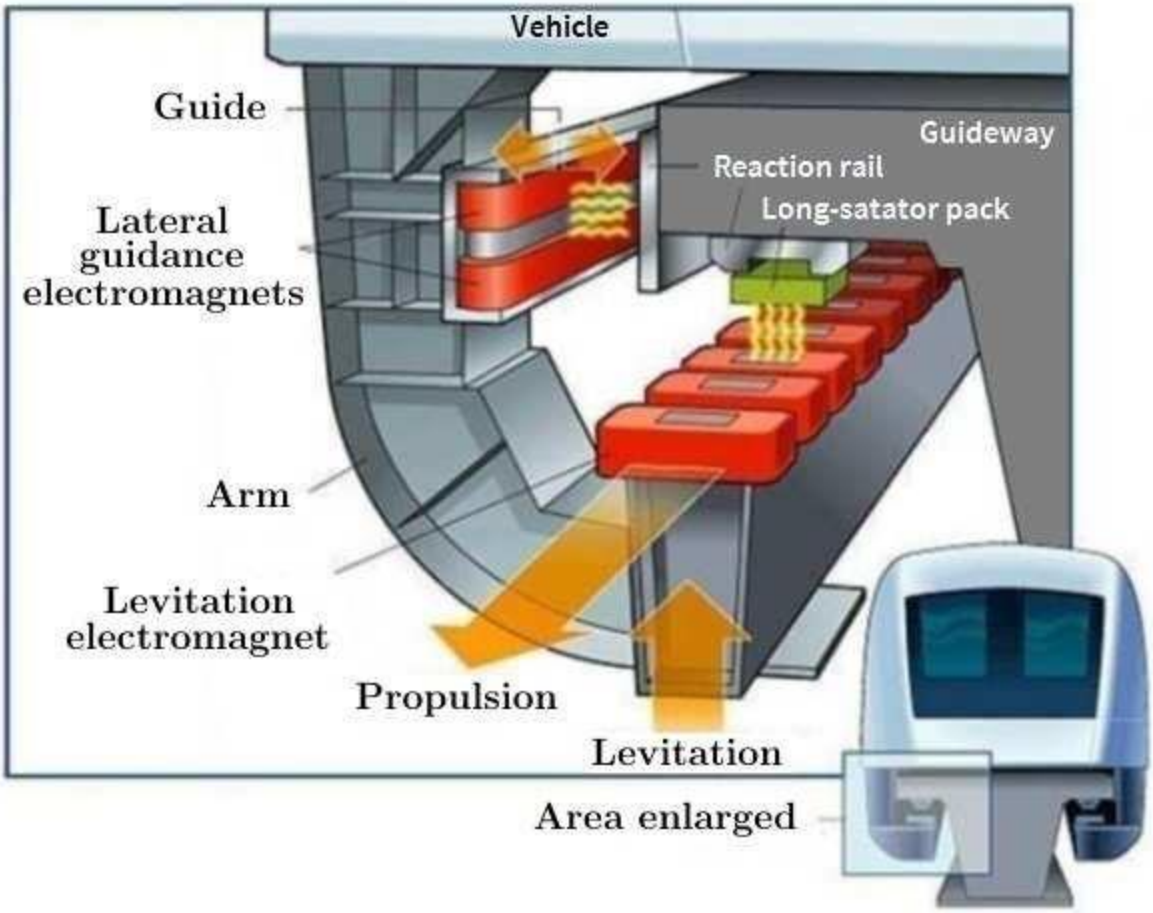


Figura 2.11: Prototipo di capsula, Fonte: Hyperloop TT

I sistemi di riscaldamento, ventilazione e aria condizionata mantengono un ambiente confortevole per i passeggeri e le attrezzature. Il sistema di controllo termico primario rimuove il calore dai vari componenti della capsula e lo trasferisce al modulo di accumulo del calore. La pressione di esercizio di HyperloopTT presenta un ambiente unico in cui la dissipazione del calore residuo è difficile. Viene proposto un modulo di accumulo di calore, in cui il calore di scarto è diretto verso la fusione di una sostanza congelata o verso un serbatoio di raffreddamento. Le applicazioni commerciali rilevanti includono sistemi HVAC in edifici, navi e veicoli spaziali. Il calore immagazzinato viene trasferito dalla capsula durante le operazioni della stazione, in modo simile alla ricarica delle batterie. Come da standard industriali tutti i sistemi critici avranno ridondanza o backup. Le capsule avranno energia extra e supporto vitale nella capsula nel caso in cui il viaggio sia prolungato, mentre sono considerate opzioni multiple di evacuazione per emergenze all'interno della capsula, del tubo o del sistema operativo.

Il Sistema elettrico

Il sistema elettrico della capsula è responsabile dell'accettazione dell'energia dal sistema di alimentazione primaria, immagazzinare l'energia per il backup di emergenza e trasferire la potenza ai sistemi ausiliari, in modo simile aquelli di un aereo commerciale o di un veicolo ferroviario. I sistemi di riscaldamento, ventilazione e aria condizionata manterranno un ambiente confortevole per i passeggeri e le attrezzature. Per quanto riguarda la gestione termica gestione, un sistema di gestione termica intelligente è stato proposto da Hyperloop TT (HyperloopTT, 2019), con la capacità di rimuovere il calore da vari componenti del pod e di trasferirlo a un modulo di accumulo di calore sarà sviluppato. Un sistema di rilevamento e controllo in tempo reale (in grado di essere incorporato nei pod e nelle infrastrutture), per la dinamica strutturale e l'aerodinamica, è anche in fase di sviluppo e sarà estremamente compatto, utilizzando un design ibrido di progettazione di circuiti ibridi (Janzen, 2017). Attualmente, i concetti di alimentazione, che sono influenzati dal potenziale costo di costruzione e sistema di propulsione, possono essere suddivisi nelle seguenti tre categorie (AECOM, 2020):

1. Propulsione a compressore assiale con alimentazione a bordo
2. Propulsione a motore lineare lato veicolo con alimentazione a bordo
3. Propulsione a motore lineare lato infrastruttura collegata alla rete elettrica

Tuttavia, la valutazione della prontezza tecnologica di ogni categoria separata può influenzare il processo decisionale e la pianificazione dello sviluppo dell'hyperloop. Più in dettaglio, le batterie ricaricabili a bordo possono fornire alimentazione al sistema della capsula e molteplici opzioni per ottenere una ricarica veloce sono in fase di sviluppo, tra cui, ma non solo: la ricarica durante la discesa, il processo di imbarco, quando le capsule sono immagazzinate nel deposito o nelle stazioni durante la notte. La capsula può anche essere separata dal percorso principale per essere caricato, trasferendo i passeggeri ad un nuovo veicolo così come così come le sue batterie possono essere sostituite alla stazione. Ogni capsula può fornire la propria energia per la levitazione, l'accelerazione e il controllo, così come altri servizi. Un sistema per ricevere e immagazzinare l'elettricità generata dalla rottura rigenerativa è una opzione considerevole (Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti, 2021). Tuttavia, alcune sfide sull'uso di sistemi a batteria possono essere identificate. Diverse considerazioni importanti sulle batterie sono: il il sistema di gestione termica e la loro massa, che può aumentare la massa della capsula fino al 30-50%, (a seconda della durata del viaggio e di altre scelte tecnologiche) e può contribuire ad aumentare dei requisiti di potenza e/o alla riduzione della velocità. L'uso di batterie aumenta indirettamente il costo dell'infrastruttura, poiché le capsule più pesanti richiedono un'infrastruttura più robusta con ulteriori punti di ricarica nelle stazioni. Inoltre, a causa della necessità di caricare o sostituire le batterie dopo ogni viaggio, un tale sistema può ritardare la disponibilità delle capsule. Tuttavia, i progressi nella tecnologia delle batterie relativi alla riduzione della massa e agli intervalli di ricarica più veloci potrebbero risolvere i suddetti problemi (AECOM, 2020). Oltre all'uso delle batterie, secondo un recente studio (Lafoz et al., 2020), i super capacitori potrebbero essere considerati una soluzione abbastanza appropriata nell'alimentazione dell'Hyperloop, grazie al fatto che il loro rapporto potenza/energia è molto simile al livello richiesto, tuttavia attualmente, ci sono diversi parametri restrittivi che impediscono la loro adozione in applicazioni ad alta potenza, tra cui ma non solo, i loro limiti di isolamento a bassa tensione e l'inefficiente capacità energetica. Tuttavia, analizzando il rapporto potenza/energia e i requisiti ciclici, aumentando la limitazione della tensione e evitare allo stesso tempo la perdita prematura di capacità, così come i test, sono alcuni fattori che possono chiarire le potenzialità di una tecnologia attualmente speculativa

nell'alimentazione dell'hyperloop. L'uso di celle a combustibile a idrogeno potrebbe giocare un ruolo importante nel ridurre ancora di più il peso della capsula peso e fornire una soluzione per raffreddare il sistema.

D'altra parte, un sistema di alimentazione lato infrastruttura, collegato alla rete elettrica può dimostrare diversi vantaggi, tra cui, ma non solo: migliore efficienza, ridotto consumo di energia consumo, potenziali risparmi sui costi di costruzione del tubo, maggiori tolleranze della guida, controllo centralizzato e sincronizzato della propulsione che diminuisce il potenziale di collisioni. Tuttavia, l'alto costo delle infrastrutture, la tolleranza ai guasti, l'acquisizione di considerevole area di terreno per ospitare sottostazioni elettriche sono alcune limitazioni associate all'uso di un tale sistema (AECOM, 2020). Le richieste di potenza di un hyperloop pienamente operativo possono indurre sfide di interfaccia di rete, tuttavia con l'uso di design innovativi, l'integrazione dei sistemi di rete esistenti, la pianificazione avanzata delle utility strategie avanzate di pianificazione e tamponamento, così come le opzioni tecnologiche che potrebbero isolare o mitigare gli impatti diretti sulla rete, i potenziali problemi sulla rete elettrica possono essere eliminati(Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti, 2021).

Levitazione e propulsione

La levitazione e la propulsione delle capsule saranno fornite da un sistema di levitazione magnetica passiva di concerto con la propulsione a motore lineare. HyperloopTT ha una licenza esclusiva con i Lawrence Livermore National Laboratories per l'uso della sua tecnologia di levitazione magnetica passiva. Il movimento di una serie di magneti permanenti, fissati alla capsula, su una pista di alluminio conduttivo provoca una levitazione passiva prevedibile al di sopra di una velocità di progetto. Questo sistema non richiede energia per generare forze di levitazione, a differenza di altre tecnologie come il Transrapid di Shanghai o per fornire il super raffreddamento che permette le forze di levitazione nel Chuo Shinkansen del Giappone.

Una dimostrazione in scala reale di questa tecnologia è stata eseguita dalla General Atomics nel suo impianto fuori San Diego, CA (FTA-CA-26-7025 (2005) General Atomics Low Speed Maglev Technology Development Program).

Figura 2.12: Full-scale Inductrack Demonstration, Fonte: National geographic

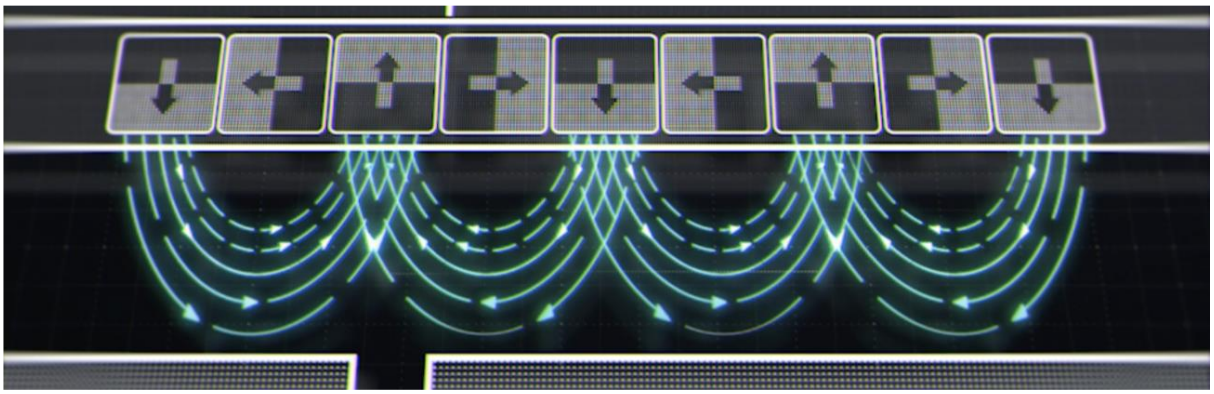


Figura 2.13: Full-scale Inductrack Demonstration, Fonte: National geographic

Dal “feasability study” è stato condotto uno studio su come vengono sfruttati i principi fisici di una capsula all’interno un tubo a bassa resistenza atmosferica. Come si può vedere dall’immagine 2-6, Inductrack ha un rapporto Lift to Drag molto alto che tende a migliorare man mano che il veicolo

va più veloce. Così, una volta che una capsula è stata accelerata, non avrà né aerodinamica né un livello significativo di resistenza magnetica per rallentarla.

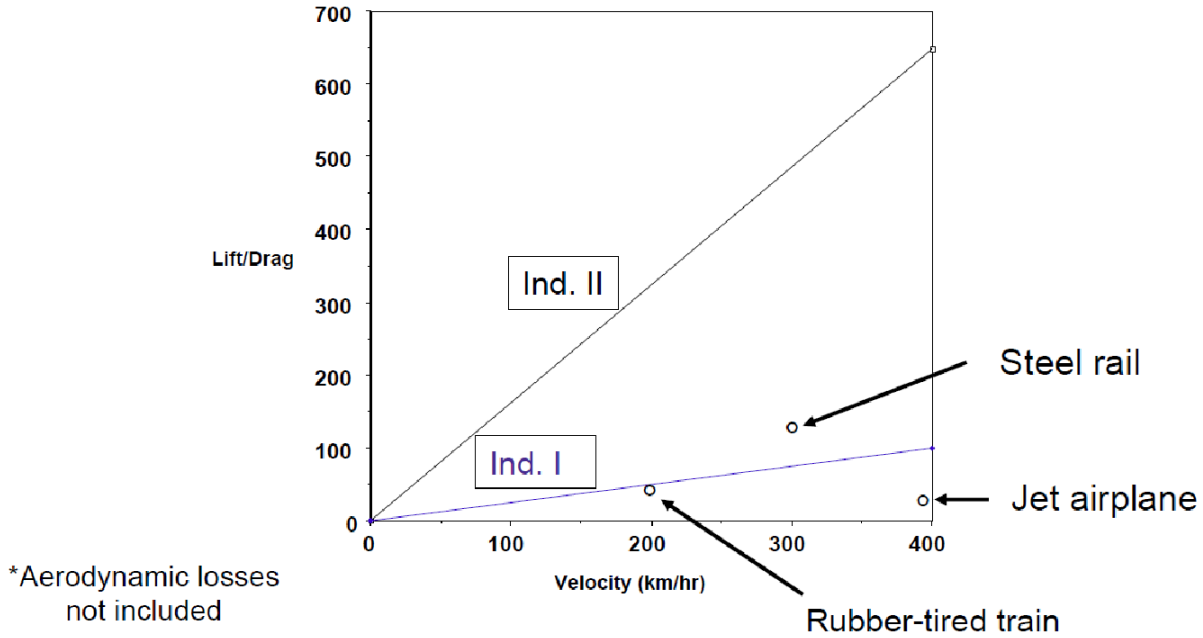


Figura 2.14: Inductrack's Lift to Drag Ratio, Fonte: Feasability study Hyperloop TT

Il sistema Inductrack utilizza il sistema di levitazione magnetica passiva per la guida sia verticale che orizzontale. Quando la velocità della capsula è abbastanza bassa, le forze di levitazione diminuiscono gradualmente, e la capsula viene abbassata su un sistema di binari a bassa velocità che è presente lungo la lunghezza della guida. La capsula si comporta quindi in modo simile a un sistema di transito automatizzato convenzionale a guida fissa su ruote e rotaie.

La tecnologia dei motori lineari fornisce la forza di propulsione attraverso un'interazione tra bobine energizzate e magneti permanenti o altre superfici conduttive in una particolare configurazione. L'alimentazione viene fornita alle bobine energizzate attraverso un sistema di trasformatori e invertitori collegati alla rete. I motori lineari sono ampiamente utilizzati in una varietà di sistemi a ruota-rotaia e maglev, compresi diversi sistemi di transito rapido e/o people-mover prodotti da Bombardier, Kawasaki e altri, così come lo Shanghai Transrapid.

La frenatura dinamica o rigenerativa fa uso di motori lineari al contrario per trasformare l'energia cinetica di una capsula HyperloopTT in movimento in energia elettrica che ricarica le batterie, e a sua volta rallenta la capsula. I sistemi di frenatura secondari, compresi i sistemi a correnti parassite e meccanici, sono anche considerati per la ridondanza.

Infrastruttura lineare Hyperloop e tunneling

L'infrastruttura lineare sviluppa il corridoio di trasporto che le capsule passeggeri percorrono tra le aree delle stazioni. I requisiti principali sono per un guscio di tubo separato dal grado che racchiude un ambiente a pressione ridotta e la guida di levitazione e propulsione. Il tubo fornisce punti di attacco per le comunicazioni, l'alimentazione e i sistemi di sicurezza. Il tubo può essere sopraelevato, con piloni che sostengono le sezioni del tubo, o sotterraneo usando configurazioni cut-and-cover o tunnel profondi. I principi tipici dell'ingegneria civile sono impiegati nella progettazione della capacità strutturale del tubo anche considerando la pressione ridotta all'interno del tubo.

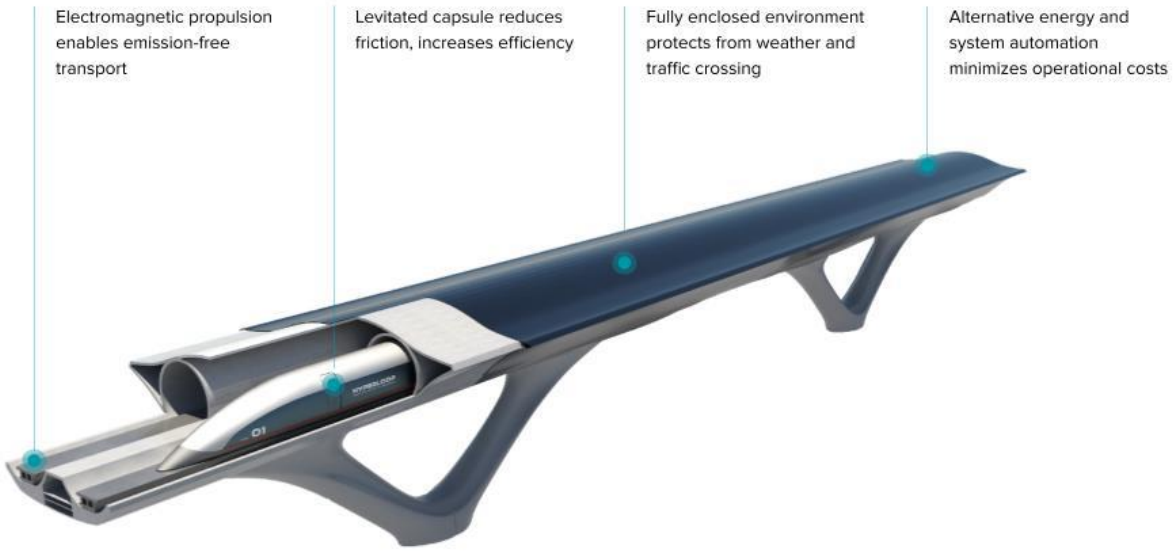


Figura 2.15: Infrastruttura Hyperloop con tutti i componenti fondamentali, Fonte: Feasability study Hyperloop TT

L'azienda dopo aver effettuato test e ricerche sperimentali ha pubblicato articoli scientifici contenenti linea guida per un modello di riferimento da seguire per la progettazione dell'infrastruttura. Viene riportato di seguito il testo che si trova sul sito dell'azienda statunitense che riporta le linee guida infrastrutturali: " La sezione di guida sopraelevata sarà usata quando la differenza di elevazione tra il profilo previsto e il terreno è inferiore a 20 m. Una campata tipica è di 30,5 m. La struttura del tubo è continua su più campate, ma può essere curvata e la guida internamente sopraelevata per soddisfare i requisiti geometrici e di accelerazione laterale.

In aree di terreno variabile, o per passare sotto aree urbane edificate, le gallerie sono appropriate per ridurre pendenze irragionevoli, mantenere un profilo liscio con lunghe curve verticali e orizzontali, ed evitare interruzioni della superficie e impatti visivi. Le gallerie scavate possono essere utilizzate per questo scopo. Queste gallerie devono avere almeno 30 piedi di copertura prima che una TBM (Tunnel Boring Machine) possa essere usata. Profondità inferiori a questa verrebbero costruite utilizzando lo scavo a cielo aperto e altri metodi di configurazione transitoria. Mentre le gallerie autostradali e ferroviarie tendono ad avere un diametro molto grande, HyperloopTT usa gallerie molto più piccole. A intervalli di circa 6-7 miglia (9,7-11,3 km), sarà costruita una camera sotterranea e un collegamento trasversale tra i tubi per consentire l'evacuazione di emergenza delle capsule e l'accesso ai tubi per il personale di emergenza e di manutenzione.

Per le gallerie poco profonde, possono essere utilizzate tecniche di taglio e copertura. Nelle aree urbane, la costruzione richiede tipicamente l'installazione di muri di sostegno sotterranei per rinforzare entrambi i lati di uno scavo verticale e prevenire i crolli. In seguito, l'area tra i muri viene scavata e vengono installate delle traverse per rinforzare i muri di contenimento. Dopo che il tunnel è stato completato, lo scavo può essere riempito e i muri di sostegno rimossi. Il trasferimento dei servizi, se necessario, sarà coordinato con i servizi locali appropriati. Se è necessario un ampio trasferimento dei servizi, una galleria profonda può essere più economica. In un'area rurale può essere possibile scavare una trincea e inclinare le pareti del fossato conformemente ai requisiti del codice edilizio locale. Quando si costruisce lungo una linea ferroviaria attiva o un'autostrada entro 25 piedi dalla linea centrale dei binari ferroviari o delle corsie autostradali, può essere richiesto un muro di contenimento sotterraneo per proteggere il lato ferroviario o autostradale dello scavo, determinato in consultazione con le autorità ferroviarie o autostradali.

I principi di progettazione e le attrezzature tipiche del vuoto sono impiegati per mantenere il limite di pressione. Un sistema a soffietto è usato per accomodare l'espansione e la contrazione termica dove necessario e le valvole di isolamento sono usate per sezionare lunghezze di tubo per la ripressurizzazione. Diversi fornitori possono produrre attrezzature adatte.

Le porte di fuga di emergenza sono utilizzate per evacuare i passeggeri dalla capsula in caso di emergenza. In uno scenario preferito, le capsule sono portate in zone di rifugio/uscita che funzionano come mini-stazioni. Queste zone dovrebbero essere situate ogni 6 a 7 miglia (da 9,7 a 11,3 km) e dovrebbero rientrare nel 150% della larghezza tipica dell'infrastruttura lineare. Le pompe a vuoto, le valvole di controllo del vuoto per isolare i segmenti di tubo e per fornire una ripressurizzazione sicura, le sottostazioni elettriche e gli hub di comunicazione saranno probabilmente collocati insieme alle zone di rifugio di emergenza. La pressione dell'aria all'interno del tubo verrebbe ridotta per fornire grandi riduzioni della resistenza aerodinamica. Il partner di HyperloopTT per il vuoto, Leybold, fornirà una soluzione per il vuoto molto affidabile e quasi chiavi in mano per il sistema HyperloopTT. Questo sistema sarà ottimizzato per raggiungere l'obiettivo di pressione operativa nei tubi, minimizzando il consumo di energia e massimizzando il tempo di funzionamento. Leybold ha sviluppato una "unità standard per il vuoto HyperloopTT" che si inserisce in un container standard. Questo container conterrà tutte le pompe per il vuoto e le attrezzature ausiliarie (compresa l'elettronica e il raffreddamento) e può essere sostituito per la manutenzione fuori sede tramite collegamenti elettrici e a soffietto relativamente semplici.

Figura 2.16: Pompe a vuoto e alloggiamento modulare, per gentile concessione di HyperloopTT

Il sistema HyperloopTT è progettato per avere un'energia netta positiva nel corso di un anno.

Questo si ottiene attraverso movimenti efficienti della capsula dove la resistenza, anche ad alte velocità, è drasticamente ridotta attraverso l'uso della levitazione magnetica passiva e attraverso l'uso dell'ambiente a pressione ridotta all'interno del tubo. Inoltre, il sistema è in grado di generare energia attraverso pannelli solari e altre fonti rinnovabili. Infine, il sistema è in grado di recuperare energia attraverso la frenata rigenerativa quando le capsule vengono rallentate.

I parchi solari verrebbero sviluppati in vari punti lungo il corridoio, secondo le necessità, in collaborazione con le comunità locali. Questo estenderebbe i benefici economici dell'HyperloopTT in comunità che potrebbero attualmente non possedere la domanda di viaggio necessaria per una stazione. Per i tubi HyperloopTT fuori terra, i pannelli solari sono integrati nel rivestimento del tubo. Per i segmenti sottoterra, le servitù possono permettere l'installazione di pannelli solari fuori terra. Gli edifici di servizio (ad esempio, i luoghi che ospitano i contenitori delle pompe a vuoto, l'elettronica di potenza e i rifugi di emergenza) sono anche luoghi adatti per il montaggio di pannelli solari sul tetto e per i parchi solari situati nelle vicinanze.

Il sistema di alimentazione di HyperloopTT è progettato per gestire molteplici sfide e per interagire favorevolmente con la rete elettrica esistente. L'attrezzatura primaria comprende inverter e trasformatori, dispositivi di compensazione della potenza reattiva e cavi per trasportare l'energia da fonti rinnovabili alla rete e fornire l'energia necessaria alla propulsione, al vuoto e ai sistemi della stazione. Le capacità di gestione dell'energia attiva assicurano un flusso prevedibile e coerente di energia da e verso la rete elettrica esistente.

Le opere civili per le stazioni HyperloopTT consisteranno nell'accesso al sito e nel livellamento; nella preparazione del sito per i servizi e le fondazioni; nella gestione delle acque piovane; nell'installazione della fornitura e del trattamento dell'acqua, nella raccolta, nel trattamento e nello smaltimento delle acque reflue; nell'installazione delle fondazioni degli edifici e dei piloni, nonché nelle strade e nei parcheggi temporanei e permanenti in loco. Queste strutture saranno progettate per soddisfare tutti i regolamenti locali e le condizioni del sito utilizzando le tipiche pratiche architettonico-ingegneristiche.

Stazioni Hyperloop

Le stazioni HyperloopTT saranno il punto focale del sistema HyperloopTT, dove convergono tutte le funzioni e le tecnologie di trasporto. La pianificazione delle stazioni considera l'esperienza completa del passeggero, includendo l'accesso, la conformità all'accessibilità, la sicurezza, il movimento, le strutture e i servizi, il tutto a sostegno dell'esperienza del passeggero in un design sostenibile e ad alta efficienza energetica.

Le lezioni apprese da decenni di esperienza nella pianificazione delle stazioni per varie modalità di trasporto riconoscono che le strutture per la movimentazione dei passeggeri devono soddisfare non solo i bisogni di oggi ma anche, per quanto possibile, le aspettative dei passeggeri di domani. HyperloopTT combina i migliori attributi della pianificazione delle strutture per i passeggeri degli aeroporti, dei sistemi di trasporto di massa, della ferrovia ad alta velocità e di altre tecnologie di trasporto, fornendo un alto livello di sicurezza, efficienza, economia e velocità del trasporto.

I concetti di design generale della stazione guidano i passeggeri attraverso le esperienze di arrivo e partenza. La segnaletica fisica di orientamento guida e rassicura ulteriormente i passeggeri che sono sulla strada giusta. La realtà aumentata è impiegata come wayfinding all'avanguardia per l'approccio e la navigazione personalizzata dei passeggeri. Passerelle mobili e rampe inclinate sono componenti e temi importanti dell'esperienza dei passeggeri di HyperloopTT. L'esperienza di un movimento fluido e senza sforzo, senza attese, è realizzata ed enfatizzata. I cancelli della stazione permettono il trasferimento efficiente di persone e merci dall'ambiente della stazione

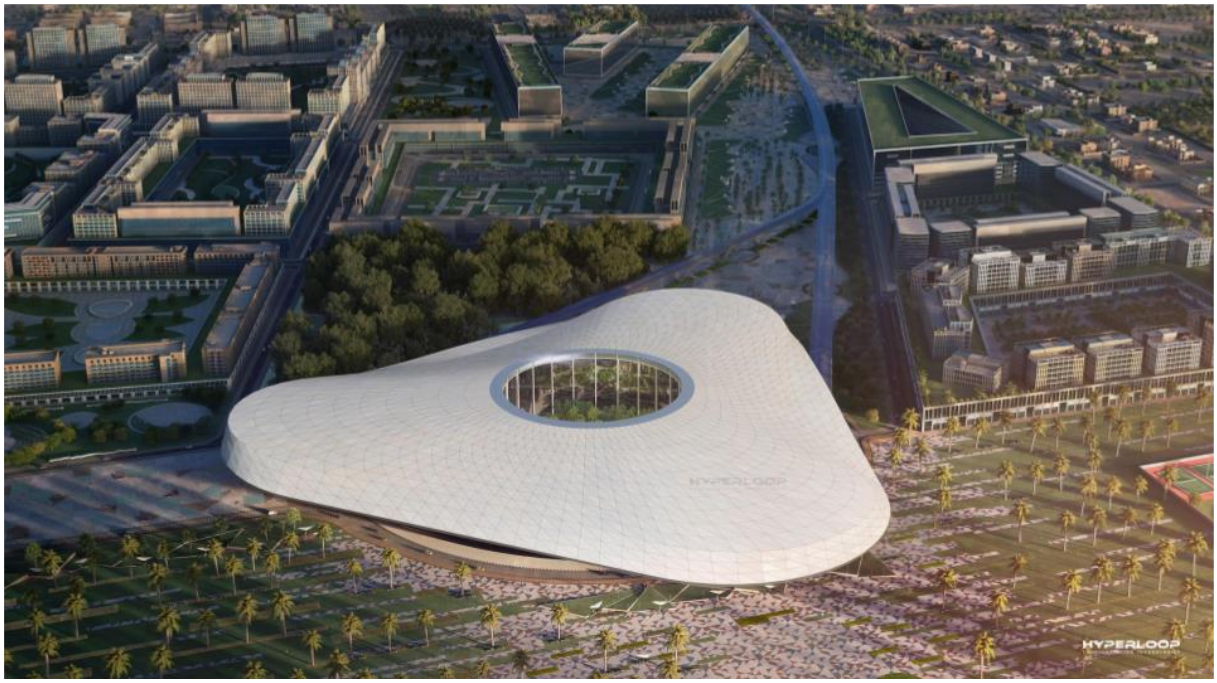


Figura 2.17: Station Concept Design, Fonte: HyperloopTT

all'ambiente della capsula prima della partenza e dopo l'arrivo. La ricarica rapida della batteria e il raffreddamento avvengono durante il processo di discesa e di imbarco.

La capsula naviga nella stazione su ruote motorizzate, con una guida autonoma simile a quella che si trova nei veicoli a guida autonoma nei porti, nei magazzini e in altri ambienti confinati e

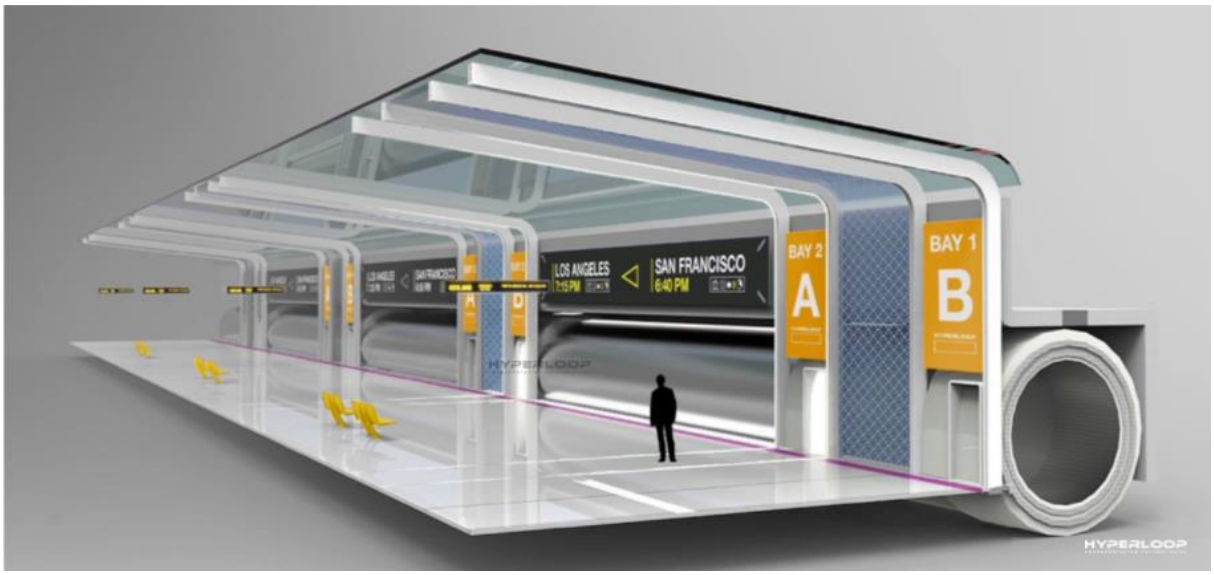


Figura 2.18: Station Concept Design, Fonte: HyperloopTT

controllati. Diverse configurazioni della stazione sono in fase di sviluppo come soluzioni modello e base comparativa per la progettazione e l'analisi. La stazione Dewdrop si ispira alla creazione di una geometria centrale per la guida dei passeggeri. I passeggeri possono camminare lungo la curva come forma efficiente di wayfinding. Le capsule che girano nella stessa direzione operativa dei passeggeri è una soluzione efficace per una capacità ad alta richiesta. Uno dei vantaggi del sistema HyperloopTT è la capacità di adattarsi ai sistemi e ai terminali esistenti. La stazione plug-in HyperloopTT è una strategia per aggiungere una nuova stazione a un tubo HyperloopTT esistente che collega i centri città, o per adattare un portale HyperloopTT a una stazione ferroviaria, una stazione di transito o un aeroporto esistenti.

Operazioni autonome

Il sistema HyperloopTT è autonomo, con la supervisione umana dei Centri di Controllo delle Operazioni. Il sistema è progettato per il funzionamento senza conducente di ogni capsula HyperloopTT. Questa autonomia è abilitata da molteplici sistemi funzionali interconnessi. Un sistema di controllo gestisce, comanda, regola e acquisisce dati da capsule, infrastrutture e stazioni. Un sistema di segnalazione assicura la sicurezza dei movimenti delle capsule utilizzando i principi delle moderne ferrovie e delle metropolitane. Un sistema di gestione del traffico pianifica, programma e ottimizza le operazioni. Un sistema di comunicazione scambia dati e coordina il controllo attraverso il sistema HyperloopTT. Il sistema integrato include il controllo e la supervisione delle stazioni, le operazioni di manutenzione e la risposta agli allarmi e alle situazioni di emergenza. Le informazioni rilevanti saranno comunicate ai passeggeri attraverso pannelli indicatori o comunicazioni digitali per migliorare la comodità dei passeggeri. Lo stato del sistema è monitorato per assicurare un pronto recupero in caso di irregolarità. Sono incluse funzioni per dare avvertimenti al personale di manutenzione sulla base del monitoraggio dello stato di salute distribuito in tutto il sistema. Viaggiare con HyperloopTT sarà facile come arrivare in una stazione e camminare direttamente fino al cancello, con una minima dipendenza da orari specifici. La pre-prenotazione e l'autorizzazione dei viaggiatori diventeranno la norma, che insieme all'integrazione con le opzioni di trasporto locale si combineranno per fornire una soluzione efficace per l'accesso ai trasporti e le connessioni dell'"ultimo miglio". Per garantire la sicurezza del sistema, sono previsti fino a 120 secondi di intervallo per il lancio iniziale delle operazioni di HyperloopTT, trasportando così fino a 30 capsule di passeggeri all'ora in ogni direzione, con l'obiettivo di ridurre l'intervallo e aumentare la capacità nel tempo con l'esperienza operativa e ulteriori valutazioni dei dati in servizio. L'infrastruttura della stazione e della metropolitana è progettata per supportare tempi di attesa fino a 40 secondi durante i periodi di punta. Le operazioni saranno programmate in modo dinamico sulla base di dati storici, prenotazioni avanzate e monitoraggio intelligente della domanda sull'infrastruttura di trasporto più ampia.

Sistema di comunicazione

Un sistema di comunicazione robusto, scalabile, sicuro e affidabile permette una guida stabile e autonoma guida delle capsule in tutto il tubo, garantendo sicurezza e comfort. Le capsule dovrebbero comunicare con un'unità di calcolo esterna che elabora i dati e aziona le capsule. Due tipi di comunicazione sono necessari secondo il regolamento europeo Hyperloop del 08-05-2021:

- La comunicazione dei dati dei sensori delle capsule e dei comandi da e verso un processore dati centralizzato. processore di dati centralizzato.
- La comunicazione relativa alle informazioni sulla posizione delle capsule tra la capsula e il tubo.

Inoltre, è in discussione se sarà necessario un terzo livello di comunicazione: la comunicazione da capsula a capsula.

Le sfide relative alla comunicazione della capsula con il mondo esterno e la raccolta di dati esistono ancora e devono essere affrontate per fornire una connessione affidabile e ad alta velocità tra la capsula e l'infrastruttura. Secondo studi recenti (Delft Hyperloop, 2019a; Hyperloop Connected, 2020; Tavsanoglu et al., 2021), è necessario affrontare alcune sfide, tra cui, ma non solo, le seguenti:

- Il tubo può impedire l'uso della comunicazione wireless. Nei tubi metallici a bassa pressione, le perdite sono previste a causa della permittività e conducibilità delle pareti. La manutenzione del sistema di comunicazione è più difficile in un ambiente a bassa pressione.
- La larghezza di banda della frequenza di lavoro. Il sistema di comunicazione hyperloop non sarà l'unico utente della larghezza di banda LTE (Long Term Evolution-Railway). La copertura senza interferenze è un argomento significativo, dato che altri servizi di comunicazione useranno frequenze diverse e una rete comune su più paesi è discutibile.
- Gli handover, che sono parte integrante del sistema di comunicazione mobile e a causa delle alte velocità della capsula, la connessione costante all'infrastruttura è impegnativa.
- L'effetto doppler, un aumento della velocità, porta ad un aumento della frequenza spostata che può portare alla perdita o all'errata interpretazione del segnale dati. La diffusione del ritardo dovrebbe essere variabile, a causa delle strutture in acciaio e in fibra di carbonio e delle riflessioni in elementi come porte intermedie, binari, antenne e qualsiasi discontinuità della superficie del tubo.
- Le perdite di penetrazione dovrebbero essere elevate, a causa dei materiali utilizzati per il tubo e la capsula, rispettivamente acciaio e compositi in fibra di carbonio. A causa della penetrazione, ci si aspetta che le perdite siano: nell'intervallo di 40-60 dB, il pod deve essere dotato di antenne esterne e ripetitori per fornire copertura all'interno. Tuttavia, un design appropriato, porte di accesso e di emergenza e altre connessioni del tubo dovrebbero ridurre le perdite di penetrazione.
- Le capacità MIMO (Multiple-Input e Multiple-Output) in ambienti di tunnel sono molto limitate, a causa delle caratteristiche di propagazione del canale, la difficoltà di posizionare le antenne con la separazione e l'orientamento ottimali e i diversi canali di propagazione sono altamente correlati.

- Cybersecurity, una preoccupazione crescente di molti sistemi infrastrutturali. Il sistema di comunicazione e i loro protocolli potrebbero essere compromessi da accessi esterni o interni non autorizzati (per esempio il cyberterrorismo) (AECOM, 2020). La cybersicurezza è una preoccupazione molto importante per lo sviluppo dell'hyperloop, poiché gli attacchi terroristici possono avere gravi conseguenze (Gkoumas & Christou, 2020a), mentre la sorveglianza su distanze molto lunghe potrebbe essere molto impegnativa.

La comunicazione in fibra ottica è una tecnologia con un grande potenziale per risolvere le suddette sfide e la comunicazione wireless tra antenne con onde radio è considerata un'opzione opzione efficace per il trasporto dati senza fili (Delft Hyperloop, 2019a). Attualmente, il GSM-R (Global System for Mobile Communications-Railway) è il sistema di comunicazione primario per la maggior parte degli HSR. A causa di alcune limitazioni del GSM-R e della rapida crescita dei servizi ferroviari, LTE-R deve essere considerato come il sistema di comunicazione della prossima generazione, fornendo capacità per la trasmissione dei dati e i servizi ai passeggeri come l'accesso a Internet e la voce di alta qualità o trasmissione video mobile (Ai, 2014). Migliorando le tecnologie attuali e creando nuovi protocolli di comunicazione, come il 5G, possono portare a importanti progressi nelle prestazioni di comunicazione dell'Hyperloop. Un sistema di comunicazione in grado di operare con alta capacità e qualità del servizio può essere fattibile, ottimizzando la comunicazione design utilizzando i recenti progressi tecnologici, come Wi-Fi 6 e 5G New Radio, così come, creando un ambiente di test di comunicazione che permetta una progettazione utilizzando i recenti progressi tecnologici, come Wi-Fi 6 e 5G New Radio, così come, creando un ambiente di test di comunicazione che permette di emulare il funzionamento di sistemi di comunicazione a velocità mobili fino a 1.200 km/h (Tavsanoglu et al., 2021)

Hyperloop History: 2 secoli di storia del trasporto pneumatico

Elon Musk non è stato il primo studiare e suggerire una mobilità del futuro basata su un sistema di trasporto pneumatico.

Come sottolineato da "io9", fonte di storia della tecnologia dei sistemi ferroviari, il concetto alla base di Hyperloop è stato originato alla fine del XVII secolo con l'invenzione del primo vuoto artificiale al mondo, che ha portato alla progettazione (mai terminata) di "sistemi rapidi di transito sotterranei" spinti dall'aria pressurizzata nelle decadi successive.

Nel 1799 l'inventore George Medhurst[1] propose un progetto in cui si poteva trasportare merci attraverso tubi di ghisa, spinti dall'aria usando l'aria compressa. Nel 1844[2] costruì a Londra una stazione (per carrozze passeggeri) basata sul sistema pneumatico che operò fino al 1847.

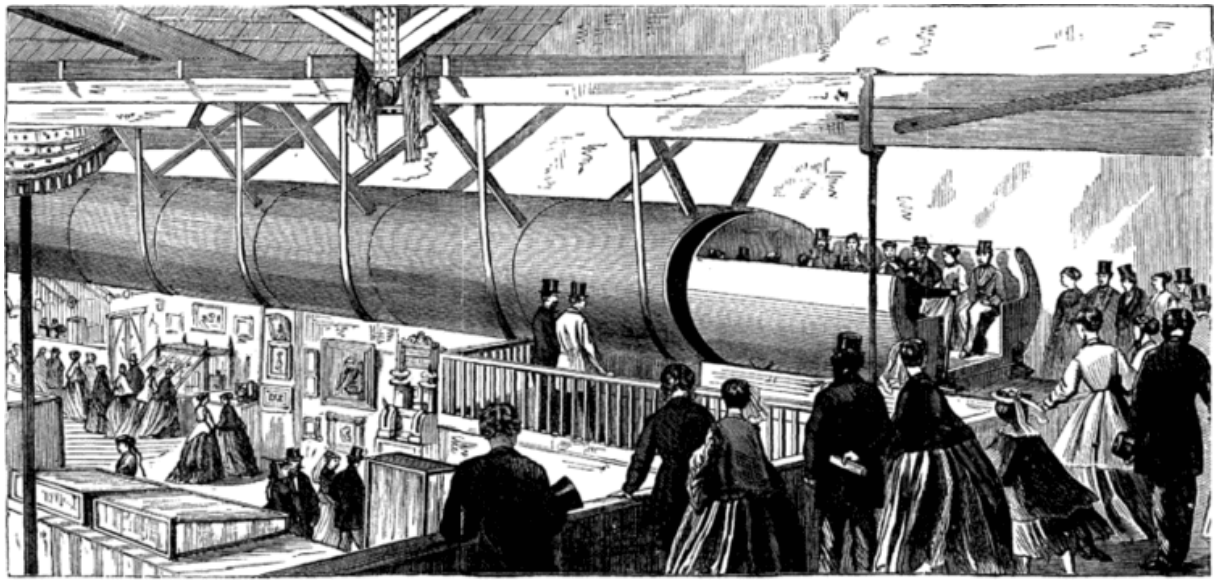


Figura 2.19: Station Concept Design, Fonte: HyperloopTT

Durante gli anni '50 del 1800 vennero costruite diverse ferrovie pneumatiche a Dublino, Londra e Parigi. Un esempio è sicuramente "Il London Pneumatic Despatch" che era concepito per il trasporto di pacchi, ma era grande abbastanza per trasportare anche persone. Per pubblicizzarne l'apertura il Duca di Buckingam ci viaggiò al suo interno nel 1865.

---

[1] George Medhurst (1759-1827) è stato un ingegnere meccanico e inventore, che ha aperto la strada all'uso dell'aria compressa come mezzo di propulsione. Le sue idee portarono direttamente allo sviluppo della prima ferrovia atmosferica.

[2] Nel 1810 pubblicò *Un nuovo metodo per trasportare lettere e merci con grande certezza e rapidità per via aerea* , ma non brevettò l'idea. Questo fu seguito nel 1812 dai suoi *Calcoli e osservazioni tendenti a dimostrare la praticabilità, gli effetti e i vantaggi di un piano per il trasporto rapido di merci e passeggeri su una strada di ferro attraverso un tubo di 30 piedi nell'area dalla potenza e dalla velocità dell'aria* . Ha anche immaginato carrozze che corrono su rotaie, azionate da un tubo continuo sotto le rotaie, come sarebbe poi accaduto nella ferrovia atmosferica. Nessuna di queste idee è stata messa in pratica all'epoca. Poco prima della sua morte nel settembre 1827 Medhurst tornò all'idea della propulsione pneumatica con la pubblicazione di*Un nuovo sistema di trasporto interno, per merci e passeggeri... con la velocità di sessanta miglia in un'ora... senza l'aiuto di cavalli o di qualsiasi forza animale.*

Proprio in quel periodo, si legge sul sito della storia del treno pneumatico, lo scrittore francese Jules Verne pubblicava "Parigi nel XX secolo"[3], che prevedeva treni percorrenti tubature attraverso l'Oceano Atlantico.

A metà del decennio tra il 1860-1870, la società inglese South London costruì la ferrovia denominata "atmosferica Crystal Palace", che correva attraverso un parco. Una ventola di quasi 7 metri di diametro spingeva il treno. Al ritorno le pale della ventola venivano invertite, e la carrozza era risucchiata all'indietro.

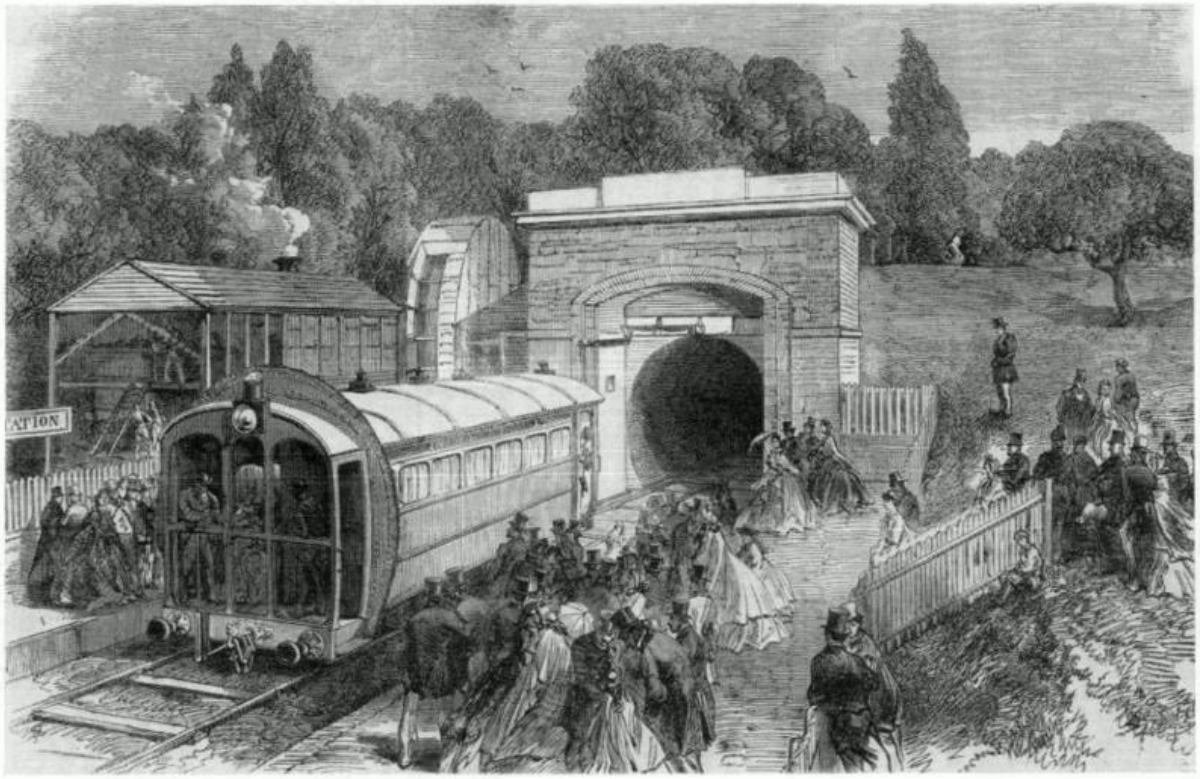


Figura 2.20: Station per la salita passeggeri al Crystal Palace, Fonte: Hyperloop Hystory https://metadimensione.it/approfondimenti/hyperloop-200-anni-di-storia/

La Beach Pneumatic Transit, che operò a Manhattan dal 1870 al 1873, fu il sistema predecessore della metropolitana a New York City. Disegnata da Alfred Ely Beach[4], aveva una fermata e una singola navetta che utilizzava l'aria compressa per trasportare i passeggeri.

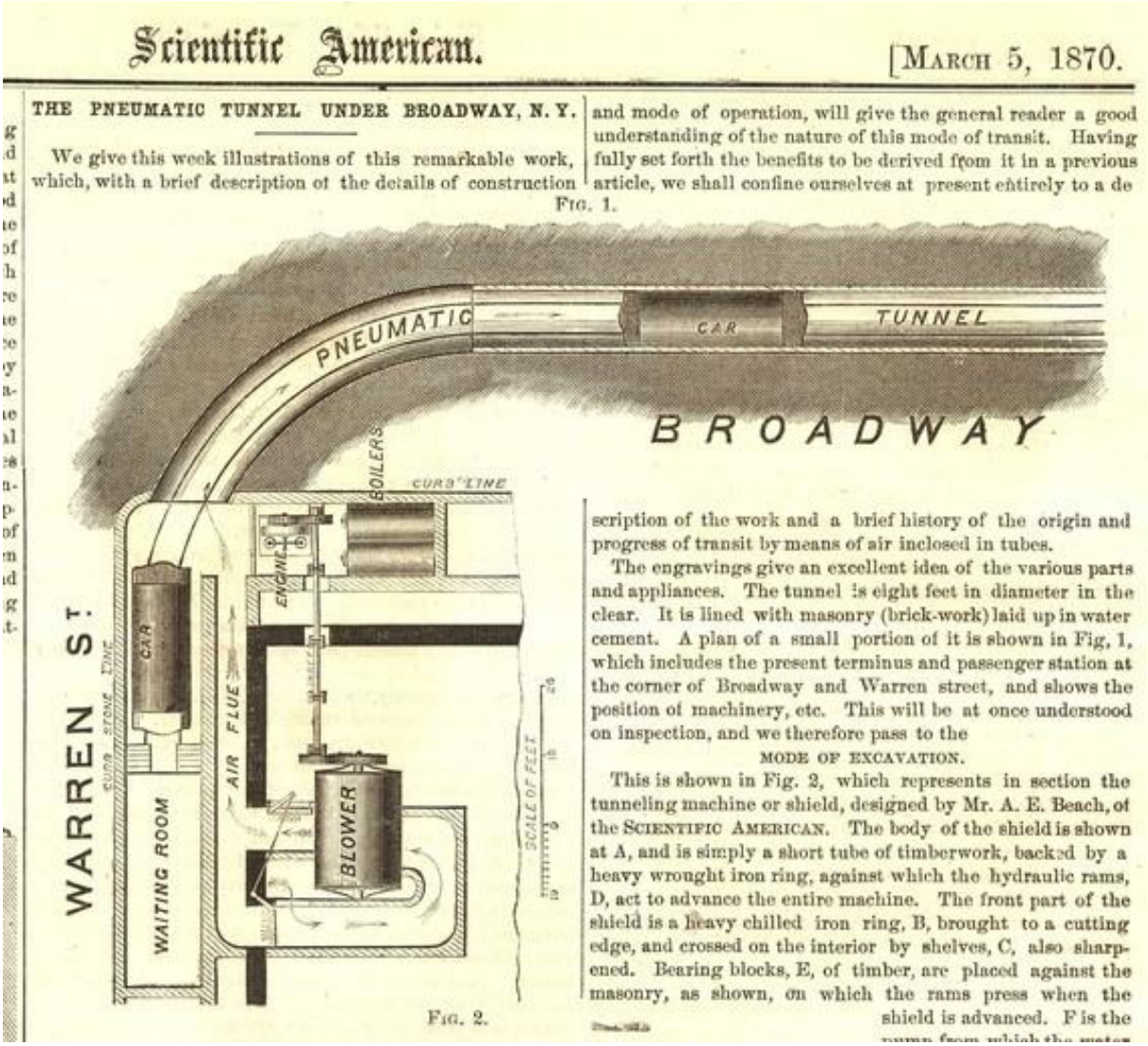
L'idea, nonostante l'opposizione di importanti proprietari di proprietà (tra cui John Jacob Astor), passò attraverso le leggi nella legislatura dello Stato di New York nel 1871 e nel 1872; quei disegni di legge sono stati alla fine posti il veto dal governatore dello stato, tuttavia, sulla base del fatto che una metropolitana pneumatica sotterranea non sarebbe stata in grado di offrire un risarcimento sufficiente - alla città o allo stato[5].

---

[33] *Parigi nel XX secolo* (*Paris au XXe siècle*) è un romanzo di fantascienza dell'autore francese Jules Verne, scritto nel 1863 e pubblicato postumo nel 1994.

[4] Negli anni 1860, l'inventore americano Alfred Ely Beach iniziò a proporre un sistema di trasporto rapido sotterraneo per alleviare la congestione del traffico in superficie di New York. Beach ha modellato il suo design sulla base della Metropolitan Railway di Londra; la sua visione differiva, tuttavia, in quanto i treni proposti da Beach sarebbero stati azionati da pneumatici invece che da motori a vapore.

[5] Informazioni storiche tratte dal sito The Atlantic https://www.theatlantic.com/technology/archive/2013/08/pneumatic-tubes-a-brief-history/278604/



Scientific American. [March 5, 1870.

THE PNEUMATIC TUNNEL UNDER BROADWAY, N. Y.

We give this week illustrations of this remarkable work, which, with a brief description of the details of construction and mode of operation, will give the general reader a good understanding of the nature of this mode of transit. Having fully set forth the benefits to be derived from it in a previous article, we shall confine ourselves at present entirely to a description of the work and a brief history of the origin and progress of transit by means of air inclosed in tubes.

The engravings give an excellent idea of the various parts and appliances. The tunnel is eight feet in diameter in the clear. It is lined with masonry (brick-work) laid up in water cement. A plan of a small portion of it is shown in Fig. 1, which includes the present terminus and passenger station at the corner of Broadway and Warren street, and shows the position of machinery, etc. This will be at once understood on inspection, and we therefore pass to the

MODE OF EXCAVATION.

This is shown in Fig. 2, which represents in section the tunneling machine or shield, designed by Mr. A. E. Beach, of the Scientific American. The body of the shield is shown at A, and is simply a short tube of timberwork, backed by a heavy wrought iron ring, against which the hydraulic rams, D, act to advance the entire machine. The front part of the shield is a heavy chilled iron ring, B, brought to a cutting edge, and crossed on the interior by shelves, C, also sharpened. Bearing blocks, E, of timber, are placed against the masonry, as shown, on which the rams press when the shield is advanced. F is the

Figura 2.21: Scientific american, tunnel pneumatico per Broadway e N.Y. del 5 Marzo 1870 Fonte: The Atlantic https://www.theatlantic.com/technology/archive/2013/08/pneumatic-tubes-a-brief-history/278604/

Alla fine del XIX secolo la maggior parte delle città utilizzava sistemi di tubi pneumatici per il trasporto di posta e altri messaggi. Ne esistono ancora oggi all'interno di banche, ospedali e fabbriche.Il sistema di posta pneumatica dell'ufficio postale di New York all'inizio del XX secolo. La NASA cominciò ad utilizzare tubi pneumatici come sistema di comunicazione intra-ufficio negli anni '60.

Nel 1910 il pioniere della missilistica Robert Gaddard[6] progettò un treno che avrebbe collegato Boston con New York in 12 minuti. Anche se non venne mai costruito, avrebbe dovuto levitare magneticamente all'interno di un tubo sottovuoto.

[6] Robert Hutchings Goddard (Worcester , Massachusetts , 5 ottobre del 1882 - Baltimora , Maryland , ottobre agosto del 1945) è stato un ingegnere, professore, fisico e inventore americano che è accreditato con la creazione del primo razzo a combustibile liquido , [1 2] lanciato con successo il 16 marzo 1926. Tra il 1926 e il 1941, Goddard e la sua squadra lanciarono 34 razzi, [3] raggiungendo altezze fino a 2,6 km e velocità prossime a 885 km/h.

Figura 2.22: Scientific american, tunnel pneumatico di Robert Goddard Fonte: The Atlantic https://www.theatlantic.com/technology/archive/2013/08/pneumatic-tubes-a-brief-history/278604/

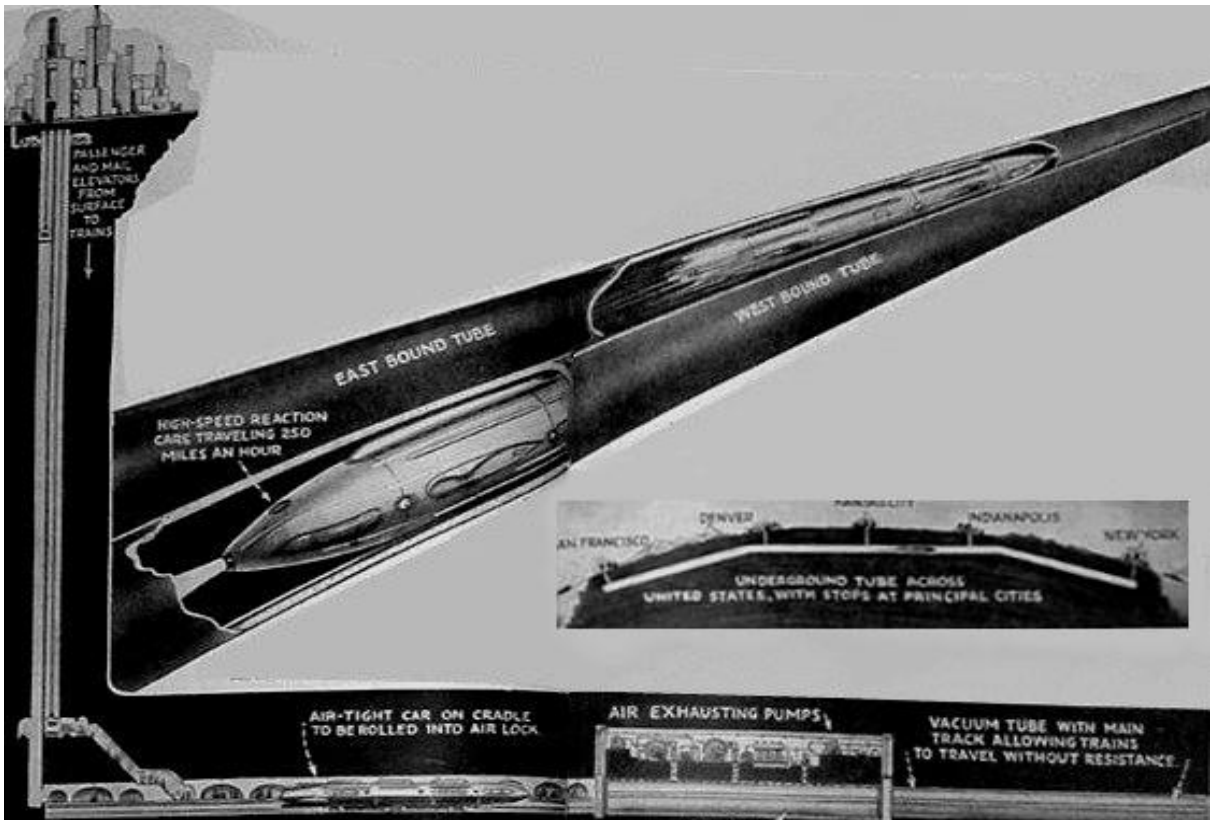


Figura 2.23: Scientific american, tunnel pneumatico di Robert Goddard Fonte: The Atlantic https://www.theatlantic.com/technology/archive/2013/08/pneumatic-tubes-a-brief-history/278604/

Durante tutto il XX secolo gli scienziati e gli scrittori di fantascienza hanno immaginato sistemi di trasporto che avrebbero funzionato come Hyperloop. Nel 1956, per esempio, il racconto “Double Star” di Robert Heinlein parlava proprio di “vacutubes”.

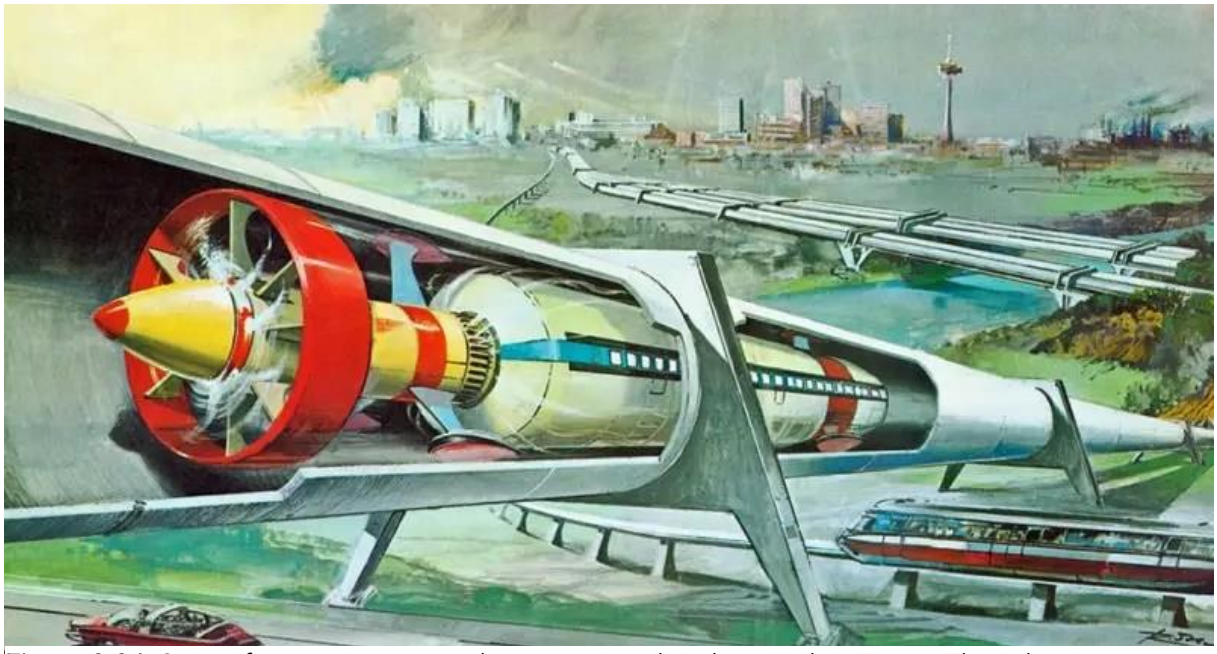


Figura 2.24: Scientific american, tunnel pneumatico di Robert Heilein Fonte: The Atlantic https://www.theatlantic.com/technology/archive/2013/08/pneumatic-tubes-a-brief-history/278604/

NASA è proprio come qualsiasi ufficio: prima che i computer fossero diffusi per la comunicazione all'interno dell'ufficio, i tubi pneumatici facevano il trucco. Nell'immagine qui sotto - Centro di controllo della missione della NASA durante la missione Apollo 13 - puoi vedere i contenitori dei tubi pneumatici nella console a destra.

Figura 2.25: Scientific american, tunnel pneumatico per la trasmissione informazione con tubi pneumatici alla NASA durante la spedizione di Apollo 13 Fonte: The Atlantic https://www.theatlantic.com/technology/archive/2013/08/pneumatic-tubes-a-brief-history/278604/

Nei primi anni 2000 la startup di trasporti ET3[7] progettò un treno pneumatico a levitazione magnetica. Il progetto[8] prevedeva delle capsule grandi come automobili che avrebbero dovuto viaggiare in tubi sospesi.

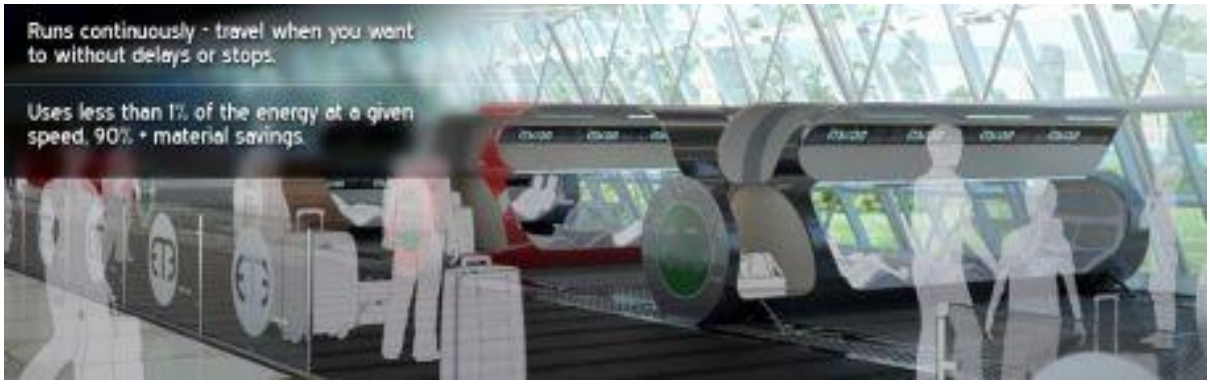


Figura 2.26: Scientific american, ET3 project Fonte: The Atlantic https://www.theatlantic.com/technology/archive/2013/08/pneumatic-tubes-a-brief-history/278604/

Il progetto Foodtubes, svelato nel 2010, richiamava un design similare, tranne per il fatto che il network di tubi avrebbe dovuto essere sotterraneo e avrebbe trasportato cibo. I contenitori avrebbero dovuto viaggiare a 100km/h nel sistema, che sarebbe costato 4 milioni di euro al chilometro nel Regno Unito (ma il progetto rimase solo sulla carta).

Figura 2.27: *Scientific american*, *ET3 project* Fonte: *The Atlantic* https://arstechnica.com/tech-policy/2010/12/want-fries-with-those-packets-introducing-foodtubes/

[7] La velocità nei sistemi ET3 iniziali è di 600km/h (370 mph) per viaggi interni e arriverà a 6500 km/h (4000 mph) per i viaggi internazionali che permetteranno il trasporto di passeggeri e merci da New York a Beijing in 2 ore. ET3 è collegato come le autostrade, ma le capsule sono indirizzate automaticamente dall'origine alla destinazione.

[8] La missione di ET3 è fornire un mercato equo e aperto dove i licenziatari possono sfruttare con profitto il loro patrimonio per implementare ottimamente l'Evacuated Tube Transport e massimizzare il valore del trasporto per tutti.

Tre anni più tardi Elon Musk[9] pubblicò la sua proposta per Hyperloop in un "White Paper"[10] di 58 pagine. In base al progetto le capsule sigillate contenenti 28 passeggeri l'una sarebbero schizzate attraverso i tubi. Un viaggio tra New York City e Washington DC avrebbe richiesto 29 minuti, secondo un suo tweet del 2017.

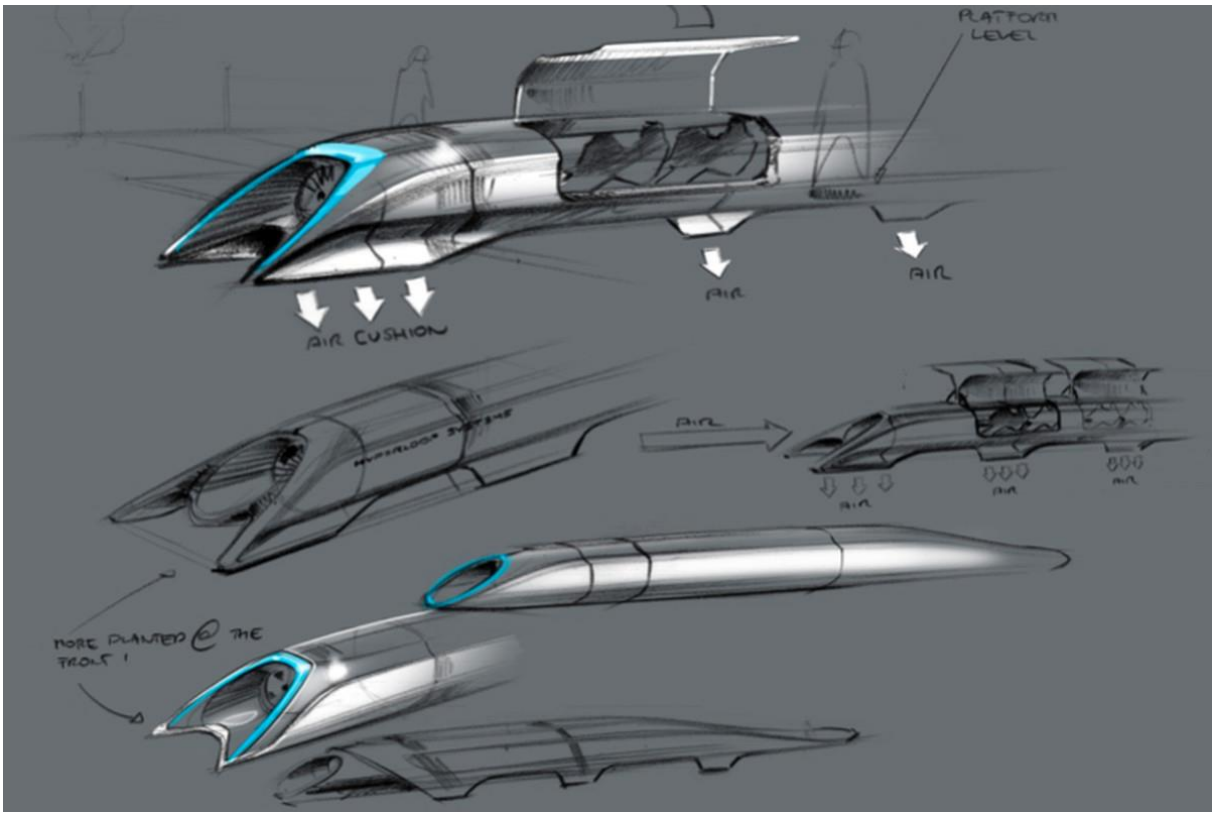


Figura 2.28: White paper by Elon Musk, Fonte: Tesla

Hyperloop Transportation Technologies, una startup nata per sviluppare il progetto di Musk, puntò su un tracciato di test lungo 8 km per Hyperloop nella Quay valley in California. La costruzione è cominciata nel 2016 e l'azienda puntava a raggiungere i 1200km/h.

Figura 2.29: White paper by Elon Musk, Fonte: Tesla

[9] Elon Musk è un imprenditore e uomo d'affari americano di origine sudafricana che ha fondato X.com nel 1999 (che in seguito è diventato PayPal), SpaceX nel 2002 e Tesla Motors nel 2003. Musk è diventato un multimilionario alla fine dei vent'anni quando ha venduto la sua start-up società, Zip2, a una divisione di Compaq Computers. https://www.biography.com/business-figure/elon-musk#:~:text=Elon%20Musk%20is%20a%20South,a%20division%20of%20Compaq%20Computers.

[10] https://www.tesla.com/sites/default/files/blog_images/hyperloop-alpha.pdf

Nel Luglio 2017 una startup chiamata Hyperloop One (oggi Virgin Hyperloop One) ha testato con successo un sistema in scala 1:1 nel suo tracciato di test in Nevada. Grazie alla levitazione magnetica il veicolo ha raggiunto una velocità massima di 110km/h. L'azienda spera di raggiungere i 400km/h come prossimo step.

Figura 2.30: Giornalisti e ospiti osservano i tubi dopo un test di propulsione all'aperto presso Hyperloop One a North Las Vegas, Nevada, 11 maggio 2016. Fonte: Insider

Il 16 novembre 2020 il treno ultra veloce della Virgin Hyperloop[11], ha effettuato il primo test con due persone a bordo. I due passeggeri sono il CTO e co-founder dell'azienda, Josh Giegel, e Sara Luchian, Director of Passenger Experience.

È stato il primo test al mondo dell'azienda fondata dal milionario Richard Branson[12] ha trasportato degli esseri umani. I giornalisti ne hanno parlato e scritto come una svolta epocale poiché si è trattato di un'esperienza alquanto futuristica.

Il test è stato svolto nel deserto del Nevada, a pochi chilometri da Las Vegas, in un ambiente sperimentale e realizzato ad hoc per questa tecnologia. Il test track, ovvero un tubo lungo appena 500 metri e dal diametro di 3,3 metri chiamato DevLoop.

---

[11] Virgin Hyperloop (precedentemente Hyperloop Technologies , Hyperloop One e Virgin Hyperloop One) è una società americana di tecnologia dei trasporti che lavora per commercializzare il concetto di tecnologia ad alta velocità chiamato Hyperloop , una variante del treno a vuoto . La società è stata costituita il 1° giugno 2014 e riorganizzata e rinominata il 12 ottobre 2017.

[12]ir Richard Charles Nicholas Branson (Londra, 18 luglio come come 1950), 8 di solito citato come Richard Branson, è un miliardario uomo d'affari inglese; noto per il suo marchio Virgin , con più di 360 società che compongono il Virgin Group . 9 Branson ha avviato la sua prima azienda di successo all'età di 16 anni, quando ha pubblicato la rivista Student

Figura 2.31: Centro per test di propulsione all'aperto presso Hyperloop One a North Las Vegas, Nevada, 11 maggio 2016. Fotografo: Steve Marcus, Fonte: Virgin Hyperloop One

In questo tunnel a bassa pressione, dove è stato creato il vuoto, ha potuto viaggiare ad alta velocità Pegasus, il pod a due posti progettato da BIG, Bjarke Ingels Group e Kilo Design.

Figura 2.32: Centro per test di propulsione all'aperto presso Hyperloop One a North Las Vegas, Nevada, Capsula Hyperloop. 16 novembre 2020 Fonte: Virgin Hyperloop One

La capsula è stata costruita su misura pensando alla sicurezza e al comfort dei passeggeri, che hanno infatti raggiunto la destinazione senza problemi sia nel breve che nel lungo periodo.

Per il momento il pod ha viaggiato a una velocità di appena 160 km/h, ma in linea teorica questa tecnologia dovrebbe permettere di superare i 1200 km/h (per la precisione 1223 km/h). Il modello

di Pegasus adoperato in questo test misura circa 5 metri e pesa 2,5 tonnellate. La versione definitiva potrà ospitare tra le 23 e le 28 persone, ma all'occorrenza potrà essere convertita per il trasporto di merci o automobili.

Nel luglio 2020 Hyperloop Transportation Technologies e TÜV SÜD[13] annunciano la pubblicazione delle prime linee guida completa del settore per la sicurezza.

Il primo set di linee guida pubblicate nel 2019 ha ottenuto il feedback della Commissione Europea e del Dipartimento dei trasporti degli Stati Uniti.

Il documento contenente le linee guida delinea i principali standard di sicurezza[14] per i sistemi Hyperloop, compresi progettazione, costruzione e funzionamento

Tale documento costituisce un'importante pietra miliare che specifica i requisiti di sicurezza chiave per capsule, sistemi di trasmissione, sistemi di controllo ambientale e di sostegno alla vita e tubi, nonché le procedure di evacuazione in caso di emergenza

Le linee guida disponibili al pubblico giungono sulla scia della domanda recente di progetti per infrastrutture di trasporto sostenibili come Hyperloop da parte del Parlamento Europeo e dalla Camera dei Rappresentanti degli Stati Uniti

Figura 2.34: Hyperloop Transportation Technologies e TÜV SÜD, Fonte: TÜV SÜD

[13] I TÜV (*T echnischer Ü berwachungs- V erein*) sono organismi di certificazione tedeschi che cercano di prevenire gli esseri umani e l'ambiente dai pericoli che provengono da fabbriche e meccanismi di ogni tipo. In qualità di consulenti indipendenti, esaminano, tengono traccia di fabbriche , motori , installazioni elettriche e molti altri sistemi. Le numerose filiali dei certificatori TÜV possono anche apparire come certificatori di protezione ambientale.

[14] Nel corso della storia, le nuove tecnologie hanno rivoluzionato la società. Ma la nuova tecnologia crea anche incertezza finché non capiamo come funziona e come gestiamo il rischio. Dai motori a vapore della Rivoluzione industriale al nostro mondo moderno e iperconnesso, TÜV SÜD ha una comprovata esperienza di aziende partner e di ispirare le persone a fidarsi delle nuove tecnologie.

A febbraio 2021 la società di venture capital e investimenti Alchimia Spa, guidata da Paolo Barletta, è stata scelta da Virgin Hyperloop One (VH) come unico advisor per l'Italia nello sviluppo del progetto del treno a levitazione magnetica ad elevata velocità.

Figura 2.35: Hyperloop Virgin Test con pesone a bordo a Las Vegas, Fonte: Virgin Hyperloop

Quasi contemporaneamente la startup Hyperloop Italia ha presentava a Bologna il "Dipartimento Tecnologie Hyperloop" aperto da Silaw, l'advisor che l'ha seguita dal primo momento dello sbarco nel nostro Paese.

Figura 2.36: Hyperloop Transportation Technologies e Hyperloop Italia apertura Dipartimento Tecnologie Hyperloop Bologna, Fonte: Università degli studi di Bologna

A expo Dubai 2020[15] hanno partecipato tutti grandi nomi di Hyperloop ma principalmente 2 hanno riscosso successo mediatico la Zeleros, la ditta che sta progettando le capsule spagnole, e la DP WORLD, che ha puntato sul cargo.

Figura 2.37: Hyperloop capsula Zeleros a Expo dubai Fonte: Zeleros

Figura 2.38: Inaugurazione Expo Dubai 2020 con Virgin Hyperloop e DP WORLD uniti nella progettazione di CargoSpeed, Fonte: Virgin Hyperloop

[15] Expo 2020 Dubai è l'Esposizione Universale che si terrà negli Emirati Arabi Uniti dal 1 ottobre 2021 al 31 marzo 2022 ed è la prima Esposizione Universale che si svolge in un Paese arabo.

Progetti di corridoi Hyperloop nel mondo e in Europa

Hyperloop nel mondo

Molti sono i progetti nel mondo tra le diverse aziende Hyperloop che stanno cercando di accaparrarsi rotte e contratti con i diversi stati. Qui di seguito a titolo esemplificativo sono mostrate le tratte che l'azienda statunitense Hyperloop One ha studiato e sta programmando per il futuro in tutto il mondo.

Figura 2.39: Global challenge for World Design Hyperloop, Fonte: Hyperloop One

Hyperloop in America Hyperloop one propone 12 tratte: da Denver a Colorado in 6 min, la Rocky mountain di 500 km, da Portland a Seattle in soli 280 km , la Reno a Vegas in Nevada di oltre 700 km, Los Angeles -San diego di 180 km, la RMC da Cheyenne a Houston di oltre 1800 km , da Columbus a Pittsburgh di oltre 700 km, la Massachusetts road di oltre 150 km in soli 18 minuti, la

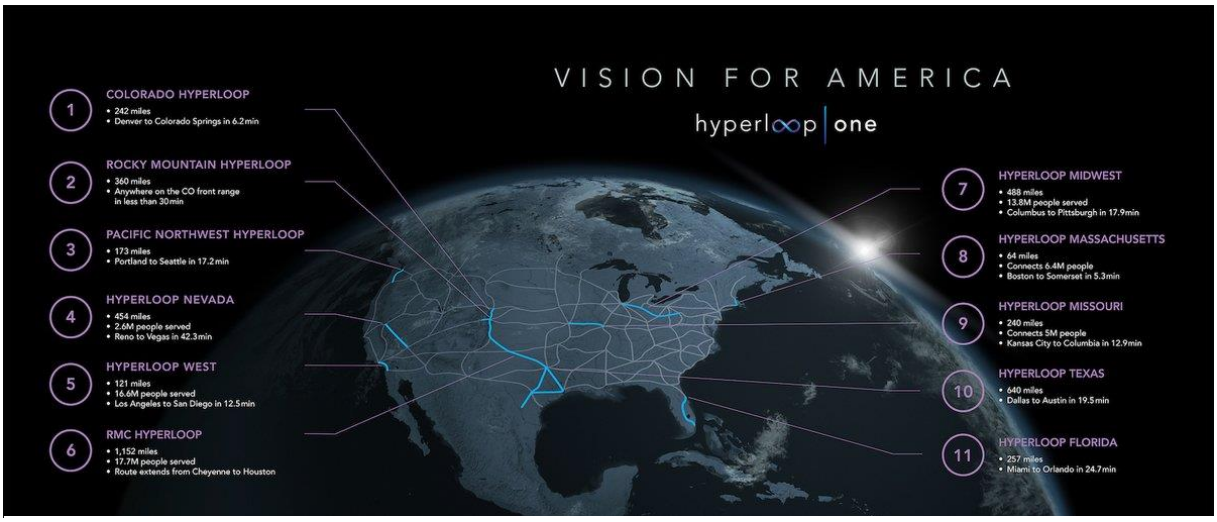


Figura 2.40: Vision for America Design Hyperloop, Fonte: Hyperloop One

Missouri da Kansas city a Colombia , in Texas una tratta da Dallas a Austin di 900 km e in fine in Florida da Miami a Orlando in soli 25 minuti

Hyperloop in Europa: Nove progetti europei confermati

Compreso quello sardo-corso, sono nove i progetti europei proposti oggi alla commissione di Hyperloop One: l'Olanda ha ipotizzato una rete di 428 km in 41 minuti, la Polonia prevede una tratta di 415 km da coprire in 37 minuti; la Germania 1991 chilometri in 142 minuti. Estonia e Finlandia pensano di collegare Tallinn con Helsinki (90 chilometri), Spagna e Marocco potrebbero connettere con Hyperloop Madrid e Tangeri (629 km in 47 minuti). In Uk, Scozia e Galles i progetti presentati sono tre: Cardiff-Glasgow (1060 km in 89 minuti), Glasgow-Liverpool (545 km in 47 minuti), Edimburgo-Londra (666 km in 50 minuti).

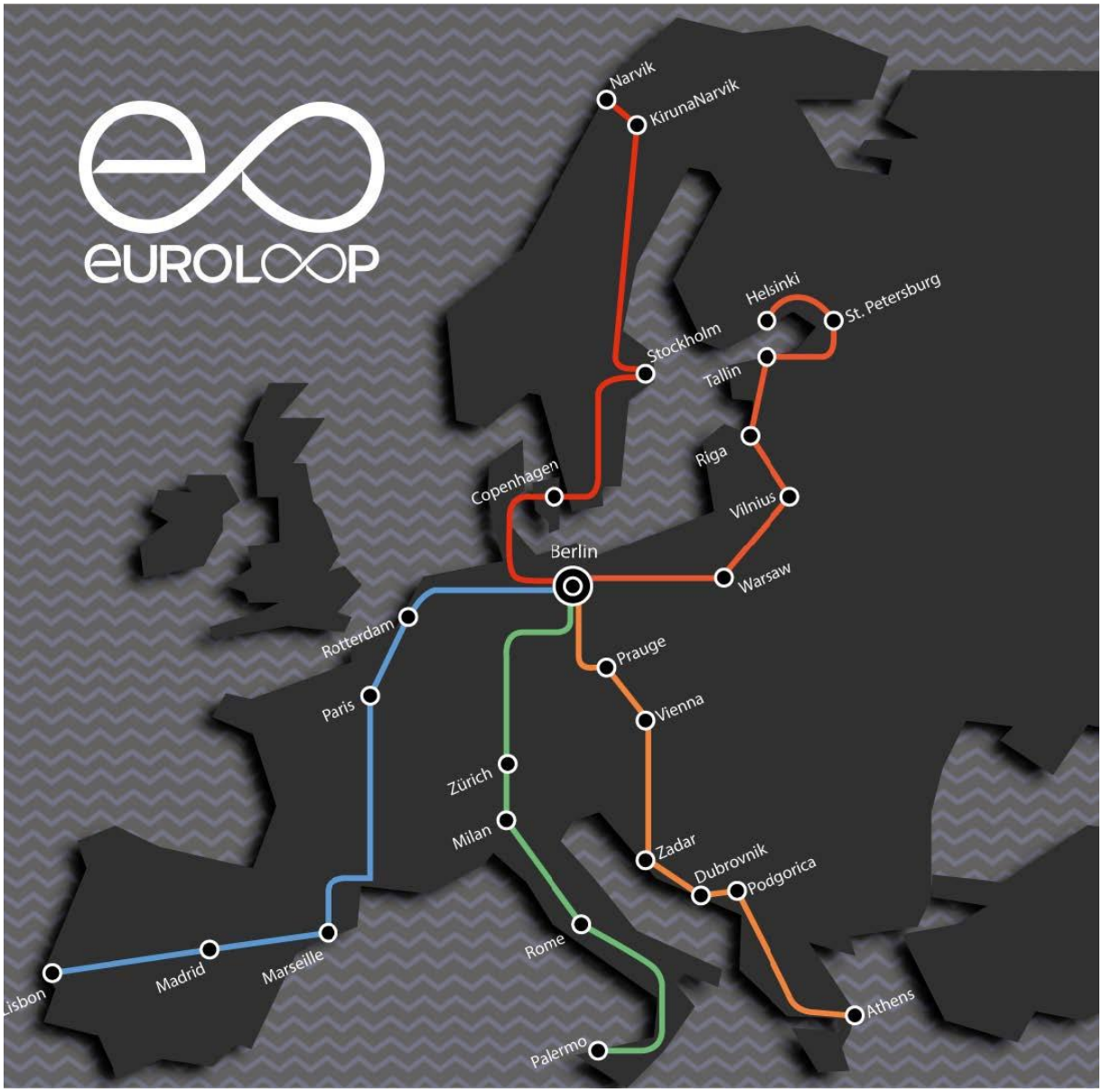


Figura 2.41 Europa percorsi per Hyperloop, Fonte: Hyperloop On

Strutture di ricerca e sviluppo di HyperloopTT in Europa

Le squadre di ingegneri di HyperloopTT e i partner industriali stanno analizzando, simulando, progettando e realizzando prototipi per assicurare la disponibilità della tecnologia. Un processo di convalida e verifica è condiviso con partner e fornitori al fine di confermare che i requisiti corretti sono stati specificati e che la tecnologia funziona insieme come previsto.

A partire da novembre 2019, HyperloopTT e i suoi partner hanno costruito un impianto di prova in scala reale che consentirà di testare in scala reale tutte le caratteristiche del sistema HyperloopTT, ad eccezione della velocità. Il centro di ricerca si trova a Tolosa, in Francia. Gli aspetti chiave dell'infrastruttura lineare, della propulsione, della capsula e delle caratteristiche di controllo autonomo sono già stati integrati e testati. La fusoliera della capsula passeggeri in scala reale è stata consegnata e testata. I segmenti del motore lineare in scala reale sono stati sottoposti a test iniziali e sono in corso ulteriori prove di integrazione. Il tubo d'acciaio ha un diametro di 13,1 piedi (4 m) e una lunghezza di 1.050 piedi (320 m). Il tubo si estende per 131,2 piedi (40 m) tra i supporti ed è collegato ad un'unità di vuoto standard HyperloopTT. L'unità del vuoto e le valvole di sfiato sono in grado di essere controllate autonomamente da un centro di controllo remoto.

Figura 2.42: HyperloopTT Toulouse Test & Certification Center, Fonte: HyperloopTT

Hyperloop Italia

Figura 2.47: Bipop Gresta, Fondatore di Hyperloop Italia Fonte: Hyperloop Italia

La tecnologia Hyperloop sbarca in Italia con un impegno diretto da parte di Bibop Gresta, fondatore dell'americana Hyperloop Transportation Technology (HTT). La HTT californiana è la prima società al mondo a sviluppare la tecnologia Hyperloop. Fondata nel 2013 da Bibop Gresta ed altri partners, HyperloopTT conta un team globale di più di 800 ingegneri, creativi ed esperti in tecnologia suddivisi in 52 team multidisciplinari e con 50 partner tra aziende e università. Con sede a Los Angeles (CA), HyperloopTT ha uffici in Nord e Sud America, in Medio Oriente ed Europa. Per l'Italia, Gresta e il nuovo team italiano sono già al lavoro su 6 progetti, a cui seguiranno altrettanti studi di fattibilità, da realizzare sul territorio italiano in tre regioni del Nord e tre del Sud Italia.

Con queste parole parole, il CEO Bibop ama descrivere Hyperloop: "L'infrastruttura Hyperloop è formata da un tubo che poggia su pilastri in calcestruzzo armato, con all'interno una capsula che trasporta persone o merci, sistema in grado di muovere persone o merci da un punto A a un punto B, in maniera efficiente, sostenibile ed economica". L'obbiettivo spiegò in un intervista a al corriere della sera nei primi mesi del 2018 l'italiano Gresta, " è di effettuare i test con questa capsula, Quintero 01 dell'Hyperloop Transportation Technology, di superare i test per la certificazione al trasporto di passeggeri, e inaugurare la prima tratta commerciale a Dubai per l'expo". A pochi giorni dall'apertura dei cancelli dell'expo di Dubai, causa la pandemia, non si è potuto provare la nuova tratta commerciale ma solamente assistere alla presentazione di tutte le nuove tecnologie per la capsula e il sistema indutrack che le varie aziende del settore hanno progettato e brevettato.

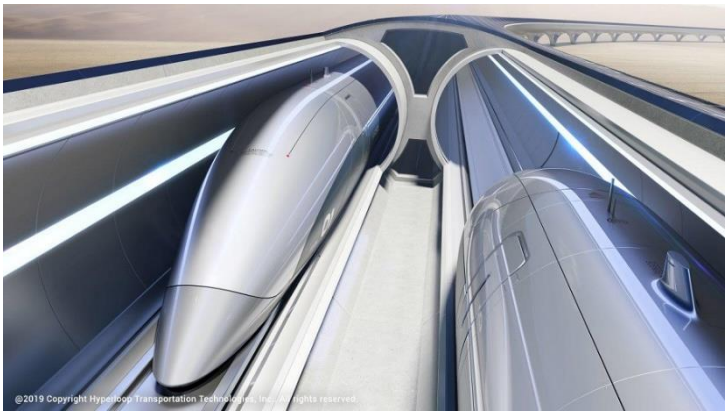


Figura 2.48: Render corridoio Hyperloop TT Fonte: Hyperloop Italia

L'azienda italiana ha instaurato rapporti commerciali con lo studio di architettura internazionale Zaha Hidd, con la quale sta iniziando a disegnare i criteri di progettazione di una linea hyperloop per passeggeri. Il Chief esecutive delle relazioni esterne Roberto Minerdo, in un intervista al sottoscritto ha spiegato i vantaggi che ci sarebbero con Hyperloop in italia: "Risolverebbe problemi che con altre infrastrutture non si può risolvere. L'obbiettivo è di sviluppare 2000 km hyperloop sul territorio italiano all'anno, sfruttando i corridoi relitto, per velocizzare la progettazione e l'esecuzione delle opere e ridurre le perdite di tempo che si avrebbe con l'esproprio dei terreni seguendo il classico cliques".

La strategia aziendale di Hyperloop Italia

Figura 2.49: Design Hyperloop by Zaha Hadid Architects for Hyperloop Italia Fonte: Hyperloop Italia

La partnership di ZHA con Hyperloop Italia continua la trentennale esperienza dello studio di architettura nella realizzazione di acclamati edifici civili e culturali come il Museo MAXXI di Roma e l'Olympic Aquatics Centre di Londra 2012. ZHA ha anche costruito infrastrutture di trasporto pluripremiate in tutto il mondo, tra cui la funicolare di Hungerburg Nordpark in Austria, la stazione ferroviaria ad alta velocità Napoli-Afragola, l'aeroporto internazionale di Pechino Daxing e la stazione di interscambio KAFD del nuovo sistema metropolitano di Riyadh, oltre al famoso ponte Sheikh Zayed ad Abu Dhabi e il ponte Danjiang attualmente in costruzione a Taipei.

Patrik Schumacher, Principal di *ZHA*, ha dichiarato: "*Non vediamo l'ora di collaborare con Hyperloop Italia; coniugando architettura trasformativa, ingegneria e pianificazione urbana con la rete di trasporti più efficiente e sostenibile per migliorare significativamente l'accessibilità, la connettività e il benessere nelle nostre città. Condividiamo l'approccio multidisciplinare di Hyperloop Italia che combina innovazioni nel design e nelle tecnologie operative. Il nostro progresso nella ricerca di materiali e sistemi costruttivi, ecologicamente corretti, ci consente di realizzare progetti a prova di futuro che siano spazialmente innovativi, strutturalmente efficienti e sostenibili dal punto di vista ambientale*".

Bibop Gresta, fondatore e amministratore delegato di Hyperloop Italia nonché co-fondatore di Hyperloop Transportation Technologies (HyperloopTT), ha dichiarato: "*Questo accordo segna un ulteriore passo in avanti per Hyperloop Italia e lo sviluppo della IVa Rivoluzione Industriale. Conferma il successo del Hyperloop Partnership Program lanciato il mese scorso da Hyperloop Italia per attirare i migliori talenti al mondo nello sviluppo delle tecnologie Hyperloop®.Siamo certi che Zaha Hadid Architects sia il partner giusto per consentire a Hyperloop Italia di promuovere l'eccellenza del design in architettura. La loro esperienza decennale e globale nel campo civile e nelle infrastrutture saranno essenziali per garantire che gli hub di trasporto di Hyperloop Italia siano intuitivi da navigare,*

sostenibili e completamente integrati nei loro contesti urbani. Ci impegniamo a costruire il sistema di trasporto più accessibile, conveniente e più sicuro al mondo utilizzando la nuova generazione di materiali con un alto contenuto proveniente da riciclo".

Andrea Minerdo, Chief Revenue Officer di Hyperloop Italia, è d'accordo: "*Dopo mesi di valutazione dettagliata, abbiamo stabilito una partnership che definirà la maggior parte dei progetti Hyperloop Italia nella penisola italiana, collegando le nostre comunità con la tecnologia di trasporto più veloce ed efficiente al mondo*".

Filippo Innocenti, Direttore di *ZHA,* ha aggiunto: "*Progettiamo con uno sguardo al futuro offrendo la massima considerazione per l'ambiente e per tutte le nostre comunità*".

Insieme a Gian Luca Barone, Project Architect di ZHA, ha osservato: "*ZHA ha costruito alcune delle architetture più celebrate al mondo, ma come italiani, siamo particolarmente orgogliosi di collaborare con Hyperloop Italia per fornire al nostro paese un mezzo di trasporto per il 21° secolo*".

È notizia di questi mesi post pandemia che la start-up italiana abbia parlato con ministri, funzionari delle ferrovie e dell'alta velocità per instaurare un dialogo sulla possibilità di iniziare delle collaborazioni e degli studi di fattibilità tecnico economica di alcune tratte Hyperloop per l'Italia.

Tra le tratte in questione sui giornali si parla della Milano Roma, un tratto di 530 km che attualmente viene percorsa con l'alta velocità in 3:30 ore e che si ridurrebbe a soli 30 minuti con Hyperloop. Un'altra tratta è quella di Malpensa- Milano Cadorna che dagli attuali 43 km si andrebbe a parlare solamente di 10 minuti, in questo caso l'azienda ha già stipulato un contratto con Trenord e ferrovie dello stato per la stesura di uno studio di fattibilità della tratta.

Si era sentito parlare della Torino Milano nel 2019 durante un incontro della tecnologia a Torino, ma ci furono dei diverbi di potenza tra l'ex sindaco Torinese Appendino e il sindaco di Milano B.Sala, portando ad un pugno di fumo l'occasione di vedere un Hyperloop per le olimpiadi di Milano Cortina 2026.

Quali obbiettivi chiave persegue la Hyperloop italia?

Ecco i principali punti che sono alla base della nascita di questa innovativa start-up italiana che sta puntando tutte le sue carte sul nuovo sviluppo di Hyperloop nel territorio italiano.

- Nelle intenzioni del fondatore Bibop Gresta, verranno utilizzate per il suo sviluppo, dalla ricerca per gli studi di fattibilità fino alla realizzazione delle opere, Partner industriali e competenze tutte locali.
- La grande novità è l'imminente l'arrivo, per la prima volta sul territorio italiano, di brand e tecnologia Hyperloop. In tutto il tempo che ha preceduto questo annuncio, sono stati effettuati numerosi incontri con soggetti istituzionali, industriali e del mondo della ricerca, per garantire quel retroterra necessario, affinché si raccogliesse il consenso istituzionale, industriale e i capitali da mettere in campo per un progetto di tale dimensione.

- Ci sono delle rotte già individuate per le quali è imminente l'avvio di studi di fattibilità funzionali allo sviluppo di progetti altamente tecnologici e innovativi, con condizioni territoriali e morfologiche che risultano favorevoli all'implementazione di Hyperloop.
- Attualmente sono 6 le ipotesi di sviluppo Hyperloop per le quali si potranno realizzare dettagliati studi di fattibilità e che riguardano l'intero territorio della penisola, e verranno coinvolti partner di primissimo livello per costruire la filiera tecnologica e di ricerca.
- Hyperloop in Italia, significa un sistema sostenibile che creerà occupazione stabile con l'uso di tecnologie esponenziali con fonti energetiche rinnovabili e infrastrutture altamente tecnologiche.
- Dichiarazioni di Bibop Gresta, CEO di Hyperloop Italia – "Sembrava fantascienza e ora diventa realtà. Oggi (il 29-01-2020) annunciamo la nascita della società italiana, interamente indipendente dalla multinazionale americana e a breve vi presenteremo il primo studio di fattibilità. Si potrà quindi partire concretamente, non più con annunci, ma con l'ideazione di concrete tratte italiane.

Così i componenti del gruppo di lavoro di Gabriele Gresta descrivono il lavoro che stanno svolgendo con l'azienda italiana:

Figura 2.50: Roberto Minerdo, Chief Institutional Affairs, Fonte: Linkedin

Dichiarazioni di Roberto Minerdo, Chief Institutional Affairs and External Communication Officer presso Hyperloop Italia - "Hyperloop non è il nuovo treno più veloce al mondo, ma bensì una capsula supersonica in grado di raggiungere una velocità di oltre 1223 km all'ora, ideata e progettata dai migliori specialisti del Pianeta. L'evoluzione del trasporto terrestre prenderà forma entro questo decennio, e sono orgoglioso di poter pensare che il mio Paese sarà tra i primi al mondo a viaggiare alla velocità supersonica. Hyperloop segnerà il punto di svolta tra la terza e la quarta rivoluzione industriale, utilizzando le tecnologie a disposizione nel XXIº Secolo per sviluppare un sistema di trasporto sicuro, efficiente e sostenibile."

Figura 2.51: Luca Finardi, Chief Operative Officer, Fonte: Hyperloop Linkedin

"Cambieranno gli stili di vita, le distanze saranno abbattute e le persone avranno più tempo per loro stessi, impiegando meno tempo per spostarsi da un punto all'altro della terra. Le città e i territori verranno ripensati in maniera positiva. È una evoluzione necessaria per ridurre l'inquinamento e migliorare la qualità della vita. Il nostro sistema produce più energia di quanto consuma e non provoca emissioni" dichiara con entusiasmo Bibop Gresta.

Dalle parole di Luca Finardi, Chief Operative Officer at Hyperloop Italia: "È in atto un vero cambiamento nel

mondo dei trasporti, prende forma e rivoluziona anche il modo di pensare il rapporto spazio-tempo. Per il futuro sono già al vaglio importanti ipotesi progettuali per 6 collegamenti a cui seguiranno altrettanti studi di fattibilità. Tratte per nulla antagoniste al sistema ferroviario e aereo, ma assolutamente complementari. Nei mesi che hanno preceduto questo annuncio, ho fatto decine di incontri con politici, partner industriali e operatori del settore, per capire se l'Italia fosse il Paese gusto per partecipare in prima linea a questa rivoluzione e devo dire che ancora una volta per competenza, capitali e tecnologie, questo Paese non è secondo a nessuno."

Con queste parole , Manuela Ronchi, Head of Communication and Special Projects Hyperloop Italia esordisce alle telecamere di Action Agency media: "Già nelle prossime settimane Hyperloop Italia, annuncerà l'avvio del primo studio di fattibilità italiano che auspichiamo, insieme agli altri progetti ipotizzati, potranno traghettare l'Italia nella 4a rivoluzione industriale, anzi possiamo essere ai vertici, come in passato siamo stati faro del rinascimento economico, artistico e infrastrutturale, nonché esempio per tutte le altre nazioni.

Figura 2.52 Manuela Ronchi, Head of Communication and Special Projects Hyperloop Italia, Fonte: Linkedin

Hyperloop Italia ha una sede Istituzionale a Roma e una sede operativa a Milano. Il suo sbarco in Italia è stato reso possibile grazie all'assistenza di SILAW Tax & Legal come Advisor, mentre lo sviluppo della comunicazione sarà supportato da un accordo con Business & Diplomacy.

Contesto Italiano, i corridoi relitto e il PNRR

L'Italia e i corridoi relitto

Il territorio italiano è ricco di infrastrutture ferroviarie, con dei percorsi tra i più antichi d'Europa dalla nascita della rotaia, per non parlare poi delle autostrade che al tramonto del secondo conflitto mondiale e la crescente richiesta di autoveicoli, si Sono viste costruire dopo la nascita della Repubblica Italiana su tutto il territorio nazionale, da nord a sud. Proprio a questi 2 momenti epocali si deve il nostro focus Odierno per la nascita della 5° modalità di trasporto. In quasi tutta la penisola italiana infatti, nella costruzione dei tracciati autostradali, ferroviari e dell'alta velocità ci si è sempre tenuti molto larghi con gli ingombri e gli espropri infatti prevedevano sempre grandi porzioni, molto superiori rispetto alle esigenze del momento. Questo modus operandi si basava su una crescita lineare dell'infrastruttura, dunque all'aumentare dell'utilizzo dell'autostrada, si aumentavano il numero di corsie e così via. Quindi per una questione meramente futura, le ampie aree espropriate utlizzate in un primo momento per la cantierizzazione dell'infrastruttura, in un secondo momento venivano utilizzate per un aggiunta di corsie all'infrastruttura aumentadone la capacità in termini di veicoli al giorno. Tutto ciò nel sistema odierno, con una grande quantità di inquinamento, sopratutto al Nord, ha trovato il suo punto di arresto.

Il vantaggio in termini oerativo-burocratico però è il seguente: essendoci stati molti progetti di aumento di carreggiate delle autostrade mai andati in porto, per mancanza di denaro nelle casse dello stato, per blocchi di progetti per furto di denaro pubblico da parte di imprese fantasma, oggi ci troviamo dei corridoi relitto di 20-40 metri tra le infrastrutture autostradali e le ferrovie. Questi spazi, prevalentemente Verdi, o in taluni casi trasformate in strade utilizzate dagli operatori per manutenzione stradale e ferroviaria, sono già di proprietà dei consorzi nati per le costruzione di queste grandi opere. Questo significa in termini di denaro, un grande risparmio per le case dello stato, e un grande risparmio in termini di tempo perchè significa che in italia il Sistema Hyperloop trova terreno fertile per una progettazione senza espropri e lotte in tribunale. Di concerto ciò si riflette in termini economico finanziari degli investimenti, si troveranno maggiori investitori se si ridurranno i tempi per la progettazione e la esecuzione dei progetti.

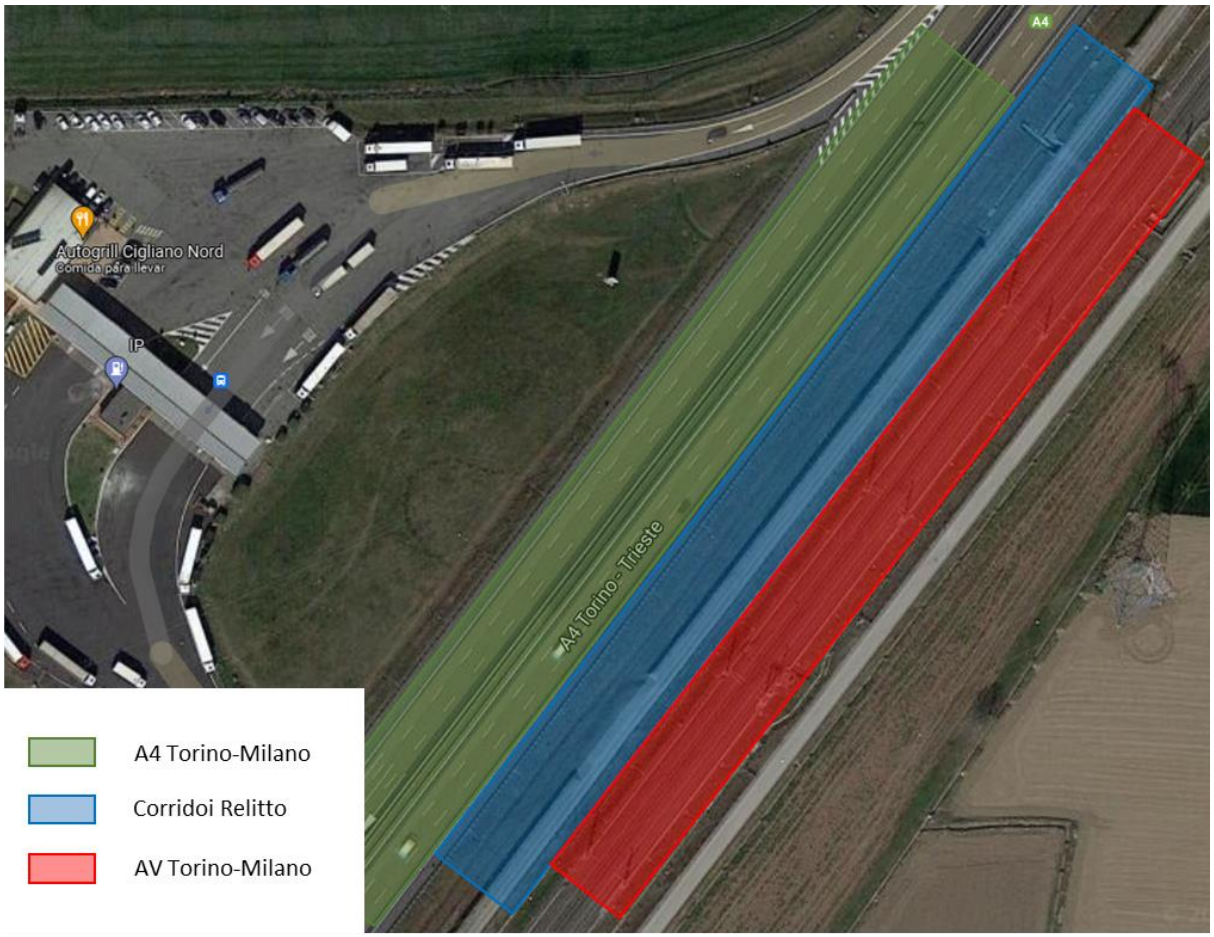


Figura 2.53: Immagine da satellite sulla conformazione dellla divisione di infrastrutture parallele all'autostrada A4 Torino – Milano , Fonte: Google maps

Addentrandoci in merito alle tratte che prenderemo in esame possiamo notare che sul tratto Torino Milano Venezia si dispone di questi corridoi relitto, e si parla di corridoi larghi dai 18 ai 25 metri, spazio in cui Hyperloop troverebbe la sua applicazione.
Facendo un analisi di massa sulle dimensioni di un corridoio Hyperloop, possiamo immaginarci, il caso limite, ovvero, 2 Tubi Hyperloop con diametro di 4 metri, con un corridoio centrale per la sicurezza e la manutenzione di almeno 2 metri netti, arriveremmo a un totale di 10 metri in larghezza, Alla quale se aggiungiamo ulteriori 2 metri esterni otteniamo ben 12 metri di larghezza dell'infrastruttura . E' facile dedurre che in una condizione come quella che abbiamo visto fin ora per I corridoi relitto, è possible rientrarci con le dimensioni senza problem. Si prende in considerazione sin da ora che lungo la tratta sono presenti alcuni cavalcavia o accessi e uscite dall'autostrada che per alcuni piccolo tratti occupano questi corridoi, e che l'intersezione dove abbiamo dei ponti andrebbe rivisitata poichè a macrolinee ci saranno delle intersezioni con diritto di prevalenza per Hyperloop dal momento che ha l'obbligo di avere tratte molto lunghe e con pendenze costanti per evitare di dover ridurre sensibilmente la velocità .

PNRR 2021 e finanziamenti per i progetti di mobilità sostenibile

Al punto 3.3.6 della prima versione del PNRR inviato dal Governo italiano alla Commissione Europea si parla delle riforme previste dall'Italia in campo energetico, in particolar modo riguardante "Trasporto rapido di massa". Ecco il testo riportato: "La misura prevede realizzazione di 195 km di rete attrezzata per le infrastrutture del trasporto rapido di massa come metro, tram, filovie, Bus Rapid Transit, incluso il materiale rotabile. Tra gli interventi già individuati vi sono quelli che coinvolgono Genova, Bergamo, Rimini, Firenze, Roma e Palermo. Inoltre, si prevede la realizzazione di ulteriori interventi per sistemi di trasporto rapido di massa. Gli interventi oggetto di questo secondo gruppo saranno individuati tramite una nuova manifestazione di interesse nei primi mesi del 2021."

Come scritto dalla prima versione, nei primi mesi del 2021 il governo ha dato ulteriori indicazioni in merito agli interventi riguardanti i sistemi di trasporto rapido di massa, ma questa volta in una nota del 16 marzo 2021 da parte del ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibile, il ministro Giovannini delinea i suoi obbiettivi che mira a raggiungere. Così divide le prerogative del suo ministero nel mandato:

"Per affrontare queste sfide si opererà simultaneamente su due direttrici."

"La prima, orientata alle necessità immediate: migliorare l'efficienza dei sistemi attuali di trasporto per ridurre i rischi e gli impatti negativi legati all'emergenza sanitaria; stimolare la ripresa economica e occupazionale, … "

"La seconda, per orientare tutte le scelte future alla realizzazione di infrastrutture più sostenibili e resilienti (in primo luogo ai rischi sismici e ai disastri naturali), in grado di ridurre le disuguaglianze esistenti e rispondere ai bisogni delle imprese e delle persone.

"In particolare, ci si concentrerà su:

1. *investimenti nell'edilizia sociale agevolata e per la qualità dell'abitare nonché nell'edilizia residenziale pubblica, in linea con gli obiettivi di efficienza energetica e di aumento del benessere delle persone, come previsto dall'Agenda urbana per lo sviluppo sostenibile;*

2. *lo sviluppo di sistemi integrati di trasporto per una mobilità sostenibile, a lunga percorrenza e locale, anche al fine di ridurre l'inquinamento nelle città e procedere nel percorso di decarbonizzazione; fondamentali in tale prospettiva sono:*

    2.1 lo sviluppo dell'alta velocità delle persone e delle merci, specialmente al Sud, e il simultaneo potenziamento del trasporto su base regionale, anche per garantire un vero diritto alla mobilità ai tanti pendolari che ogni giorno utilizzano il trasporto pubblico per recarsi al lavoro;

    2.2 il rinnovo in senso ecologico delle flotte per il trasporto su terra e via mare;

2.3 il rafforzamento dell'intermodalità e della logistica integrata, con particolare attenzione all'ammodernamento dei porti, anche in un'ottica di transizione ecologica;

3. il rafforzamento delle infrastrutture idriche primarie, anche per anticipare le problematiche derivanti dalla crisi climatica e migliorare così l'adattamento e la resilienza del nostro sistema."

Come possiamo notare dal testo scritto dal MIMS, e da numerose interviste fatte al Ministro Giovannini e al Ministro cingolani del Ministero della transizione energetica, c'è la volonta politico-istituzionale in Italia di investire nella mobilità del futuro come Hyperloop, di sostenerne la nascita, le certificazioni e l'applicazione in territorio italiano.

Ma quali punti sono veramente importanti per capire che strada perseguire per il Progetto di fattibilità di un Hyperloop in Italia, per aver accesso ai fondi del PNRR ?

Gli articoli 44 e 48 del decreto-legge 31 maggio 2021, n. 77, convertiti nella legge 29 luglio 2021, n. 108, stabiliscono, rispettivamente, una procedura accelerata per "grandi opere" sulla base del progetto di fattibilità tecnica ed economica (di seguito PFTE) e la facoltà per le stazioni appaltanti di affidare congiuntamente la progettazione ed esecuzione dei relativi lavori anche sulla base del medesimo PFTE in relazione alle procedure di affidamento a valere sulle risorse del Piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR) e del Piano nazionale per gli investimenti complementari (PNC).

Proseguendo nell'analisi, non si può dimenticare che:"l'ammontare dei fondi stanziati e le tempistiche previste per l'utilizzo dei fondi della *Resilience and Recovery Facility* e del *Fondo Complementare Nazionale* comportano da un lato l'esigenza di semplificare le procedure per accelerare i tempi della realizzazione delle opere ma, allo stesso tempo, impongono scelte mirate a garantire la qualità progettuale degli interventi." Così viene citato dal Ministro in un'intervista le grandi riforme strutturali messe in campo con la nuova normativa tecnica per la redazione dei progetti di fattibilità tecnica ed economica (PFTE).

Quali risorse economico finanziarie riconosce il PNRR alle infrastrutture, e quali requisiti bisogna soddisfare per accedere ai fondi?

In tal senso, il PNRR riconosce agli investimenti nelle infrastrutture un ruolo centrale per lo sviluppo e la coesione, prevedendo risorse inedite da destinare alla trasformazione del capitale infrastrutturale del Paese. Al contempo, coerentemente con le linee guida e le strategie adottate a livello europeo, il Piano nazionale promuove una visione integrata dello sviluppo ricercando un equilibrio sinergico tra dimensioni economiche, sociali e ambientali e gli aspetti di natura tecnico-realizzativa.
Il "*public procurement*", come indicato anche dalle raccomandazioni UE al nostro Paese, in questo senso è uno strumento formidabile di innovazione del modello produttivo, sia sul piano della programmazione per la individuazione preventiva delle infrastrutture pertinenti alle necessità del Paese (il "CHE COSA"), sia riguardo alle modalità per pervenire ad una adeguata progettazione e realizzazione di infrastrutture efficienti e sostenibili (il "COME"). Infrastrutture efficienti sotto il profilo tecnico-economico e sostenibili sotto i profili ambientale e sociale.

In questo contesto, l'accesso alle risorse finanziarie disponibili per i singoli progetti del PNRR è condizionato, tra le altre cose, a una rigorosa verifica dei potenziali impatti degli interventi sugli obiettivi ambientali (principio di "non recare danni significativi all'ambiente") prioritari in ambito dell'Unione così come definiti dal Regolamento (UE) 2020/852 (cd. "Regolamento Tassonomia" degli investimenti sostenibili) e richiamati esplicitamente anche nel Regolamento (UE) 2021/241 che istituisce il dispositivo di ripresa e resilienza.

La cornice europea in tema di cambiamenti climatici (che riguarda due dei sei macro-obiettivi del Regolamento (UE) 2020/852) è poi completata dalla Comunicazione CE (2021) 550 denominata "*Fit for 55: delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to climate neutrality*".
Come si legge dalle note dei documenti redatti dal MIMS, Il PNRR promuove un disegno di un **nuovo approccio rispetto alla progettazione, la realizzazione e la gestione di un'infrastruttura**, mettendo al centro la **sostenibilità** e l'**innovazione** in tutte le sue principali accezioni, estendendo tale principio ed attenzione anche all'efficientamento dei processi di trasporto e logistica funzionali alle varie fasi del progetto di realizzazione e di manutenzione ordinaria dell'opera, seppur non di diretta competenza della Stazione Appaltante (ma tuttavia qualificanti in termini di impatto sostenibile dell'opera stessa, per un punto di equilibrio tra territorio, imprese, committenza pubblica e istituzioni autorizzative).

Attraverso l'innovazione e lo sviluppo infrastrutturale, infatti, è possibile perseguire obiettivi ambientali e, al tempo stesso, ridurre i costi operativi, aumentare la produttività e l'efficienza, la sicurezza sul lavoro, l'inclusione e l'accessibilità.

Aspetto geomorfologico Italiano

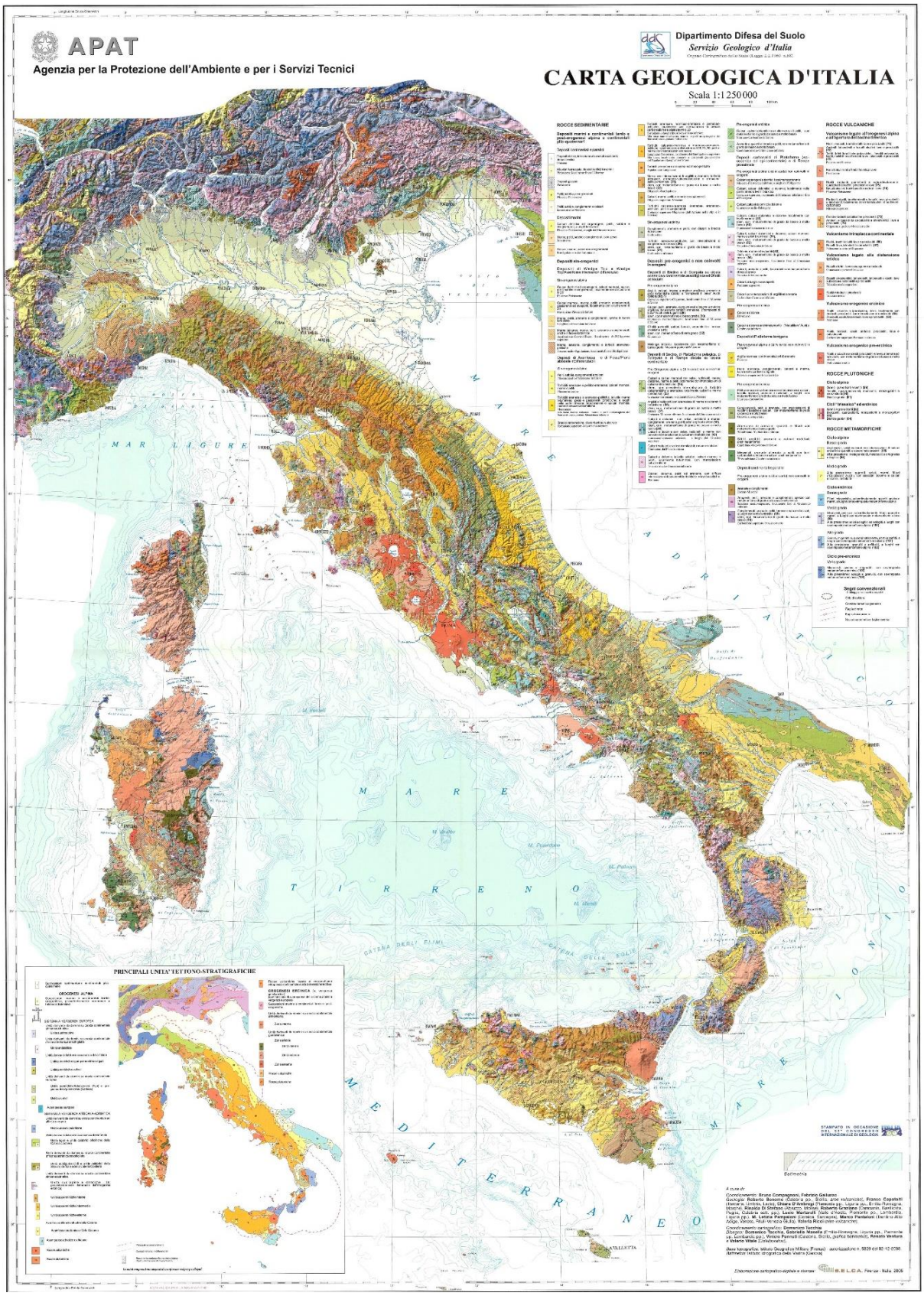


Figura 2.54 Carta Geologica d'Italia, Fonte: Apat

Lo studio e la descrizione della geologia italiana è molto complesso in quanto i confini geografici della "Regione geografica italiana" nella geografia fisica e in quella politica non coincidono con particolari confini di natura geologica. Per questo motivo, per descrivere la geologia italiana occorre spaziare da nord con la geologia delle alpi centrali che l'Italia condivide con la Svizzera fino a sud nel canale di Sicilia la cui geologia include quella dell'offshore tunisino, a ovest la geologia della Sardegna è parte di quella meridionale della Francia e tutt'uno con quella della Corsica, mentre a est le successioni calcaree dell'avampaese apulo proseguono nelle regioni della Dalmazia e nei Balcani e il dominio calcareo del sudalpino si estende fino alle Alpi dinaridi.

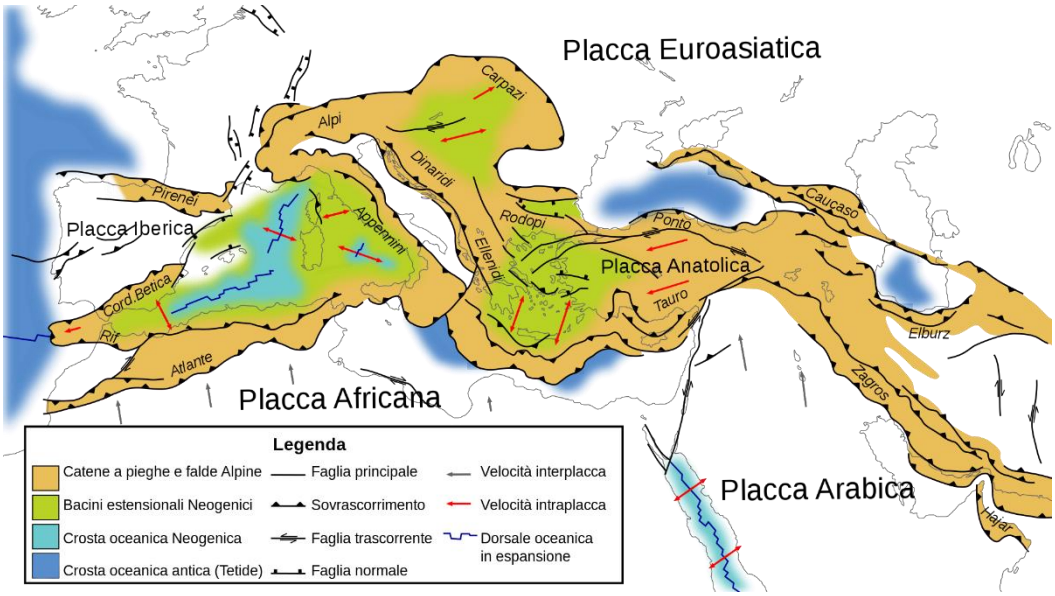


Figura 2.55 : Schema strutturale del Mediterraneo, Fonte Wikipedia

Per individuare le ragioni sulla formazione dell'assetto geologico del mediterraneo occorre fare un passo indietro per andare ad individuare le diverse stratificazioni del tempo:

1. La formazione del Mar Mediterraneo è avvenuta in tempi geologicamente recenti e il Mediterraneo costituisce il risultato dello scontro fra le placche africane-arabiche e quella europea che ne ha modellato la struttura geologica, e ha comportato la distruzione di gran parte della crosta oceanica della Tetide assieme a una sempre maggiore connessione di questo bacino con il sistema oceanico globale.
2. La penisola italiana risulta formata dal corrugamento generato della cintura orogenetica terziaria, detta catena Alpino-Himalaiana, formatasi durante l'orogenesi Alpina a seguito della chiusura della Tetide. Questa catena montuosa, formatasi da falde sovrapposte (chiamate thrust-belts nella letteratura in lingua inglese) inizia dalle montagne dell'Atlante, in Nord Africa, prosegue quindi per la Sicilia, gli Appennini, le Alpi, le Dinaridi, le Ellenidi, terminando nella catena Himalaiana. Connesso allo stesso evento si osserva la formazione di ampi bacini distensivi.

In questo contesto la penisola italiana separa il Mediterraneo in:

1. Mediterraneo occidentale, caratterizzato da aree in cui è attiva una tettonica distensiva e formazione di una nuova e giovane crosta di tipo oceanico, ovvero in corso di oceanizzazione.

2. Mediterraneo orientale con aree in cui è ancora presente una crosta oceanica tetidea e con bordi sismicamente attivi.

Nel suo complesso il presente assetto geologico è il risultato di numerosi eventi geologici connessi ai movimenti relativi di due placche litosferiche: quella africana e quella europea i cui margini frammentandosi durante i loro movimenti relativi di allontanamento con la formazione dell'oceano Tetide e quindi avvicinamento e conseguente della chiusura della Tetide e apertura dell'oceano Atlantico hanno dato origine a una serie di microplacche interposte, non sempre ben definite, e all'oceanizzazione in corso di una vasta area del Mar Tirreno e del bacino balearico a ovest della Sardegna. Questo assetto è sovraimposto a tracce di eventi legati a movimenti e scontri di placche litosferiche precedenti la formazione dell'attuale placca euroasiatica.

Di seguito si propone un'analisi del territorio italiano interessato dall'area entro la quale si presume si possa costruire l'infrastruttura. Essendo gran parte dell'area settentrionale si analizzerà in breve la geologia delle alpi e degli appennini riguardanti prevalentemente la liguria, in fine la pianura padana e la pianura veneta.

Geologia delle Alpi

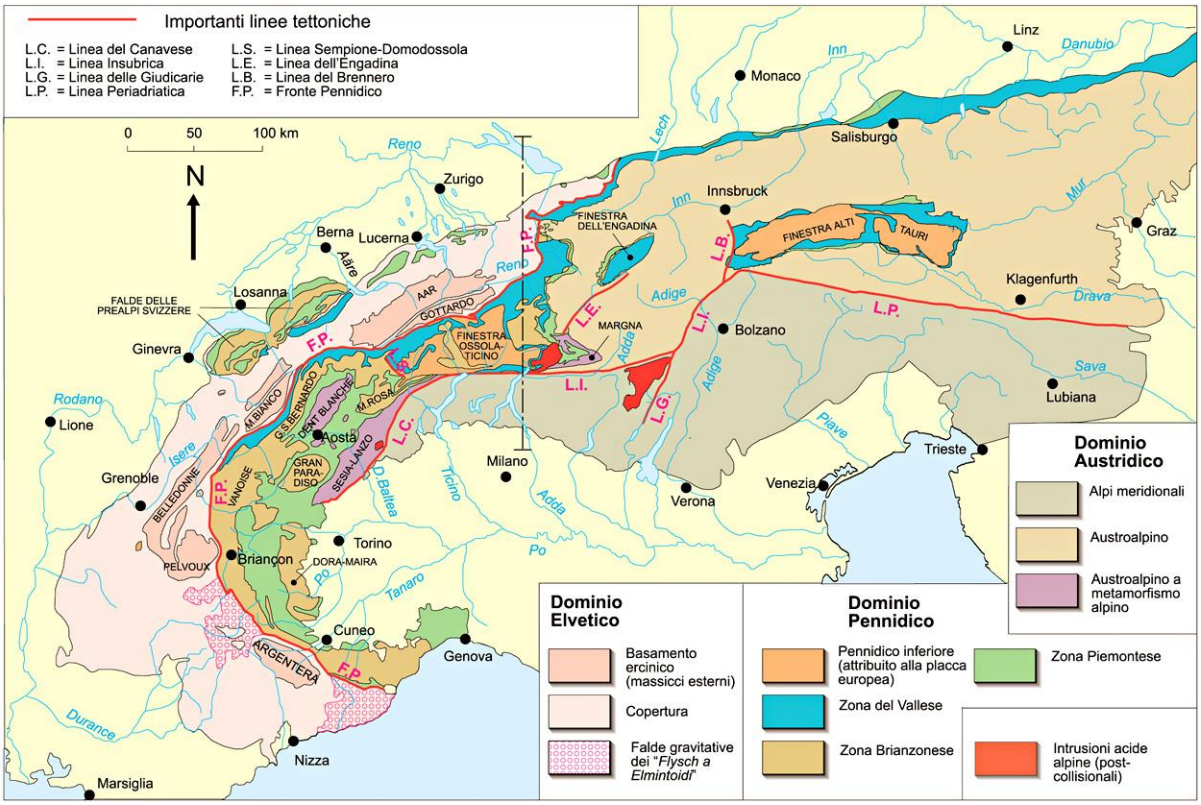


Figura 2.56: Schema strutturale del Mediterraneo, Fonte Wikipedia

Le Alpi formano un arco montuoso con vergenza verso nord attorniante il bacino di avampaese del Po e hanno un assetto geologico molto complesso.
Geologicamente vengono suddivise considerando la posizione dei suoi elementi strutturali rispetto alla linea Insubrica o linea Periadriatica ben riconoscibile a scala regionale, sviluppata, con orientamento prevalente est-ovest attraverso tutte le Alpi e che rappresenta il contatto in superficie tra le vecchie placche tettoniche Apula ed Eurasia. A sud di questa linea si trovano le unità piegate

e sovrascorse del Sudalpino, a nord si distinguono tre domini paleogeografici: l'Elvetico, il Pennidico e l'Austroalpino, caratterizzati da rocce diverso grado di metamorfismo. Questa suddivisione riflette anche le originarie aree paleogeografiche delle rocce: la zona elvetica contiene rocce provenienti dalla placca europea, la zona austroalpina contiene rocce dalla placca apula, mentre la zona pennidica contiene di un vecchio bacino oceanico compreso tra le prime due zone.

Le Alpi proseguono nelle adiacenti catene montuose: gli Appennini nel sudovest, le Dinaridi nel sudest e i Carpazi nel nordest. A est le Alpi sono delimitate dal bacino viennese e dal bacino Pannonico.

Geologia dell'Appennino

L'*Appennino settentrionale* è compreso fra due grandi strutture con una forte componente trascorrente: a nord la linea Sestri-Voltaggio, e a sud la linea Ancona-Anzio. È costituito da impilamento di falde (ovvero unità tettoniche): masse rocciose di notevole estensione orizzontale che durante i movimenti orogenetici sono traslate di decine o centinaia di chilometri impilandosi le une sulle altre, al di sopra di un basamento più antico. La catena appenninica settentrionale è la somma della sovrapposizione tettonica di due domini paleogeografici diversi: una parte interna ligure-emiliana (dominio liguride) e una parte esterna umbro-Marchigiana.

Col nome di *Liguridi* si indica una unità tettonica alloctona formata da falde di rocce provenienti da un originario bacino oceanico, costituite da ofioliti, ossia basalti di fondo oceanico metamorfosati, associati a diaspri e ricoperte da una potente serie sedimentaria terrigena, in cui sono presenti numerosi flysch a elmintoidi. Formazione Marnoso Arenacea.

Secondo la ricostruzione elaborata da Piero Elter[11] si possono distinguere in "Liguridi esterne" (in posizione strutturale inferiore) e "Liguridi "interne" (in posizione strutturale superiore e parzialmente accavallato sulle esterne) separate dalle ofioliti osservabili sulla "ruga" del Bracco che sono il relitto del fondo dell'oceano ligure piemontese separante il continente iberico-europeo da quello apulo-africano

Le Liguridi esterne sono costituite da un "complesso basale" di età compresa fra Giurassico superiore e Cretaceo superiore, formato da: Diaspri e Calcari a Calpionelle aventi spessore ridotto e presenti soltanto nella zona più interna, brecce con frammenti calcarei (derivanti soltanto dal Calcare a Calpionelle) e olistoliti ofiolitici, che superiormente sono ricoperti da depositi dal Cretaceo superiore al Paleocene con alla base un flysch calcareo passante a depositi francamente depositi terrigeni come le arenarie di Ranzano e la formazione di Bismantova che derivano da apporti sedimentari prodottisi durante la fase iniziale dell'orogenesi alpina.

Le Liguridi interne non contengono ofioliti e la loro sequenza inizia con alla base i depositi di Radiolariti ("Diaspri") e calcari a Calpionelle (Giurassico superiore Cretaceo inferiore) a cui seguono argille intercalate con calcari silicei (le argille o calcari a Palombini) e con arenarie di età Titoniano-Albiano (?), a cui seguono le Argille di Val Lavagna (si tratta di marne siltose con livelli arenacei e argille varicolori con livelli di olistostromi provenienti dalla "ruga del Bracco"), di età Albiano, Senoniano a cui seguono, verso l'alto altri depositi terrigeni i flysch del Monte Antola e le Argille del Passo del Bracco) di età Cretaceo superiore - Paleocene. I Calcari a Calpionelle sono distinti dalla coeva Maiolica della serie Toscana e Umbra essendo principalmente formati da marne.

Pianura Padana e Pianura Veneta

Sulla sua superficie topografica oggi si trovano depositi continentali fluviali e fluvio-glaciali (con spessori di svariate centinaia di metri) che depostisi spesso in discordanza sopra una serie di rocce sedimentarie marina, superiormente di età plio-pleistocenica e costituita inferiormente dalla sequenza tettonizzata del dominio sudalpino a nord e del dominio nord appenninico a sud, con assetto strutturale fatto di pieghe e sovrascorrimenti e non privo di complicazioni neotettoniche.

Figura 2.57 La pianura padana e la pianura veneta, Fonte: Chimica-online

Sin dal tardo Cretacico, l'area ora occupata dalla pianura padana ha rappresentato la parte frontale di due catene di opposta convergenza: l'Appennino settentrionale e le Alpi meridionali, le cui fronti sembrano incontrarsi sotto la pianura padana. Nell'Oligocene si ha l'inizio della sedimentazione clastica marina, iniziata a ovest e proseguita per tutta l'area fino al quaternario, il materiale terrigeno che si sedimentava era fornito dallo smantellamento dei primi rilievi generati inizialmente dall'orogenesi alpina e quindi da quella appenninica.

L'aspetto finale della pianura padana si è raggiunto con il riempimento definitivo del bacino, cominciato nel Pliocene, con depositi dapprima marini e poi continentali, delle aree bacinali ampiamente subsidenti delle avanfosse padane.

Nel pliocene le due pianure erano occupata dall'estensione del mare adriatico entro il golfo padano, a settentrione sedimenti marini marini pliocenici sono stati rinvenuti anche nel Canton Ticino a Balerna, a meridione i sedimento plio-pleistocenici costituiscono il pedeappenino emiliano, mentre

la pianura costituisce un bacino sedimentario con una spessa sequenza sedimentaria marina, ricoperta infine dai depositi quaternari continentali.

Studi sulla base della sequenza plio-quaternaria nella porzione centrale e meridionale della pianura padana, mostrano il tipico sviluppo di una serie di sub-bacini sedimentari di tipo sin-orogenetico o a piggy-back, formatisi a seguito di movimenti ricollegabili a varie fasi tettoniche dell'orogenesi appenninica appenniniche, che hanno generato una serie di falde complesse a vergenza settentrionale con ricoprimenti multipli. Il bordo porzione settentrionale della pianura, presenta a est del lago di Garda una struttura monoclinale immergente verso Sud, detta monoclinale veneta anch'essa suddivisa da faglie, mentre a ovest del Garda, fino a Torino vi è una serie di pieghe a vergenza meridionale, formatisi a a partire del Miocene medio superiore.

L'assetto contemporaneo delle pianure è il risultato dell'azione di numerosi corsi d'acqua che hanno, in successivi tempi geologici e storici, asportato e apportato sedimenti fluviali al bacino marino costiero, soggetto a fenomeni di subsidenza, che occupava l'odierna pianura padana. La gran parte dei depositi superficiali affioranti è il prodotto dell'attività fluviale, posteriore all'ultima glaciazione würmiana conclusasi circa 30000 anni fa. Lo scioglimento dei ghiacciai, liberando una gran quantità d'acqua in tempi geologicamente brevi ha comportato l'erosione dei grandi corpi morenici, edificati precedentemente dall'attività dei ghiacciai lungo il fronte glaciale; i materiali erosi a monte o in prossimità dei depositi morenici presenti all'inizio delle vallate, furono rideposti a valle.

Dal punto di vista strutturale, sebbene il definitivo assetto del substrato sepolto venga tradizionalmente associato a una fase tettonica pliocenica media-inferiore (databile dalla discordanza esistente tra i sedimenti plio-pleistocenici marini e il substrato più antico), si ritiene che i depositi alluvionali quaternari siano stati successivamente coinvolti in fasi neotettoniche, condizionando così anche la morfogenesi più recente. L'attività sismica, presente soprattutto sul margine emiliano e nell'area friulana e responsabile anche di gravi terremoti, conferma che la fase di attività tettonica non è ancora terminata.

Inquadramento territoriale dei trasporti ad Alta Velocità

Il Progetto di una linea Hyperloop nella pianura padana prende forma dalle necessità di ridurre le emissioni di gas serra prodotte dalle grandi reti infrastrutturali viarie che la attraversano e che nell'ultimo cinquantennio ne hanno compromesso l'habitat naturale.
La pianura padana essendo riparata dall'arco alpino tende a far stagnare l'aria, essendo la pianura padana uno dei centri nevralgici a livello commerciale e industriale, da anni rimane nella prima posizione a livello europeo perchè risiedono le città più inquinate e inquinanti d'italia.
Come ci mostra il grafico in basso, la maggior parte di emission di CO2 nella penisola italiana derivano da una componente prevalentemente di consumo e produzione della corrente elettrica e della logistica e dei trasporti.

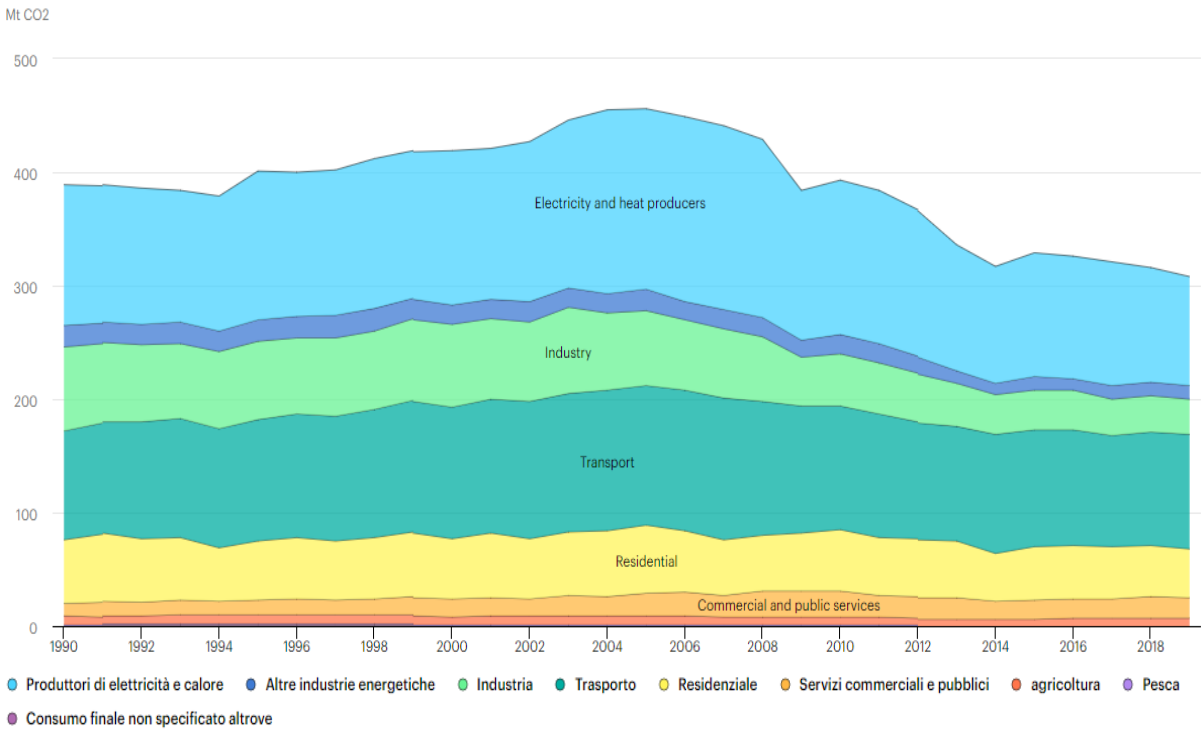


Figura 2.58: Emissioni CO_2 per settore, Italia 1990-2019. Fonte: IEA - World Energy Balances 2020, https://www.iea.org/data-and-statistics

La componente dei trasporti al Nord sappiamo essere all'avanguardia, ma non abbastanza da riuscire ad autoprodurre l'energia che consuma.
Dunque secondo il funzionamento delle infrastrutture odierne, prima viene prodotta energia elettrica o di altro tipo, che poi viene utilizzata per il funzionamento dei trasporti e dunque per poterla consumare. E di immediata comprensione il fatto che questo modello, basato ancora su uno sviluppo lineare dell'economia; a tal punto, se oggi si parla di economia circolare il modello di riferimento non dovrebbe avere sprechi ma un continuo riutilizzo della materia secondo il principio di Lavoisier. Infatti, "se nulla si crea e nulla si distrugge, tutto si trasforma" e impariamo a muovere le merci e le persone consumando energia ma senza produrre scarto inutilizzabile e inquinante per l'ambiente, evitiamo di emettere 2 volte, la prima per produrre e stoccare energia, la seconda per consumarla e utilizzarla. Questo banale modello alla base del ragionamento porta a comprendere come l'insieme di tecnologie Hyperloop potrebbero essere la svolta per la riduzione delle emissioni di CO2 nel contesto italiano. In particular modo al nord italia dove, è emerso dall'analisi climatica

delle 2 località, che la pianura padana è soggetta per sua natura a far stagnare l'aria,e dunque anche tutta la CO_2 prodotta. Ecco alcune delle principali motivazioni che mi hanno spinto a cercare una soluzione che riuscisse a trovare un connubio tra lo sviluppo tecnologico di una 5° modalità di trasporto, l'aumento dei trasporti nei prossimi anni data la posizione strategica dell'italia nel contesto globale, l'economia dei nostri territori con la riduzione delle emissioni di gas serra e un mal contento dei pendolari che quotidianamente assalgono autostrade e ferrovie inefficienti e energivore del nostro bel paese.

Inquadramento Europeo e Italiano

Analizzando l'andamento della rete alta velocità TEN-T a livello europeo ci si rende conto di quanto l'Italia giochi un ruolo importante nel panorama Europeo. Il corridoio Rosa che collega tutta la penisola da Palermo a Verona, passando per l'Austria, Berlino e la Danimarca per sconfinare fino in Svezia. Il corridoio Arancio invece, che si collegherebbe al Progetto del terzo valico di Genova, unendo Alessandria, con la regione svizzera, passando per la germania e unirsi in un croce via di collegamenti al Nord Europa. Il terzo corridoio , quello Verde prevedere Lunione di tutta la pianura padana la Francia la Spagna e la Croazia. Il quarto corridoio, quello Blu, unirebbe il centro italia a partire da Bologna, fino a Trieste, unendo l'italia verso l'est Europa. La visione strategica di questi collegamenti rende l'italia una regione economica molto importante dal punto di vista Europeo per I trasporti ferroviari ad alta velocità, tant'è che ha avuto risonanza mondiale il fatto che I porti di accesso all'europa fossero proprio quelli italiani.
Anni dopo la pubblicazione da parte dell'Unione Europea del piano dei trasporti ad alta velocità che mira a concludersi nel 2030, c'è stata la conduzione di un piano per collegare oriente e occidente,

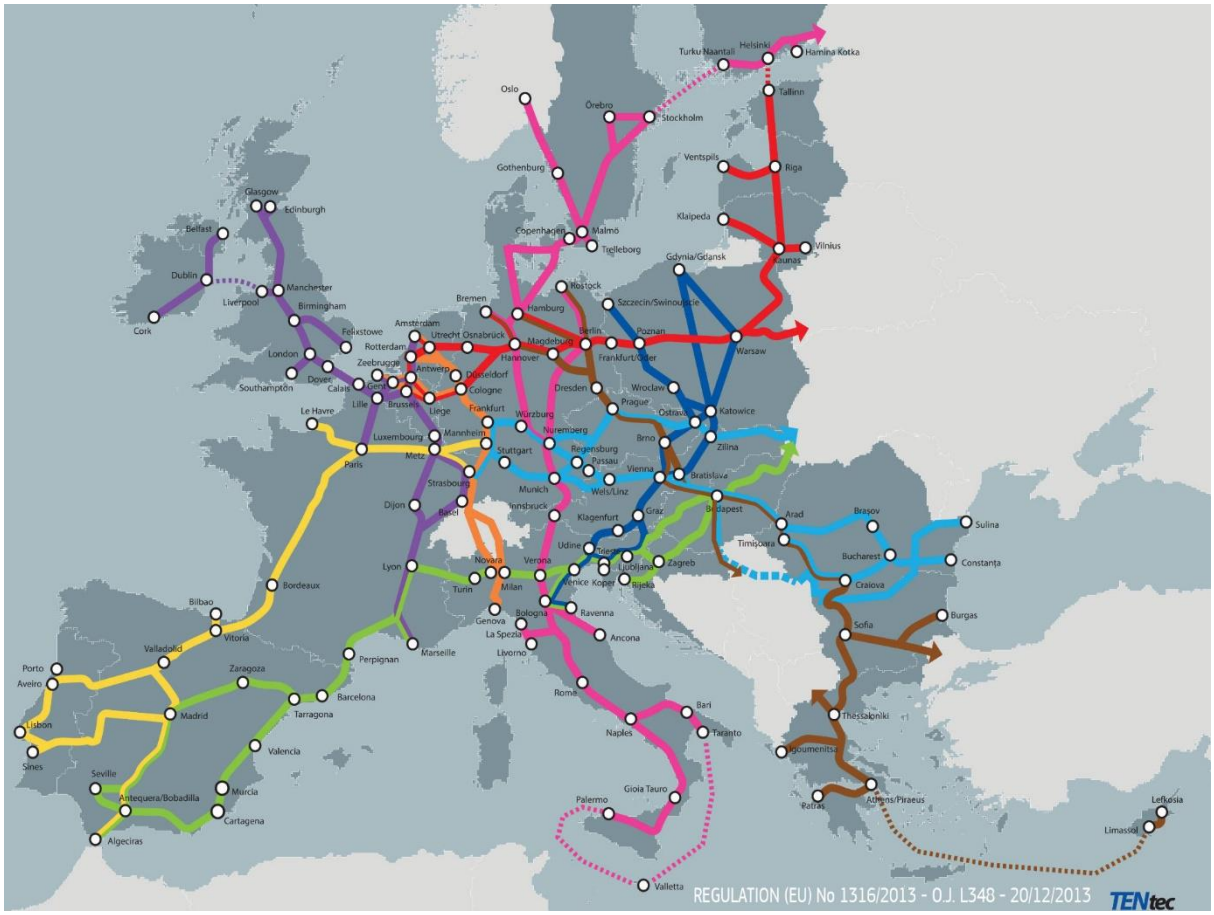


Figura 2.59: Corridoio TEN-T della rete infrastrutturale della rete alta velocità in programma in unione europea, in costruzione, da terminare nel 2030. Fonte: TENtec

stiamo dunque parlando del Corrridoio della seta, che unirebbe il grande colosso cinese con gli stati membri dell'unione europea.

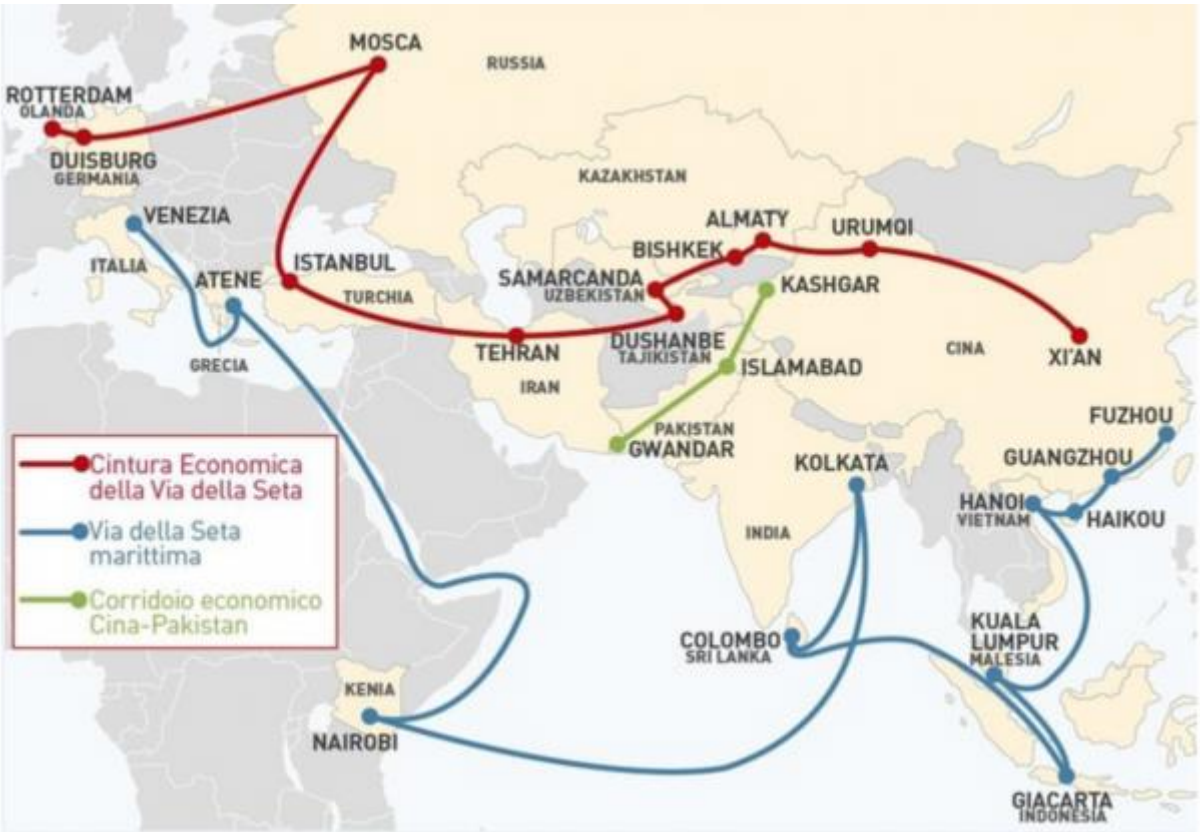


Figura 2.60*:* Corridoio " Via della Seta", Fonte: Il sole 24 ore

E' in programma nei prossimi anni, come possiamo vedere nell'imagine qui sopra, lo sbarco di enormi quantità di merci nei porti italiani, in particolar modo nei porti di Genova e di Trieste e di Venezia che sono le 3 principali porte d'Europa che mettono in connessione il mare con gli altri stati dell'Unione Europea. L'Italia diventerà l'unica ad avere l'accesso, oltre la Grecia in Europa ad avere la gestione di tutti il trasporto per via marittima. Significa vedere un incremento del traffic merci passare dall'italia. Questo se non progettato e studiato può diventare anche un grande problema dal punto di visto della gestione e dello stoccaggio. Se osservata la tratta della rete alta velocità verde TEN-T, in termini di trasporti veloci può diventare la chiave di volta del successo italiano a livello economico dell'alta velocità sia per il trasporto merci che per quello passeggeri, ma al tempo stesso può

Figura 2.61 Porto di Trieste, Fonte: Strade

Figura 2.62: Porto di Genova, Fonte: Comune di Genova

portare l'Italia nella stagnazione per lentezze tecnologiche se non si sbrigasse nel costruire le infrastrutture. Dati Istat del 2019 il primo porto italiano per quantità di merci è proprio quello di Trieste, subito dopo il porto di Genova. Da poco terminate la costruzione del nuovo ponte di Genova, la provincia ligure è riuscita a ristabilire una normalità al sistema merci che per più di 18 mesi, dalla caduta del ponte Morandi al nuovo ponte di Renzo Piano. E' in Corso ormai dal 2009 il Progetto del terzo valico, un Progetto di oltre 6 miliardi di euro, di 39 km di galleria, che ridurrebbe tempi ed emission per il trasporto delle merci dal porto di Genova, perchè sarebbe un corridoio con una galleria da 9 metri di diametro per i treni ad alta velocità che tra Genova e Ovada effettuerebbero sia il trasporto merci che il trasporto passeggeri. Per quanto riguarda il Piemonte ha un cantiere chiamato infinito relative alle reti TEN-T, la tratta Torino- Lione che tiene intrappolata l'Italia in un Progetto che da oltre 40 anni non riesce a vedere la luce in fondo al tunnel, prima per dissidenti delle zone limitrofe, poi per questioni di vedute politiche, più recentemente per impatti ambientali che si è successivamente dimostrati inattendibili con un Analisi Costi Benefici con il primo governo Conte, che ha visto l'allora ministro delle infrastrutture Toninelli proseguire per non far pagare all'italia ulteriori penali in caso di recess dal Progetto alla Francia che invece hanno quasi terminato la loro parte di scavi. Questi i principali progetti che vedono oggi ancora interessato il Nord-ovest dell'italia settentrionale.

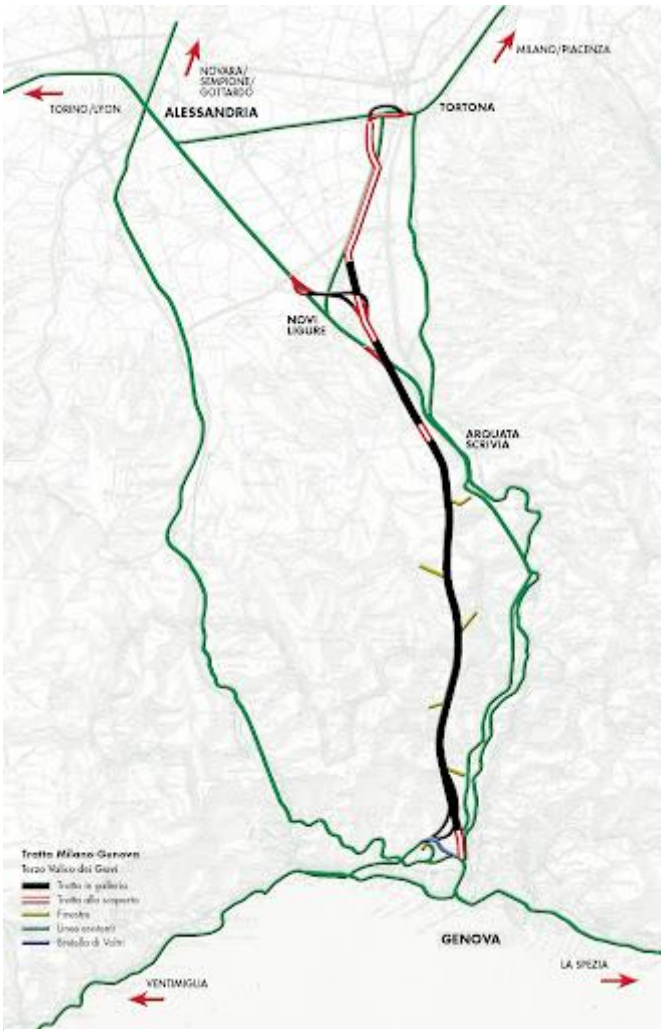


Figura 2.63: Corridoio del Terzo Valico, Fonte: Webuild, impresa costruttrice

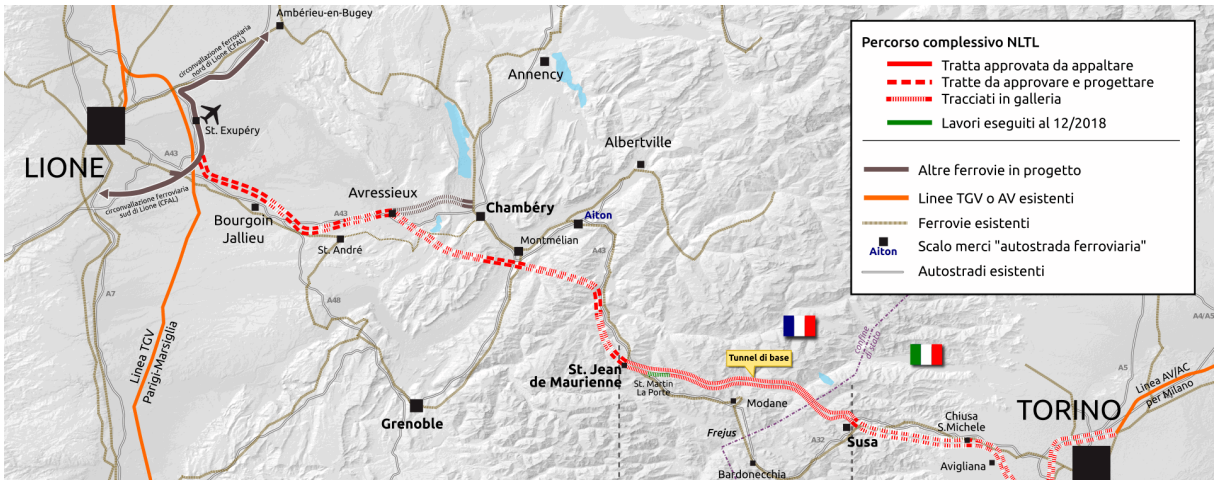


Figura 2.64: Progetto tratta Lione-Torino Alta velocità, Fonte: TAV regione Piemonte

Individuato un inquadramento di massima a livello europeo e globale, guardante al territorio settentrionale dell'italia e hai progetti europei in costruzione e in fase di chiusura dei cantieri, è opportune fare delle considerazioni per quanto riguarda lo stato di fatto delle infrastrutture viarie italiane. Come si può notare in figura 4.2.6 I corridoi alta velocità sono nettamente inferiori rispetto alla rete tradizionale che con il Sistema ferroviario regionale collega prevalentemente le grandi città tra di loro. A livello nazionale, infatti, l'Italia si ritrova in un buon stato di avanzamento della rete Alta Velocità, con delle mancanze tutt'ora evidenti al sud e nelle isole; vuoti infrastrutturali che il governo italiano sta cercando di colmare con il PNNR 2021 e il Next Generation UE.
Come si può inoltre notare la rete ferroviaria Alta Velocità Torino-Milano-Venezia corre parallela all'autostrada A4 Torino-Trieste. Proprio queste 2 infrastrutture ci mostrano come Trieste risenta di un collegamento ad alta velocità che tutt'ora non esiste. La similarità di requisiti orografici tra l'alta velocità e il sistema Hyperloop mostra come questo percorso sia prediletto per la costruzione di una nuova infrastruttura molto più efficiente e sicura.

Figura 2.67: Rete ferroviaria italiana, aggiornata alla situazione 2021Fonte: Ferrovie dello stato

Dunque si può dedurre da queste prima analisi a livello macrogeografico di quanti vantaggi porterebbe all'indotto italiano un Sistema Hyperloop sulla tratta Torino-Trieste.
Date le caratteristiche simile con l'autostrada in questo caso, sembra utile analizzare il contesto italiano di questa modalità di spostamento. La storica Autostrada A4 Torino – Trieste è stato il primo tracciato che ha unito Torino e Milano negli anni 60 del Novecento, trasformando un'Italia devastata dalla guerra, a un Italia con le più moderne infrastrutture al mondo, invidiate anche dagli americani che in quel tempo erano stati i pionieri in ambito autostradale. Un autostrada che in 570 km unisce Trieste con Torino, una pendenza leggera, dal momento che sfrutta le condizioni quasi lineari a livello orografico dei terreni della pianura padana.

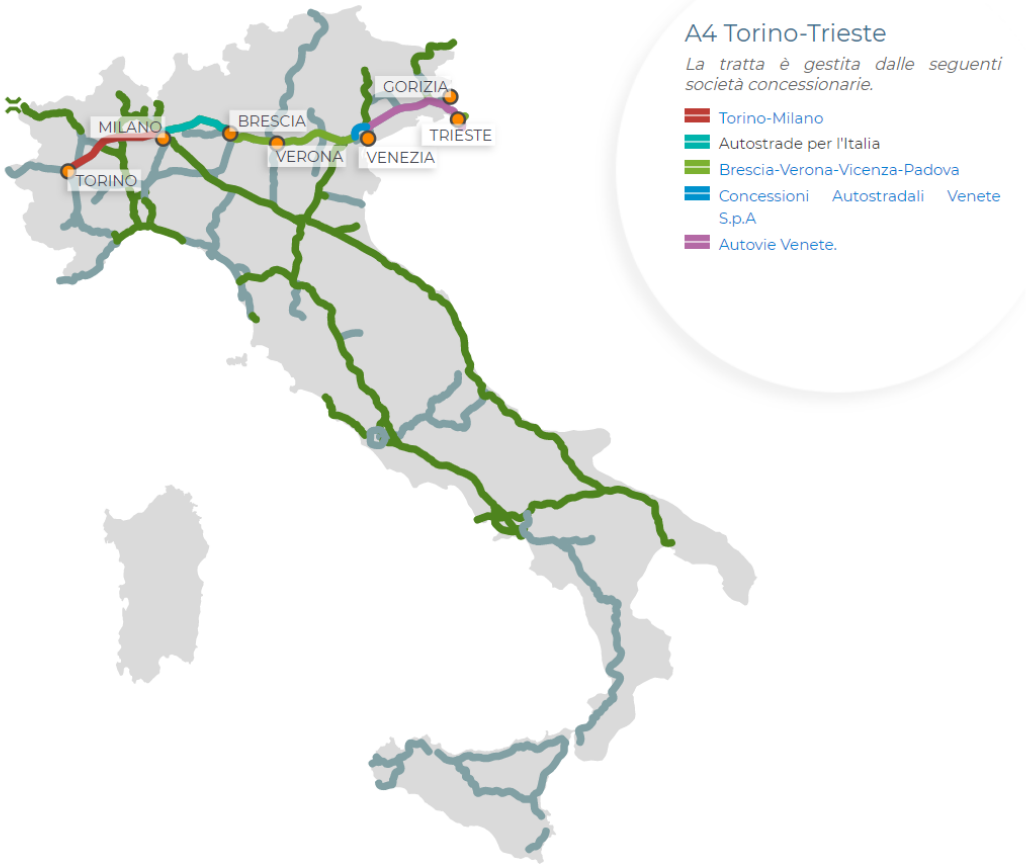


Figura 2.68: Carta delle autostrade italiane del Nord, aggiornata alla situazione 2021 Fonte: Autostrade per l'italia

Torino e Milano sono collegate anche da una linea ferroviaria ad alta velocità (Frecciarossa, Italo) con tempo di viaggio di 1 ora, il treno regionale sotto le ferrovie dello stato in 1:40 ore, l'autostrada e in macchina ci si impiega 1:30 circa, e pullman in 2 ore.

Inquadramento tratte Hyperloop Europee

Dal campo scientifico di ricerca, molti ricercatori e urbanisti hanno ipotizzato delle tratte Hyperloop in Europa. Di seguito viene proposto uno studio sui collegamenti in Europa condotto da Jose´ Angel Fernandez Gago e Federico Collado Perez-Seoane dell'università di Madrid del dipartimento di Ingegneria e Economıa dei Transporti, pubblicato per il giornale di ricerca scientifico della Springer, Urban Rail Transit. Questo articolo dimostra come caratteristiche geometriche estratte da qualsiasi successione di trapezi rettangolari in infrastrutture lineari possano predire la quantità di chilometri in "superficie", "tunnel" e "viadotti sezioni in future infrastrutture lineari di trasporto ferroviario che non ancora costruite. L'applicazione pratica della metodologia di lavoro proposta ha permesso di intuire le caratteristiche di una futura rete di trasporto Hyperloop in Europa di oltre 12.000 km di lunghezza.

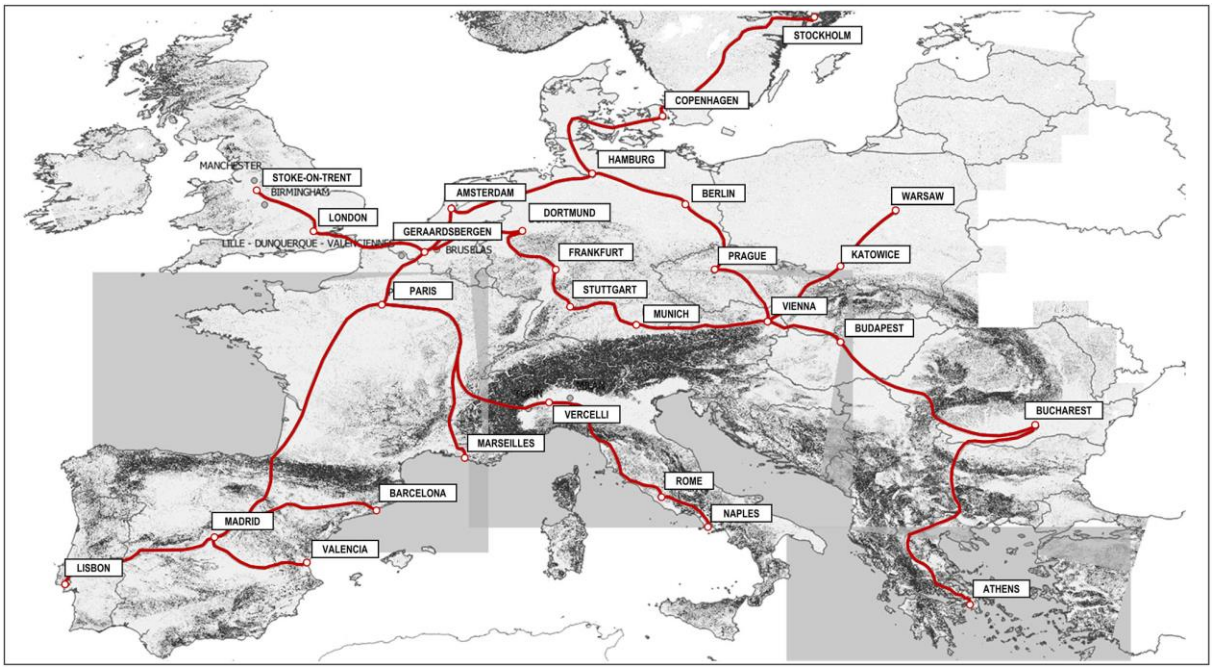


Figura 2.70: Carta delle tratte Hyperloop Europee in fase di studio Fonte: Springer

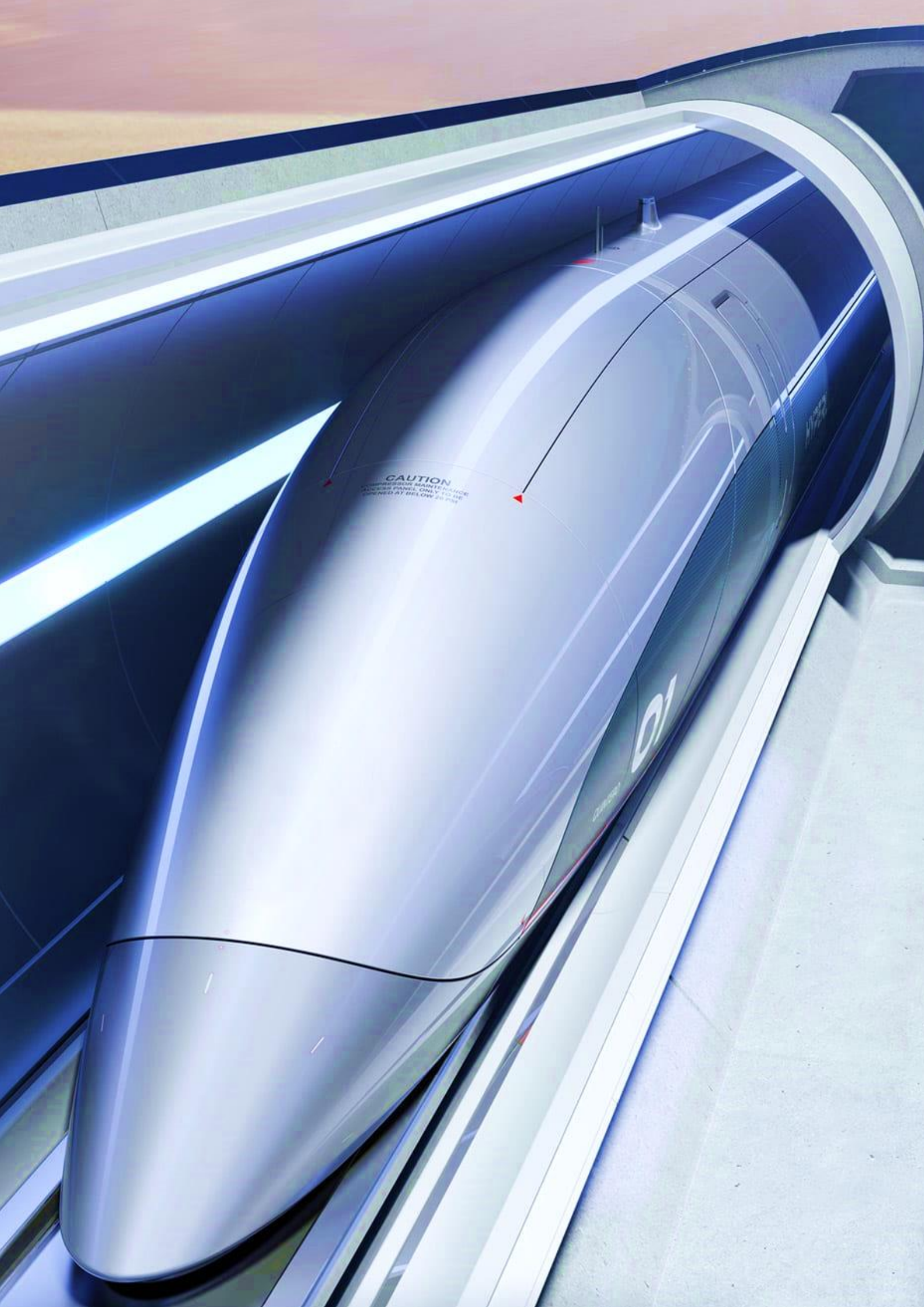
Table 7 Characterisation results

European Hyperloop network				Solution proposed by BigML®			Validation by KNIME®		
Line number, description and code			Length [km]	SUR [%]	UDG [%]	ELE [%]	SUR [%]	UDG [%]	ELE [%]
01	LISBON–MADRID	LISMAD	537.66	92.42	2.10	5.48	96.22	1.98	1.80
02	VALENCIA–MADRID	VALMAD	360.02	94.55	2.89	2.56	95.21	2.97	1.82
03	MADRID–BARCELONA	MADBAR	544.65	82.95	11.04	6.01	84.24	11.77	3.99
04	MADRID–PARIS	MADPAR	1108.71	81.39	14.50	4.11	87.66	9.96	2.38
05	MARSEILLE–PARIS	MARPAR	787.92	89.12	7.56	3.33	92.57	4.70	2.73
06	PARIS–GERAARDSBERGEN	PARGER	247.53	81.57	15.32	3.11	91.83	5.60	2.57
07	GERAARDSBERGEN–LONDON	GERLON	317.56	92.45	5.78	1.77	94.83	4.04	1.13
08	LONDON–STOKE-ON-TRENT	LONSOT	238.33	90.80	6.99	2.21	94.35	3.37	2.28
09	GERAADSBERGEN–AMSTERDAM	GERAMS	198.93	98.73	1.23	0.03	98.60	1.40	0.00
10	HAMBURG–AMSTERDAM	HAMAMS	391.34	97.79	0.62	1.59	99.21	0.50	0.29
11	BERLIN–HAMBURG	BERHAM	262.40	95.68	4.02	0.30	97.34	2.59	0.07
12	PRAGUE–BERLIN	PRABER	306.67	91.94	5.80	2.26	91.84	4.74	3.42
13	VIENNA–PRAGUE	VIEPRA	280.89	92.51	4.91	2.58	93.67	4.52	1.81
14	VIENNA–MUNICH	VIEMUN	364.96	93.32	5.20	1.48	93.44	5.39	1.16
15	MUNICH–STUTTGART	MUNSTU	236.62	85.36	3.09	11.55	94.50	3.49	2.01
16	STUTTGART–FRANKFURT	STUFRA	169.32	87.65	9.78	2.56	93.76	4.43	1.81
17	FRANKFURT–DORTMUND	FRADOR	240.14	81.00	9.47	9.53	85.14	8.38	6.47
18	DORTMUND–GERAARDSBERGEN	DORGER	274.62	95.74	3.78	0.47	97.20	2.26	0.54
19	HAMBURG–COPENHAGEN	HAMCOP	464.36	92.61	7.34	0.04	95.04	4.87	0.10
20	COPENHAGEN–ESTOCKHOLM	COPEST	595.13	91.10	5.82	3.08	95.10	2.17	2.73
21	VIENNA–KATOWICE	VIEKAT	304.38	98.61	0.29	1.10	98.44	0.23	1.33
22	KATOWICE–WARSAW	KATWAR	260.25	99.37	0.04	0.58	98.50	0.04	1.46
23	BUDAPEST–VIENNA	BUDVIE	229.06	95.62	3.73	0.66	97.47	2.18	0.35
24	BUCHAREST–BUDAPEST	BUCBUD	746.49	91.21	6.62	2.17	92.79	5.92	1.30
25	ATHENS–BUCHAREST	ATHBUC	1079.47	76.19	21.24	2.57	76.38	21.01	2.61
26	NAPLES–ROME	NAPROM	198.12	81.34	14.13	4.53	84.48	13.05	2.47
27	ROME–VERCELLI	ROMVER	561.18	70.97	22.60	6.43	74.39	21.42	4.20
28	VERCELLI–PARIS	VERPAR	760.58	83.12	14.14	2.75	81.14	16.46	2.41
Total			12,067.29	87.60	9.26	3.14	89.98	7.89	2.13

Figura 2.80: Tabella distanze con analisi chilometriche di galleria e di percorsi in elevato delle tratte Hyperloop Europee in fase di studio Fonte: Springer

03

Metodologia di lavoro


CAUTION
COMPRESSOR MAINTENANCE
ACCESS PANEL ONLY TO BE
OPENED AT BELOW 20 PSI

Quadro metodologico

Il Quadro metodologico della tesi è un resoconto multicriteriale costituito da differenti modalità di lavoro, intrecciate ma rigorosamente differenziate dall'impostazione che l'autore ha volute dare per fare chiarezza prima a se stesso; successivamente per far si che la metodologia potesse essere esportabile come un modello di lavoro da poter utilizzare anche in future in visione di un possibile sviluppo di questa nuova modalità di trasporto che non ha ancora avuto luogo e che si pensa lo abbia in un future immediato.

Il Quadro metodologico si divide in 2 fasi, ovvero la prima è di individuazione dell'intervento infrastrutturale strategico e la seconda è della progettazione e pianificazione infrastrutturale rispetto al risultato convenuto nella fase 1.

La struttura della fasi prevede un ulteriore sottodivisione di esse per Step metodologici che sono la naturale sequenza di azioni che attraverso la strumentazione metodologica permettono di arrivare ad avere dei risultati.

La metodologia utilizzata si rifà principalmente a strumenti metodologici inerenti il modello per la quale sis ta indagando, ed essendo nel nostro caso un Progetto infrastrutturale di rete simil ferroviaria, si converge ad effettuare un analisi Costi Benefici per poter portare un risultato che possa essere verificato con indicatori e parametri riconosciuti dalla comunità scientifica internazionale.

I risultati per le 2 fasi previste sono, la tratta individuate in base ai criteri metodologici utilizzati egli obbiettivi di ricercar della tesi, ovvero capire la sostenibilità sociale ambientale ed economica del corridoio Hyperloop Torino Milano in funzione della caratteristiche tecnico procedurali da prendere in considerazione dato il periodo storico di grande ferment economico italiano

QUADRO METODOLOGICO	N°	STEP	METODOLOGIA DI LAVORO	RISULTATI
FASE 1 INDIVIDUAZIONE STRATEGICA INFRASTRUTTURALE	1	Q.E Quadro esigenziale	Letteratura di ricerca	Corridoio Hyperloop Torino Milano
	2	DOCFAP Documento delle fattibilità alternative di progetto	Analisi SWOT e STAKEHOLDERS	
FASE 2 DESIGN E PIANIFICAZIONE INFRASTRUTTURALE	1	Progetto: corridoio HYPERLOOP Torino Milano	Q.E e DOCFAP	Sostenibilità sociale ambientale economica corridoio Hyperloop Torino Milano
	2	Analisi socio demografica territoriale	Letteratura di ricerca su Piemonte e Lombardia	
	3	Analisi sociale	Questionariosu corridoio Torino Milano	
	4	Analisi tecnico Procedurale	Normative Internazionali, Europee e Italiane PNRR 2021	
	5	Analisi ambientale	VIA Valutazione di impatto ambientale	
	6	Analisi Economica	ACB Analisi Costi Benefici	

Figura 3.1 Algoritmo metodologico di lavoro per individuazione di un progetto infrastrutturale, elaborato da M. Volpatti, sulla base delle nuove linee guida per la redazione di PFTE del PNRR

Fase 1

Partendo da un'analisi più accurate delle 2 fasi prese in considrazione per condurre la tesi al raggiungimento degli obbiettivi prefissati, ritengo fondamentale narrare come nasce questa metodologia di lavoro.
Tutto ha inizio dal voler individuare i riferimenti normative in materia di legge, oggi giorno utilizzati per lo studio di fattibilità in contesto italiano.
Di seguito lo schema seguito per la stesura della tesi.

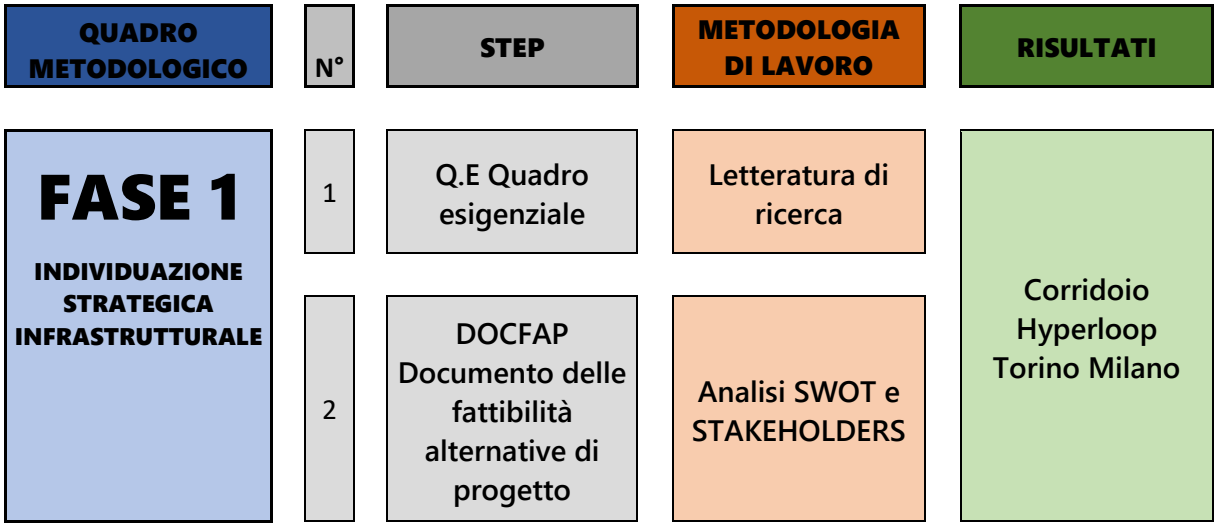


Figura 3.2 Algoritmo metodologico di lavoro per individuazione di un progetto infrastrutturale, elaborato da M. Volpatti, sulla base delle nuove linee guida per la redazione di PFTE del PNRR

Quadro metodologico normativo di riferimento

Il Quadro metodologico di riferimento basa le fondamenta sulle nuove linee guida per la redazione del Progetto di fattibilità tecnica ed economica da porre a base dell'affidamento di contratti pubblici di lavori del PNRR e del PNC, pubblicate in gazzetta ufficiale e convertite in legge il 29 luglio 2021.

La nuova modalità per la redazione dei progetti si basa su una nuova cornice metodologica, più rigorosa e controllabile, nata per ridurre gli sprechi che si sono visti negli anni precedent nel sistema pubblico.

Essendo la mia una tesi di laurea, e non avendo capacità e tempi per poter seguire interamente l'iter proposto dalle normative poc'anzi citate, preciso sin da ora l'utilizzo di detto Quadro metologico proposto in forma ridotta per le ragioni prima citate.

Dunque, come si può vedere nel grafico di seguito, troviamo la metodologia suddivisa in 2 macro-fasi che mirano a rispondere a 2 domande fondamentali per la progettazione di un iter chiaro e concise.

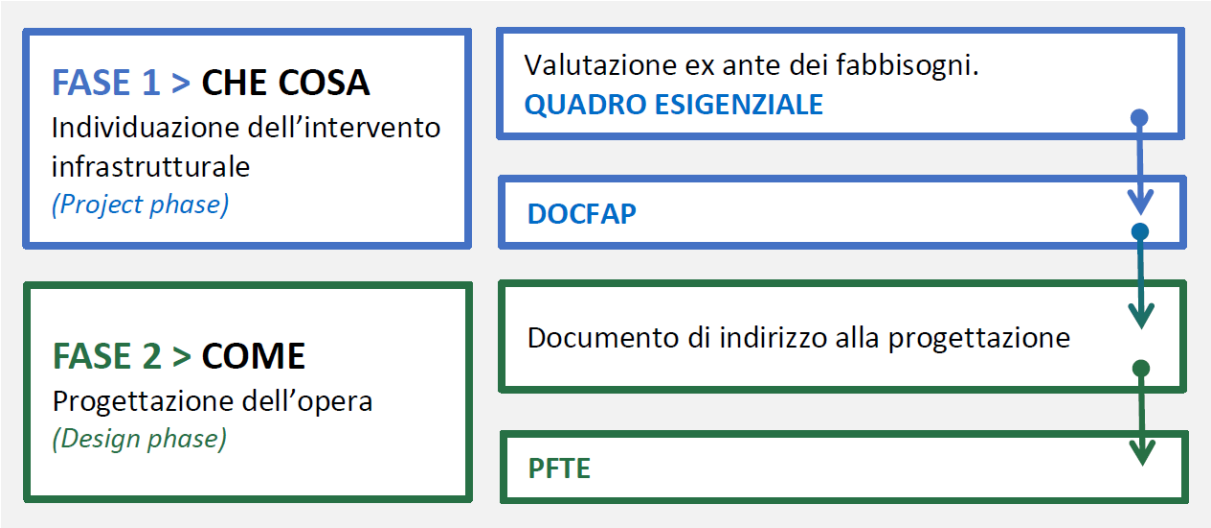


Figura 3.3: Tabella delle macro-fasi per il progetto di fattibilità tecnica ed economica Fonte: MIMS, Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili

Dette macro-fasi, proposte dal ministro Giovannini del MIMS, coerenti con il vigente Quadro normative di settore, assolvono a 2 distinti obbiettivi, gia precedentemente introdotti nella figura:

- Definizione del "CHE COSA" dovrebbe essere progettato in una cornice più generale di promozione dello sviluppo sostenibile;
- Definizione del "COME" si possa giungere ad una progettazione dell'opera efficiente, così come individuate nella prima macro-fase, tenendo conto degli elementi che contraddistinguono l'opera dal punto di vista della sostenibilità dell'opera stessa lungo l'intero ciclo di vita.

Fatte salve queste premesse, si può illustrare la via seguita, seguendo e utilizzando il Quadro normative di riferimento sopra citato.

L'obbiettivo della fase 1 è l'individuazione dell'opera infrastrutturale strategica per il contesto italiano, considerando il fatto che Hyperloop sia la modalità di trasporto scelta.

STEP 1: Quadro esigenziale

In questa rinnovata cornice metodologica e concettuale delle linee guida per la redazione del progetto di fattibilità tecnica ed economica, si può notare come nella prima fase viene evidenziato il quadro esigenziale relativo ai fabbisogni del contesto economico e sociale e ai correlati obiettivi e indicatori di prestazione. Esso funge anche da documento di indirizzo per l'attività successiva.

In linea generale, il quadro esigenziale contiene:

a. gli obiettivi generali da perseguire attraverso la realizzazione dell'intervento, con riferimento a quanto indicato all'articolo 23, comma 1 del Codice. Agli obiettivi generali sono associati specifici indicatori di risultato (con relativa indicazione delle fonti di verifica);
b. i fabbisogni della collettività, o della specifica utenza alla quale l'intervento è destinato, da porre a base dell'intervento;
c. le esigenze qualitative e quantitative dell'amministrazione committente e della specifica utenza, che devono essere soddisfatte attraverso la realizzazione dell'intervento;
d. l'eventuale indicazione, qualora ne sussistano le condizioni in relazione alla tipologia dell'opera o dell'intervento da realizzare, delle alternative progettuali da individuare e analizzare nel documento di fattibilità delle alternative progettuali.

Per rispettare le richieste normative per la produzione di questo document, si è potato nell'individuare le esigenze della popolazione italiana in campo infrastrutturale si è principalmente basata sui seguenti pilastri italiani della letteratura italiana:

- Pendolaria 2021 - 2020 – 2019
- Rapporto europeo del trasporto
- Reti TEN-T
- Horizon 2030-2050
- Siti dei pendolari Torino Milano alta velocità
- Questionario sociale

Analizzati i vari documenti sono stati ipotizzati vari scenari sui possibili fruitori di una tratta Hyperloop in base alle strategie tecniche perseguite per una questione meramente legata a fattori ambientali tecnico economici.

STEP 2: DOCFAP Documento delle fattibilità alternative progettuali

Nello step 2 procede all'individuazione dell'intervento infrastrutturale da scegliere tra le varie alternative individuate con il Quadro esigenziale. Si segue la struttura rigida ma innovativa della legge 109 del 29 luglio 2021 sopra citata, che prevede una sostanziale modifica di struttura rispetto alla legge precedente che regolava lo studio di fattibilità.

Si lege tra le righe della normativa che, sulla base del quadro esigenziale, il documento di fattibilità delle alternative progettuali (DOCFAP) sviluppa un confronto comparato tra alternative progettuali che perseguono i traguardati obiettivi.

Le alternative progettuali che si prendono in considerazione e che sono da analizzare possono riguardare indicativamente le seguenti caratteristiche. A titolo esemplificativo:

- la localizzazione dell'intervento per le opere di nuova costruzione;
- le scelte modali e le alternative di tracciato per le infrastrutture di trasporto;
- l'alternativa tra la realizzazione di una nuova costruzione o il recupero di un edificio esistente, ovvero il riutilizzo di aree dismesse o urbanizzate o degradate, limitando ulteriore consumo di suolo;
- le alternative di approvvigionamento idrico e/o gli interventi per migliorare l'efficienza delle reti di distribuzione.

Il DOCFAP ha l'obbiettivo di selezionare le proposte infrastrutturali e di individuarne una, quella che rimane più vantaggiosa sotto tutti gli aspetti.
A tal riguardo la normative vigente, richiede di effettuare un analisi multicriteria o un analisi costi benefici per aver una scelta metodologica riconosciuta dalla comunità internazionale.
Essendo molto complesso individuare dei criteri per un infrastruttura non ancora costruita, oltre che per una question temporale, ci si limiterà a effettuare un analisi costi benefici dell'intervento infrastrutturale scelto, mentre per l'individuazione dell'alternativa infrastrutturale si propongono l'analisi SWOT e l'analisi Stakeholders.

Per la redazione del DOCFAP si farà riferimento alle seguenti pubblicazioni:

- "Linee guida per la valutazione degli investimenti in opere pubbliche" di competenza del Ministero (Novembre 2016), adottate in attuazione dell'art. 9 del D.Lgs. 29 dicembre 2011, n. 228;
- "Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects, Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020, Commissione Europea, DG Regio" (2014).

Individuati gli STEP 1 e 2, ci sembra opportuno descrivere la provenienza di questi 2 corposi capitoli della Normativa proprio attraverso di essa per darne una spiegazione metodologica e di impostazione del Quadro.
Come possiamo vedere nella tabella proposta qui di seguito la normative nella cornice metodologica di ricerca propone un DOCFAP, valutato da Analisi multicriteri o Analisi Costi Benefici. Come detto nei pragrafi precedent noi utilizzeremo un analisi swot e stakeholders per la valutazione e definitivamente concluderemo con un Analisi monoparametrica relativa alla tratta scelta, ovvero l'Analisi costi Benefici.

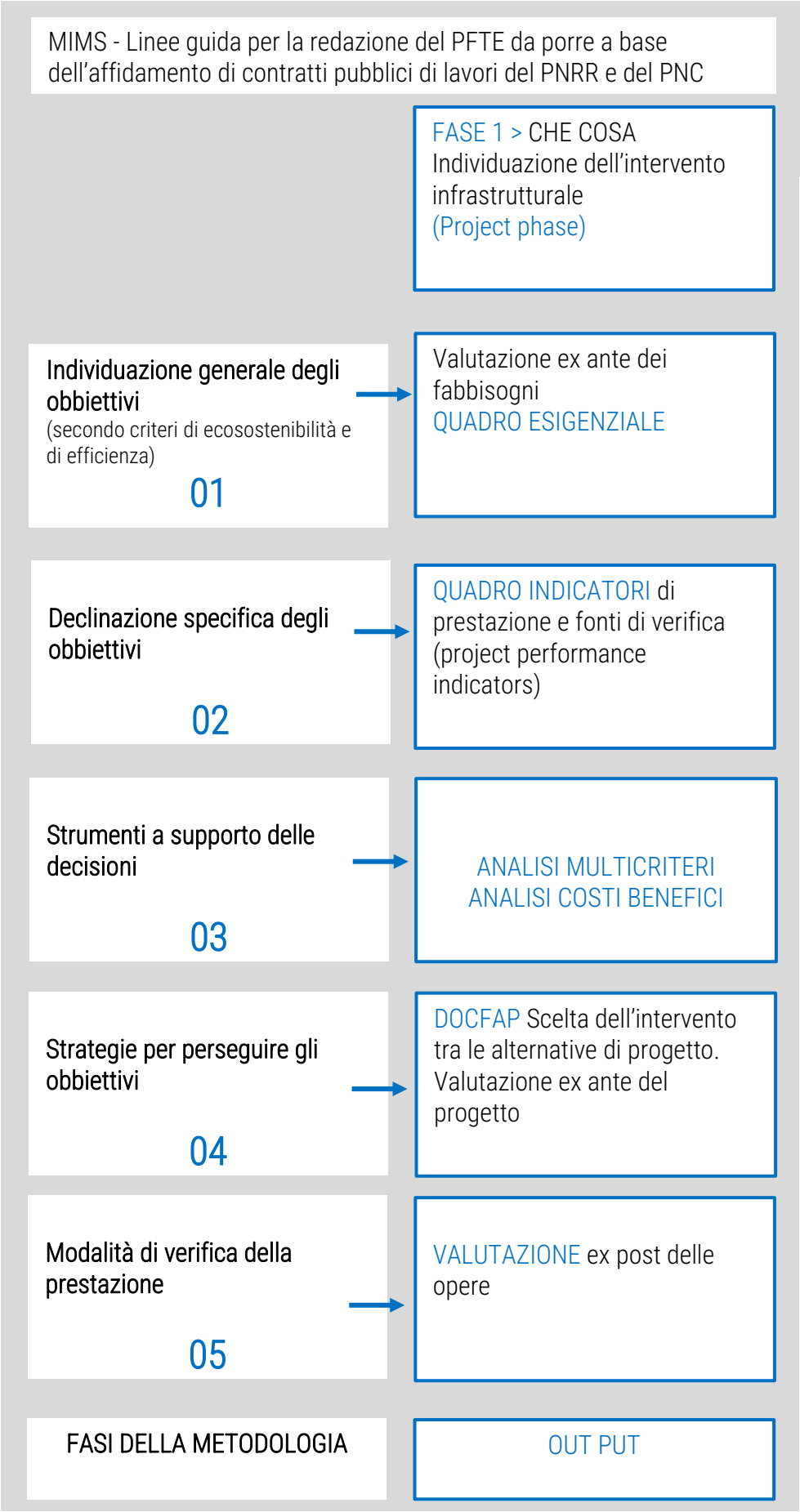


Figura 3.4 Algoritmo metodologico di lavoro per individuazione di un progetto infrastrutturale, elaborato da M. Volpatti, sulla base delle nuove linee guida per la redazione di PFTE da porre per l'accesso ai fondi del PNRR
Fonte: MIMS, Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili

Quadro indicatori di prestazione del DOCFAP

Cosa sono i KPI di progetto e le loro quattro categorie?
Queste sono le quattro categorie sotto le quali si penserà ai KPI di gestione del progetto.
Di seguito vengono elencate le categorie e una semplice definizione dei principali punti:

1. **Tempestività:** assicurarsi che il progetto sia fatto nei tempi prestabiliti - e nel caso in cui esso non possa esserlo, tracciare dove è fuori obiettivo perchè è importante per avere sempre una data di completamento stimata.

2. **Budget:** risulta fondamentale avere sotto controllo il budget economico, soprattuto nel caso in cui si parli di infrastrutture e e a maggior ragione una nuova, mai costruita prima.

3. **Qualità:** Quanto è avanzato il progresso del progetto? Tutti coloro che ci lavorano o ne beneficiano sono soddisfatti?

4. **Efficacia:** nella progettazione di un infrastruttura bisogna sempre chiedersi se si sta spendendo in maniera ottimale le risorse e le energie, perchè è proprio dalla gestione che potrebbe subentrare un fallimento del Progetto.

Ci sono modelli di KPI di gestione del progetto che si possono usare per avere una road map chiara a tutti I component del progetto, ma è più importante ricordare di essere S.M.A.R.T.

Con questo acronimo come guida, si potrà sempre essere in grado di creare misure di progetto efficaci che saranno

- Specific (specifici)
- Measurable (misurabili)
- Attainable (raggiungibili)
- Realistic (realistiche)
- Time-Bound (tempistiche)

Metodologie di analisi del DOCFAP

1.1 ANALISI SWOT

L'analisi SWOT è uno strumento della utilizzato per valutare i punti di forza (*Strengths*), le debolezze (*Weaknesses*), le opportunità (*Opportunities*) e le minacce (*Threats*) di un o in un' o in ogni altra situazione in cui un' o un individuo debba prendere una per il raggiungimento di un obiettivo. L'analisi può riguardare l'ambiente interno (analizzando punti di forza e di debolezza) o esterno di un'organizzazione (analizzando minacce ed opportunità).

Sarà il principale strumento per l'individuazione dei punti di forza di debolezze, opportunità e di minacce per la valutazione delle tratte in esame.

Figura 3.5 *Analisi SWOT* elaborato da M. Volpatti *su Hyperloop* .

1.2 ANALISI STAKEHOLDERS

L'analisi degli STAKEHOLDERS è una metodologia che consente di esplorare il contesto/i di relazioni all'interno delle quali una organizzazione/individuo gioca la sua strategia per raggiungere gli scopi che si è prefissata.

Il termine *stakeholders* si riferisce ai portatori di interesse ovvero a tutti i soggetti che rispetto all'organizzazione e alle sue azioni hanno qualcosa da guadagnare o da perdere.

Questo tipo di analisi, preliminare alla messa a punto di qualsiasi strategia e/o progetto, è di grande importanza poiché risulta essere la chiave del successo di organizzazioni pubbliche e non profit, come pure di imprese profit, è proprio la soddisfazione dei principali portatori di interesse.

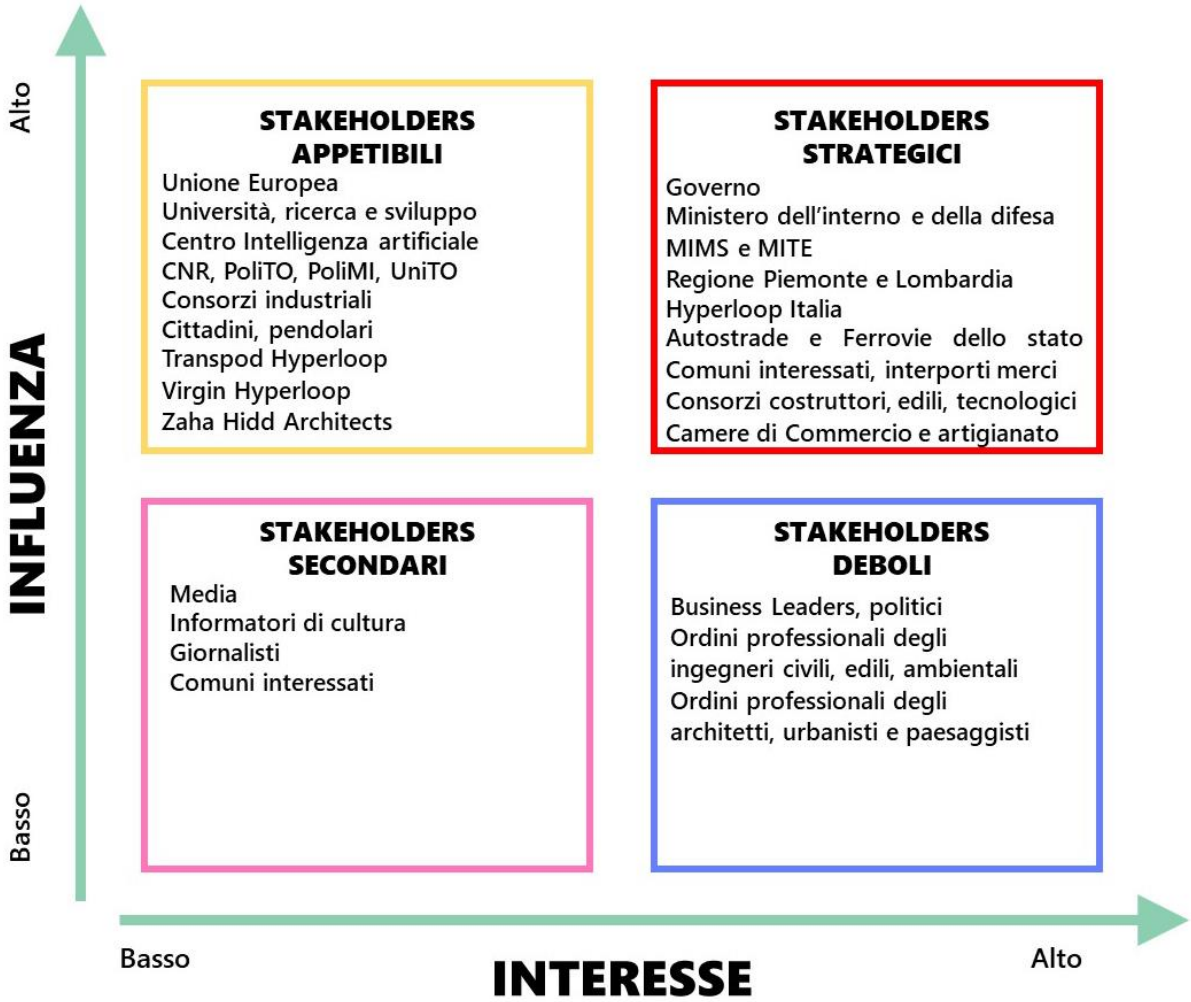


Figura 3.5 *Analisi Stakeholders* elaborato da M. Volpatti *su Hyperloop* .

Fase 2

In questa fase si tenta di condurre un'analisi preliminare del corridoio Hyperloop Torino Milano, in sostanza buona, l'ex studio di prefattibilità tecnica. Seguendo gli aggiornamenti normative vigenti, ci rifa in parte all'Analisi preliminare del Progetti di fattibilità tecnica economica (PFTE). Dunque si inizierà con lo sviluppo del Progetto del Corridoio Hyperloop Torino Milano (DOCFAP), per proseguire con le analisi sociali, tecnico, ambientali ed economiche e condurre un Analisi Costi Benefici una preliminare valutazione di impatto ambientale per giungere ad una corposa validità della scelta infrastrutturale sostenuta da parametri riconosciuti dalla comunità scientifica internazionale e dalla società.

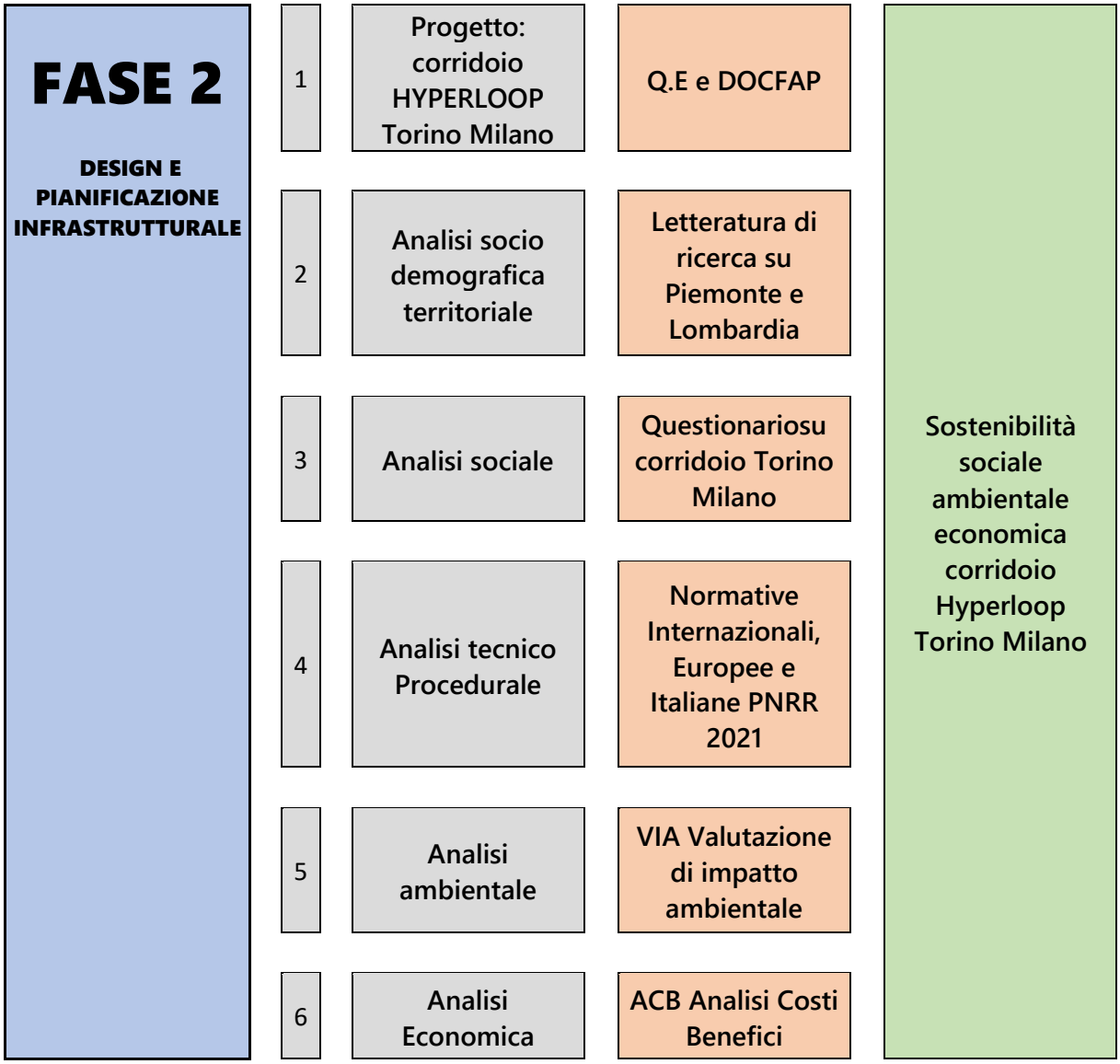


Figura 3.6 Algoritmo metodologico di lavoro per individuazione di un progetto infrastrutturale, elaborato da M. Volpatti, sulla base delle nuove linee guida per la redazione di PFTE del PNRR

STEP 1: Progetto corridoio Hyperloop Torino Milano

Il Progetto del corridoio Torino Milano sfrutta tutte le possibilità tecniche citate per quanto riguarda le strategie delle tratte individuate dal DOCFAP, e mira a sviluppare con le tecniche di progettazione sostenibile tutte le caratteristiche di un progetto innovativo per il trasporto con stazioni collegamento intermodale.

Figura 3.7 Schema del "fiore di loto" della valutazione di sostenibilità, fonte Mondini

Valutazioni di sostenibilità

Ambientale: Utilizzare le risorse rinnovabili ad un tasso inferiore rispetto a quello di rinnovo e di quelle non rinnovabili ad un tasso compatibile con il progresso delle scienze in campo tecnologico.

Tecnologica: Capacità della tecnologia di soddisfare i bisogni dell'uomo nella loro continua evoluzione con particolare riguardo alle emergenze rappresentate dalla questione energetica e dalla futura scarsità di acqua

Economica: Strumento per definire le risorse necessarie in relazione ai benefici attesi e la misura in cui le attività potranno sostenersi nel tempo

Sociale: Sistema di relazioni capaci di mantenere in equilibrio la società attraverso l'integrazione e la valorizzazione delle risorse umane

Culturale: Eterogeneità e diversità da preservare e valorizzare in qualità di fondamento dello sviluppo intellettuale, emozionale, morale e spirituale

Come metodologia di valutazione riconosciuta a livello istituzionale sono stati utilizzati i documenti prima preparati, ovvero il Quadro esigenziale e il DOCFAP proprio perchè sulla base di questi 2 documenti è stato eseguito il Progetto e su di essi valutata la sua attinenza all'esigenze inquadrate.

Per la valutazione del Progetto del corridoio Hyperloop Torino Milano verranno eseguite analisi preliminari nei capitoli successivi.

STEP 2: Analisi socio demografica territoriale

Analisi di valutazione macro del contesto territoriale dove si cala l'intervento infrastrutturale valutandone con occhio critico le carenze e le mancanze odierne in queste 2 città Torino- Milano.

La metodologia utilizzata è stata prevalentemente su letteratura di ricerca delle 2 città sotto i temi principali del tettitorio per poter valutare la situazione attuale e i miglioramenti di una trasformazione di questo territorio con l'implementazione di un corridoio Hyperloop Torino Milano.

Le fonti metodologiche utilizzate sono state le seguenti:

- Camera di commercio di Torino e di Milano
- Regione Piemonte, GEOPORTALE
- Regione Lombardia, GEOPORTALE
- Città di Torino
- Città di Milano
- ISTAT

Individuate le principali caratteristiche dei territori, ci si è concentrati sui 3 temi principali, ovvero Sociali, Economico Ambientali.

Questo per poter poter avviare delle analisi più mirate negli STEP seguenti.

STEP 3: Analisi sociale

In questo STEP troviamo una delle analisi preliminari fondamentali per comprendere il valore aggiunto di un infrastruttura pubblica.

L'analisi sociale è il primo monito della validità o della inutilità di un Progetto secondo la comunità.

L'obbiettivo principale è quello di ottenere delle risposte rispetto ai benefici del Progetto in questione considerando il fatto che, essendo un opera infrastrutturale innovative e senza precedent, richiede la selezione dei fruitori, oltre che un indirizzo chiaro di chi potrebbero essere gli utenti.

La metodologia utilizzata è quella del Questionario.

Per comporre il questionario si è partiti dall'individuare la tipologia di persone alla quale indirizzarci, capendo le questioni principali che potrebbero smuovere critiche sul progetto per poterlo modificare e migliorare anche dall'apporto delle persone.

I tre macro temi proposti sono sotto il livello sociale, economico, ambientale.

Per far sì che si potesse arrivare a fare ciò, si è ritenuto opportuno seguire la modalità della domanda chiusa, metodo proposto da Bishop e Nelsch nel 1993, in cui viene avanzata la multi-risposta.

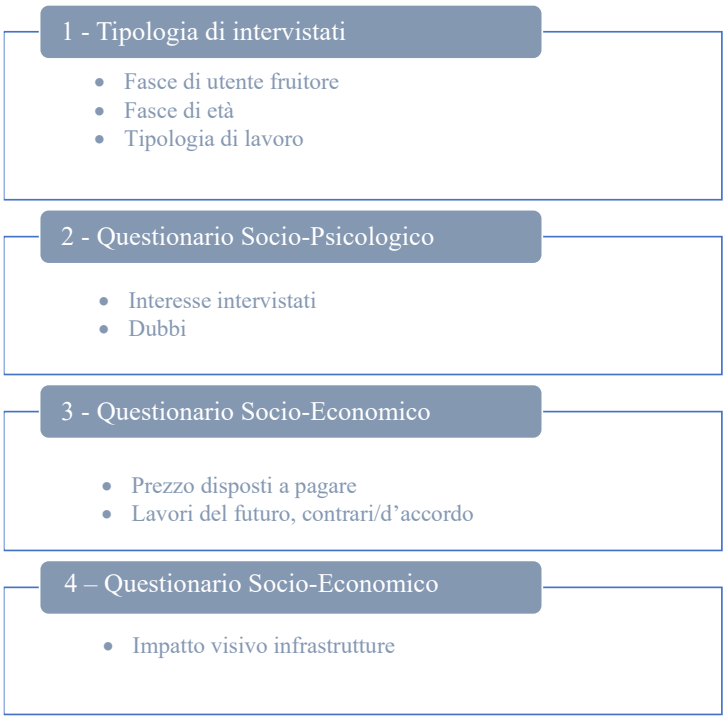


Figura 3.8 *Struttura del questionario*, elaborato da M. Volpatti

Con la Dottoressa Torabi, abbiamo ritenuto importante individuare una scala di valutazione metodologica, che potesse essere utilizzata anche in futuro per possibili un grade e ulteriori analisi. Di seguito viene riportato un esempio di com'è stato fatto.

1. Per niente preoccupato
2. Non preoccupato
3. Neutrale
4. Sarei preoccupato
5. Molto preoccupato
6. Non so

STEP 4: Analisi tecnico procedurale

Analisi di valutazione del contesto in cui si cala l'opera infrastrutturale, dal punto di vista tecnico procedurale.

In questa analisi si prendono in considerazione alcuni parametri fondamentali per la costruzione di un infrastruttura e di alcuni accorgimenti tecnici per la costruzione di una linea Hyperloop.

Essendo il contesto di applicazione in territorio Italiano si prenderanno in considerazione l'iter di approvazione di una proposta progettuale.

Temi fondamentali sono anche il finanziamento Europeo "Nex Generation UE "e il PNRR 2021 italiano, 2 grandi leve finanziarie che potrebbero essere utilizzate dal moment oche questo Progetto contiene un analisi costi benefici, ovvero il parametron fondamentale di finanziamento per opera infrastrutturali.

STEP 5: Analisi ambientale

Un altro aspetto fondamentale nello sviluppo del progetto sostenibile è l'analisi ambientale.

Seppur sia un tema che meriterebbe una tesi solo su di essa, lo si tratta per fare una valutazione sugli aspetti ambientali sulla quale impatterebbe l'intervento che si propone.

A tal proposito per la sua valutazione, come metodologia di indagine viene utilizzata la VIA, Valutazione di impatto ambientale, riconosciuta e richiesta a livello istituzionale proprio per la progettazione delle infrastrutture per poter dare una valutazione di insieme per il territorio. Utile e fondamentale per valutare il valore dei benefici per l'ambiente e al tempo stesso se ci dovessero essere dei peggioramenti in tal senso.

1.3 ANALISI DI IMPATTO AMBIENTALE

La Valutazione di Impatto Ambientale è una procedura tecnico-amministrativa che ha lo scopo di individuare, descrivere e valutare, in via preventiva alla realizzazione delle opere, gli effetti sull'ambiente biogeofisico, sulla salute e benessere umano di determinati progetti pubblici o privati, nonché di identificare le misure atte a prevenire, eliminare o rendere minimi gli impatti negativi sull'ambiente, prima che questi si verifichino effettivamente.

I concetti fondamentali alla base della procedura di valutazione di impatto ambientale (già definiti nella Direttiva 85/337/CEEdel Consiglio delle Comunità europee del 27 giugno 1985) sono i seguenti :

- Prevenzione: analisi di tutti i possibili impatti derivati dalla realizzazione dell'opera/progetto, al fine non solo di salvaguardare ma anche di migliorare la qualità dell'ambiente e della vita;

- Integrazione: analisi di tutte le componenti ambientali e delle interazioni fra i diversi effetti possibili (effetti cumulativi);

- Confronto: dialogo e riscontro tra chi progetta e chi autorizza nelle fasi di raccolta, analisi ed impiego di dati scientifici e tecnici;

- Partecipazione: apertura del processo di valutazione all'attivo contributo dei cittadini in un'ottica di maggiore trasparenza

In particolare, la valutazione di impatto ambientale (VIA) per i progetti infrastrutturali, così come la VAS, è concepita per garantire che le attività antropiche siano compatibili con le condizioni per uno sviluppo sostenibile, pertanto comporta la individuazione, la descrizione e la stima degli impatti diretti ed indiretti che un progetto può avere su:

- uomo, fauna e flora;
- suolo, acqua, aria e clima;
- beni materiali e patrimonio culturale;
- valutando anche l'interazione tra tali fattori, in modo da poter individuare la soluzione progettuale più idonea al perseguimento degli obiettivi di cui al co. 3 dell'art. 4 del D.L.vo n. 152/2006.

A tal proposito la letteratura, in materia di legge, prevede lo svolgimento del Lyfe Cycle Assessment, che non verrà eseguito per mancanza di tempo e dati per poterlo calcolare in una maniera completa.

STEP 6: Analisi economico -finanziaria

Nel Quadro commune per lo sviluppo di un Progetto sostenibile, oltre all'analisi sociale ambientale e tecnico procedural, vi è anche l'analisi economico finanziaria con lo scopo di garantire la sua sostenibilità sotto il profile economico finanziaria.

Per le opere infrastrutturali, come descritto in tutti I documenti internazionali viene richiesta un analisi costi benefici per identificare la sostenibilità per la società di essa, oltre ad identificare per quanto e in che maniera esa è sostenibile a livello di benefici per la parte economica, e della convenienza all'utile dei ricavi in termini prettamente finanziari

Dunque essendo il Progetto Hyperloop Torino – Milano, un Progetto in consteso italiano e in Europa, può avere accesso ai fondi del PNRR 2021 solo nel caso in cui esso segue le linee guida del Progetto di fattibilità tecnica economica. Essendo questo lavoro di tesi incentrato sul dare una risposta concreta sotto questo punto istituzionale burocratico, ritengo l'analisi Costi Benefici il pilastro portante per l'inizio di questo Progetto.

Come immaginiamo che sia, la metodologia utilizzata è dunque di tipo monoparametrico, ovvero l'Analisi Costi Benefici.

1.4 ANALISI COSTI BENEFICI (ACB)

"L'analisi costi-benefici (*cost-benefit analysis, CBA*) è un approccio sistematico utilizzato in ambito e per eseguire valutazioni di progetti basate sulla misurazione e la comparazione di tutti i costi e i benefici direttamente e indirettamente ricollegabili agli stessi". Cosi viene descritta dal premio nobel per l'economia nel 1998 (2000), per analisi costi-benefici s'intende qualsiasi analisi che, a prescindere dalle tecniche di fatto adottate, sia basata sull'idea che sia utile intraprendere un'attività solo nel caso in cui i benefici siano superiori ai costi e che permetta di sommare costi e benefici, valutando tutte e solo le conseguenze dell'attività in esame senza il ricorso a norme o principi etici.

L'analisi costi benefici è suddivisa in fasi che consentono ad essa di avere un'impostazione rigorosa e scientificamente riconosciuta a livello internazionale.

Le diverse fasi logiche dell'analisi costi-benefici possono essere così individuate:

1. Delimitazione dell'ambito di analisi – vengono qui delimitati l'area e l'arco temporale degli effetti rilevanti del progetto da valutare. A questa fase pertiene la corretta delimitazione di:
    1. ambito geografico;
    2. gruppi di riferimento rilevanti per il *policy maker*, i soggetti in relazione ai quali il valutatore è chiamato a calcolare i benefici netti;
    3. arco temporale di riferimento – nei progetti i cui effetti si snodano in un arco temporale abbastanza lungo solitamente si distinguono due fasi: una fase di assestamento ed una di entrata a regime;

2. Individuazione di benefici e costi netti dell'intervento – in tale fase vanno individuati tutti gli effetti che si prevede l'intervento produrrà in ogni periodo, sia in termini di risorse consumate nella sua realizzazione, sia in termini di effetti positivi e negativi derivanti dallo stesso, in maniera diretta e indiretta:
    1. fissazione delle unità fisiche di misura – per ciascuna tipologia di costo e beneficio individuata in termini fisici va fissata un'unità di misura;
    2. previsione quantitativa dei costi e dei benefici – vanno fatte previsioni quantitative di ogni voce in relazione ad ogni periodo;
    3. monetizzazione di costi e benefici – va determinato il valore unitario di ciascuna voce in ciascun periodo, attraverso il riferimento ai prezzi di mercato o ai prezzi-ombra laddove il mercato sia imperfetto o non vi sia mercato per il bene da valutare; successivamente vanno moltiplicati i prezzi per le quantità previste per ottenere i valori aggregati;

3. sconto intertemporale – il valore dei benefici netti così calcolati per ogni periodo vanno attualizzati adottando un ;

4. analisi di sensibilità – data l'incertezza di alcune previsioni, è possibile costruire scenari ipotetici alternativi per le diverse variabili in cui calcolare gli eventuali cambiamenti nei risultati della valutazione.

Ciascuna di queste fasi comporta spesso e volentieri la risoluzione di problemi molto delicati e complessi, che possono necessitare di grandi quantità di informazioni e che a volte devono anche

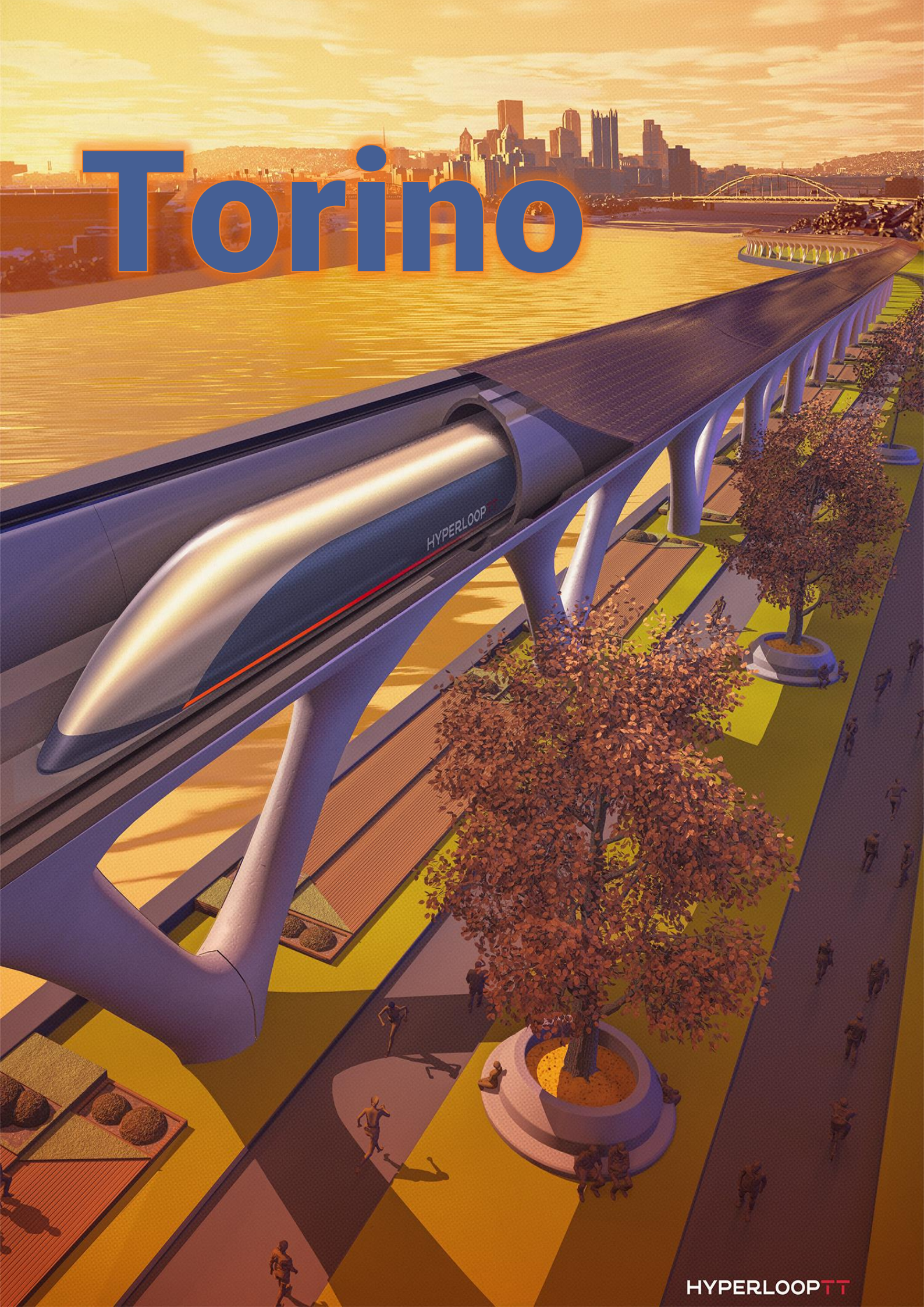
essere valutati, oltre che alle direttive di politica economica, alla sensibilità del valutatore che ne effettua l'analisi dai dati.

Questo STEP oltre ad essere un punto cruciale per lo sviluppo di tutto il lavoro di tesi è anche un tema fondamentale dal momento che al suo interno contiene tutte le informazioni rilevate e trovate con le altre analisi effettuate.

04

Progetto corridoio Hyperloop Torino-Milano

Torino



Introduzione

La tempesta del Covid-19 ha cambiato le possibilità di spostamento nel Paese e ancora non si sa per quanto tempo questa situazione continuerà. Il 2020 è stato un anno davvero complicato per chi si muoveva in treno e per chi ha dovuto gestire il servizio, con regole che sono cambiate innumerevoli volte nel corso dei mesi, di pari passo con l'evoluzione della pandemia, per cercare di garantire i distanziamenti e la sanificazione di treni e stazioni. Al tempo stesso, il 2020 è stato straordinario proprio perché l'Europa si è svegliata da un lungo silenzio ed ha deciso di investire sul futuro, con un programma straordinario di investimenti e riforme, Next Generation EU, con l'obiettivo di aiutare i Paesi a uscire dalla crisi e di puntare su un futuro più green, digitale e giusto. Per il trasporto su ferro, e soprattuto per l'alta velocità lo scenario che si apre è di grande interesse, perché sono previsti investimenti importanti che possono consentire di recuperare ritardi infrastrutturali e di collegare con la mobilità sostenibile aree del Paese, Comuni e quartieri che oggi ne sono sprovvisti.

Il Rapporto Pendolaria 2021 racconta proprio questa realtà e le opportunità che si aprono con Next Generation EU. Rispetto al passato l'analisi della situazione della rete è ridotta proprio perché stiamo uscendo da un anno particolare, mentre si è scelto di concentrare l'attenzione sul cambiamento che si può aprire con un Recovery Plan che individui le infrastrutture che servono e le riforme indispensabili in uno scenario al 2030 che si può realizzare attraverso le risorse europee (di Next Generation EU e dei fondi strutturali) e ordinarie, se si sceglie di puntare su questi aspetti invece che sulle infrastrutture stradali e autostradali. Guardare al trasporto pubblico ferroviario e locale, monitorare i problemi che vivono milioni di pendolari ogni giorno e i miglioramenti in corso, progettarne il rilancio è quello che serve ad un Paese in cui è aumentato il numero di persone e imprese in difficoltà e che può intorno a questa sfida costruire un progetto di riqualificazione diffusa. Ma cos'è successo nel 2020 sulla rete ferroviaria? Fino all'8 marzo, era in crescita ovunque il numero di persone sui treni. Dall'alta velocità, che ha continuato il suo incredibile successo (da 6,5 milioni di passeggeri l'anno nel 2008 a 40 milioni nel 2019, +515%), erano tornati a crescere finalmente i viaggi sugli intercity (+0,8% nel 2019) e anche sugli intercity notte, sui treni regionali (+0,6%) e soprattutto sulle metropolitane (+9,7%).

Una riduzione drastica delle possibilità di spostamento in treno che ha creato disagi e proteste. Ma la soppressione delle corse è un fenomeno che continua a riguardare anche la ferrovia Roma Nord, dove la situazione già prima della pandemia era pessima, con treni vecchi e lenti, in ritardo. I disagi sono continuati anche con il Covid, come denunciato dal Comitato Pendolari Ferrovia Roma Nord. Nel 2020 sono stati oltre 5.000 i treni soppressi, con punte di 100 corse saltate in un giorno (considerando le 190 totali tra urbane e extraurbane), e circa 600 in una settimana. Infine, va segnalata la difficile situazione della Lombardia a seguito della sostituzione di 139 corse con autobus, su alcune linee.

STEP 1.1

Quadro esigenziale

Situazione di partenza al 2020

Il problema del dibattito politico sui trasporti in Italia è che pone tutta l'attenzione sulle infrastrutture e non affronta le differenze che ci sono nelle dinamiche di mobilità delle persone e delle merci. Per ridurre le emissioni di gas serra provenienti dal settore dei trasporti, come previsto dai target europei vincolanti al 2030, occorre rendere competitive le modalità di spostamento a emissioni zero per le persone e per le merci, con specifiche politiche per le esigenze di ambito nazionale/internazionale e per quelle in ambito urbano. La situazione da cui partiamo è particolarmente difficile, perché in Italia la quota di modalità prevalente è quella su gomma, che copre il 62,5% degli spostamenti giornalieri delle persone, e oltre l'86% di quello merci. Ma le analisi di Isfort2 raccontano anche che il 73,9% degli spostamenti ogni giorno avviene all'interno del proprio Comune, con una percorrenza media di 11,2 km, che si riduce a 5,7 all'interno del Comune. Si tratta di distanze (il 75% è entro i 10 chilometri) che possono trovare un'alternativa in servizi di trasporto pubblico efficienti, integrati con mobilità in sharing e ciclabile (in crescita entrambi come offerta e come utilizzo).

Per cambiare questa realtà occorre individuare gli ambiti dove politiche di trasporto alternative alla gomma sono già competitive, come in ambito urbano e le direttrici ferroviarie nazionali, e aiutare la costruzione di una filiera competitiva del trasporto merci lungo le direttrici più importanti del Paese, che possano usare nel modo più efficace i treni e le navi per il trasporto oltre i 100-200 chilometri e quello su gomma, sempre più con mezzi elettrici in ambito urbano.

La grande novità degli ultimi dieci anni è che ovunque le persone trovano un servizio ferroviario competitivo sono ben felici di prendere il treno.

Per capire dove intervenire prioritariamente occorre dunque andare ad approfondire quello che è successo sulla rete ferroviaria. Il più grande cambiamento avvenuto sulla rete ferroviaria negli ultimi anni è l'entrata in esercizio dell'alta velocità che ha consentito di muovere una quota rilevante degli spostamenti in aereo e auto verso il treno lungo le direttici Napoli-Milano-Torino e Roma-Bologna-Venezia. Purtroppo, gli stessi risultati non sono avvenuti sulle altre linee nazionali "secondarie", quelle dove circolano gli Intercity. I passeggeri trasportati sui treni AV di Trenitalia sono passati dai 6,5 milioni del 2008 a 40 milioni nel 2019, con un aumento del 515%. Per Italo sono stati circa 4,5 milioni i passeggeri nel 2012 per arrivare a 17,5 milioni totali trasportati dal 2018. Alla base di questo successo è l'aumento della flotta dei treni AV, che è raddoppiata: 74 nel 2008, 144 nel 2019. La ragione sta dunque nella straordinaria crescita dell'offerta di servizio, di treni nuovi che si muovono tra Salerno, Napoli, Roma, Firenze, Bologna, Milano, Torino e Venezia.

Grandi differenze anche nelle città. In molte cresce l'uso del trasporto pubblico, come a Milano dove le linee di metropolitana segnano una continua crescita, con circa +5% rispetto al 2018 e, rispetto al 2013, un aumento del 21,1%; a Firenze dove il tram ha visto una crescita dell'80% nel 2019, arrivando a trasportare 34,5 milioni passeggeri annui e 2,9 milioni passeggeri mensili, contro rispettivamente 19,1 milioni e 1,36 milioni nel 2018 (quando era in funzione ancora solo la linea T1). Poi a Bergamo dove nel 2019 sono stati 3,82 milioni i passeggeri trasportati dal Tram delle Valli (ed una crescita costante nei 10 anni di attività) contro i 3,75 milioni del 2018.

Come progettare il futuro della mobilità sostenibile?

Se vogliamo attrarre passeggeri verso il trasporto su ferro dobbiamo potenziare e migliorare l'offerta, e integrarla con aeroporti, porti, TPL. In questi anni il potenziamento c'è stato sull'alta velocità (+70,8% dal 2011), per gli Intercity l'offerta è inferiore a dieci anni fa del 16,7%, mentre per

i treni regionali dal 2011 è aumentata di solo l'1,7%, ma con grandi differenze tra le Regioni. Complessivamente i treni in circolazione sono diminuiti, erano 3.434 nel 2014, oggi sono 2.767, anche se con un importante intervento di svecchiamento del parco rotabile in corso.

	Metro	Tranvie	Ferrovie suburbane
Francia	367,5	798,2	698,4
Germania	653,3	2029,8	2038,2
Regno Unito	672,7	250,3	1694,8
Spagna	611,4	262,8	1432,2
Italia	247,2	511,4	740,6
Italia rispetto a media (100)	**48,4**	**66,5**	**56,1**

Figura 4.1 Legambiente, Fonte: Rapporto Pendolaria 2021 - Elaborazione su dati: urbanrail.net; ATM; ATAC; MetroNapoli; MetroTorino; AMT Genova; AMT Catania; SFM Bologna; SFMR; Ferrovie dello Stato; BVG; S-Bahn-Berlin; HVV; S-Bahn-Hamburg; MVG; S-Bahn-Munich; Deutsche Bahn; VGF; VRR; KVB; VGN; VVS; dresden.de; GVH; VVW; RATP; SNCF; Transpole; TCL; Tisseo; STAR; TFL; Nexus; SPT; Mersey Rail; Midland Metro; Arriva Trains; GMPTE; WYLTP; MetroMadrid; CTM Madrid; TMB; FGC; ATM Catalunya; MetroBilbao; Euskotren; MetroValencia; MetroSevilla; Ajuntament de Palma; Renfe Cercanias; Stib; De Lijn; GVB; RET; Isfort; StatBel; CBS; Ministero delle Infrastrutture; CBRD; Ministerio de Fomento; Insee; Statistisches Bundesamt; Eurostat.

Città	Km metro	Stazioni	Km metro ogni 100mila abitanti	Stazioni ogni 100mila abitanti
Roma	60,6	73	1,4	1,68
Milano	96,8	113	2,96	3,61
Torino	13,2	21	0,58	0,93
Napoli	47	36	1,5	1,19
Berlino	156,1	174	4,26	4,75
Monaco di Baviera	94,7	96	3,51	3,55
Londra	464,2	382	3,87	3,18
Madrid	291,3	301	4,48	4,63
Barcellona	146,2	181	3,02	3,74
Parigi	221,4	304	1,77	2,42
Lione	31,8	42	1,37	1,81

Figura 4.2 Legambiente, Fonte: Rapporto Pendolaria 2021 - Elaborazione su dati: urbanrail.net; ATM; ATAC; MetroNapoli; MetroTorino; AMT Genova; AMT Catania; SFM Bologna; SFMR; Ferrovie dello Stato; BVG; S-Bahn-Berlin; HVV; S-Bahn-Hamburg; MVG; S-Bahn-Munich; Deutsche Bahn; VGF; VRR; KVB; VGN; VVS; dresden.de; GVH; VVW; RATP; SNCF; Transpole; TCL; Tisseo; STAR; TFL;

Nexus; SPT; Mersey Rail; Midland Metro; Arriva Trains; GMPTE; WYLTP; MetroMadrid; CTM Madrid; TMB; FGC; ATM Catalunya; MetroBilbao; Euskotren; MetroValencia; MetroSevilla; Ajuntament de Palma; Renfe Cercanias; Stib; De Lijn; GVB; RET; Isfort; StatBel; CBS; Ministero delle Infrastrutture; CBRD; Ministerio de Fomento; Insee; Statistisches Bundesamt; Eurostat.

Mettere al centro del Recovery Plan le scelte di mobilità al 2030 capaci di accelerare la decarbonizzazione e migliorare l'accessibilità

Il Recovery Plan andrà cambiato per chiarire gli investimenti e le riforme capaci di accelerare questo scenario con una visione al 2030, che individui gli interventi "straordinari" da spingere con i fondi europei e quelli ordinari con fondi italiani e strutturali. Passare da un confronto su opere ed elenchi ad uno sulla visione è imprescindibile se si vogliono raggiungere gli obiettivi di riduzione delle emissioni di CO2 fissati dall'Unione Europea al 2030 e al 2050.

Il settore dei trasporti produce oltre il 26% delle emissioni di CO2 in Italia e dal 1990 non ha visto riduzioni. Ora è arrivato il momento di cambiare, gli impegni europei prevedono infatti una riduzione di almeno il 90% nei prossimi 30 anni per salvare il mondo dagli impatti dei cambiamenti climatici. Possiamo cambiare la mobilità in Italia.

Lo dimostrano le tante esperienze di successo in ogni parte d'Italia, raccontate nel Rapporto Pendolaria 2021, dove si conferma la disponibilità delle persone a lasciare a casa l'auto quando trasporti alta velocità, aerei, treni, metro, tram ed autobus sono competitivi. Lo confermano le innovazioni tecnologiche e digitali che permettono di organizzare moderne filiere industriali della logistica se si dispone di porti e reti ferroviarie integrate ed elettrificate, di moderni poli di interscambio. In Italia abbiamo oltre 39,5 milioni di auto private (con un tasso di immatricolazione in crescita, con l'esclusione di Milano), 6,9 milioni tra moto e motorini, 5,7 milioni di camion e veicoli per il trasporto merci, la sfida è di ridurne il numero e aumentare le opportunità per le persone e le imprese dentro un sistema dei trasporti decarbonizzato.

Una prospettiva di questo tipo è alla portata di un Paese come l'Italia e nell'interesse dei suoi cittadini, con vantaggi non solo ambientali, come il minore inquinamento e la lotta ai cambiamenti climatici, ma in generale di qualità della vita e attrattività delle nostre città e dei territori, di opportunità di lavoro.

Il Recovery Plan deve indicare i target che si vogliono realizzare al 2030 e sulla base di questi individuare investimenti, riforme e sistemi di monitoraggio. Il primo obiettivo è raddoppiare il numero di persone che si muove in treno nei collegamenti ferroviari nazionali.

Come dimostra il rapporto Pendolaria 2021, il servizio ad alta velocità Roma-Napoli, dove è aumentato di 4 volte il numero di persone che si sposta in treno, che ha invertito il rapporto con i viaggi in aereo e oggi è preferito in 7 viaggi su 10, si possono stravolgere le dinamiche di mobilità con un servizio efficiente e comodo. Nel periodo 2008-2018 nelle città intorno alla rete dell'alta velocità il PIL è cresciuto del 7-8% in più di quelle fuori dal servizio, secondo uno studio del Sole24ore.

Sempre dalle ricerche effettuate da Legambiente, nel 2019, prima della pandemia e delle conseguenti restrizioni, il numero di coloro che ogni giorno prendeva il treno per spostarsi su collegamenti nazionali era di circa 50mila persone sugli Intercity e 170mila sull'alta velocità tra le frecce di Trenitalia ed Italo. A dimostrare che è possibile realizzare questi risultati è l'andamento

della domanda per questa tipologia di treni dove, dal 2014, l'aumento dei passeggeri è stato del 35,3%, con una media annuale di +5,9%.

Si potrebbero dunque tentare il raddoppio di questi numeri mettendo in connessione la rete ferroviaria con porti e aeroporti, in modo da permettere alle persone di spostarsi in modo semplice, senza auto, nei territori e spingere così sia l'economia che il turismo, ed eliminando le barriere che oggi incontra la logistica delle merci nel nostro Paese.

É possibile un cambiamento perché i dati Istat evidenziano dei numeri incredibili di pendolarismo nelle città (1,34 milioni ogni giorno a Roma, 650mila persone a Milano, 420mila a Torino, 380mila a Napoli, secondo il censimento 2011). Vanno quindi fissati obiettivi di aumento dell'offerta di trasporto pubblico nei PUMS delle principali città per puntare a raddoppiare il numero di persone che viaggiano su treni regionali, metro, tram e autobus a Roma, Milano, Napoli, Torino e nelle altre città metropolitane (potenziando ed integrando le diverse forme di mobilità sostenibili).

Allo stesso modo deve crescere il numero di persone che ogni giorno prende il treno nelle Regioni, a partire da quelle che hanno visto ridurre i passeggeri come la Campania, la Calabria e la Basilicata. Perché quanto avvenuto all'estero deve diventare realtà anche da noi.

Come Hyperloop potrebbe risolvere i problemi di collegamento portuale e aeroportuale con le grandi città?

Un innovativo sistema di gestione automatica, tramite Intelligenza artificiale comanderebbe questa moderna soluzione di trasporto delle merci direttamente dalle piattaforme del porto alle capsule. Ciò permetterebbe si aumentare notevolmente il trasporto giornaliero di container agli interporti nelle grandi città.

Figura 4.3 HyperloopTT Port, Fonte: HyperloopTT

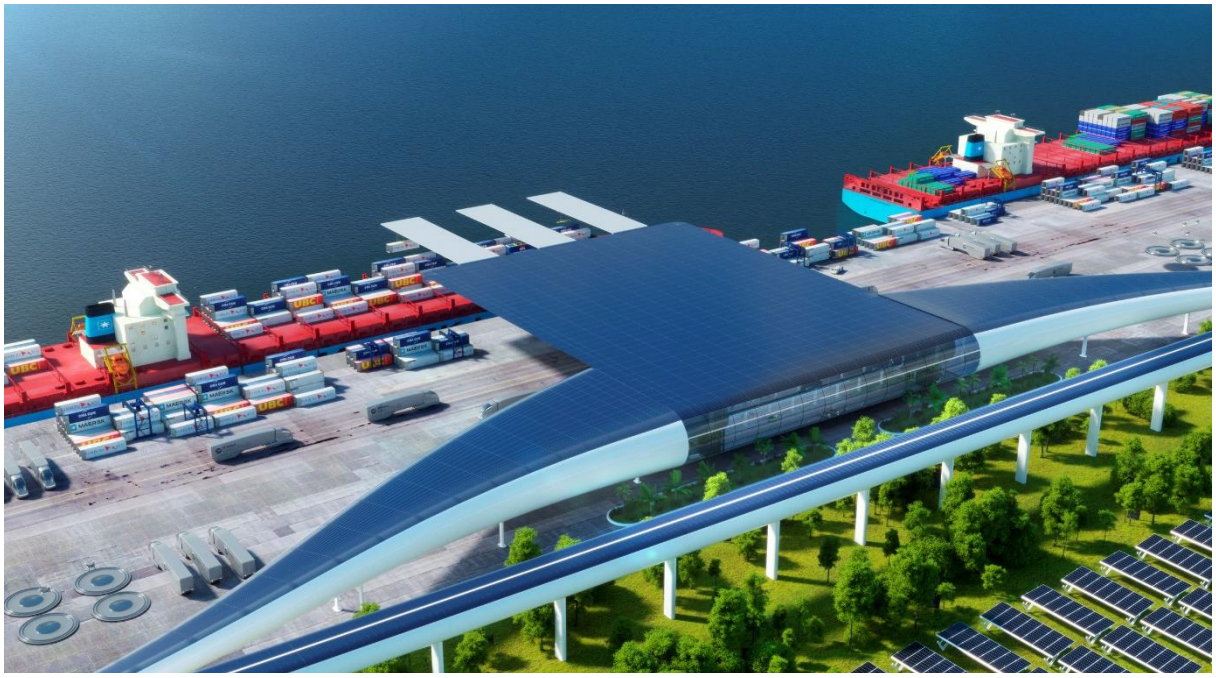


Figura 4.4 HyperloopTT Port, Fonte: HyperloopTT

Come potrebbe eliminare i problemi dei pendolari in merito ai ritardi dei treni?

I pendolari chiedono sempre più spesso possibili alternative di trasporto, per mezzo di stazioni che sappiano accogliere differenti modalità di trasporto. Proprio a grazie a questo, come possiamo vedere qui sotto in un render che rappresenta una stazione del futuro, vediamo differenti ecosistemi e infrastrutture unirsi per garantire ai fruitori un servizio efficiente e multimodale. La multimodalità è proprio il servizio più richiesto dai fruitori a cui piacerebbe fare una passeggiata a piedi o in bici quando le condizioni metereologiche lo consentono, e poter usufruire di servizi veloci ed efficienti proprio quando il mal tempo non aiuta il classico giro in bici casa lavoro, o prendere il pulmann con i marcipiedi ghiacciati, o ancora prendere il treno in sovraffollamento del 7 del mattino perché non funziona il treno prima. Forse Hyperloop non ha la bacchetta magica ma di sicuro molti problemi li potrebbe risolvere senza dubbio.

Figura 4.5 HyperloopTT Port, Fonte: HyperloopTT

L'intermodalità tra le diverse modalità di trasporto oggi, ma soprattutto in futuro sarà l'alternativa valida per dare un cambiamento significativo in termini di emissioni, comodità per gli usufruitori dei servizi e in particolar modo per il trasporto delle merci. Se oggi un'azienda come amazon con i trasporti che già c'erano è riuscita a semplificare la procedura logistica per portare gli ordini ai clienti in molto meno tempo ottimizzando laddove cerano perdite significative di performance, con un sistema così efficace, efficiente sicuro e trasversale potrebbe azzerare le distanze tra le persone del mondo e riscrivere i concetti di spazio e tempo.

Come riuscirebbe a cambiare il modo di muoversi tra le grandi città?

I risultati si vedono nel grafico qui sopra redatto dall'azienda statunitense Hyperloop One per il feasibility study tra Dubai e Abu Dhabi, si riducerebbero sensibilmente I tempi di percorrenza media tra le città. Diventerebbe tutto molto più semplice e con meno incidenti. Questo aumenterebbe

sensibilmente il numero di viaggi, ridurrebbe le emissioni e renderebbe il trasporto più sicuro accessibile e per tutti.

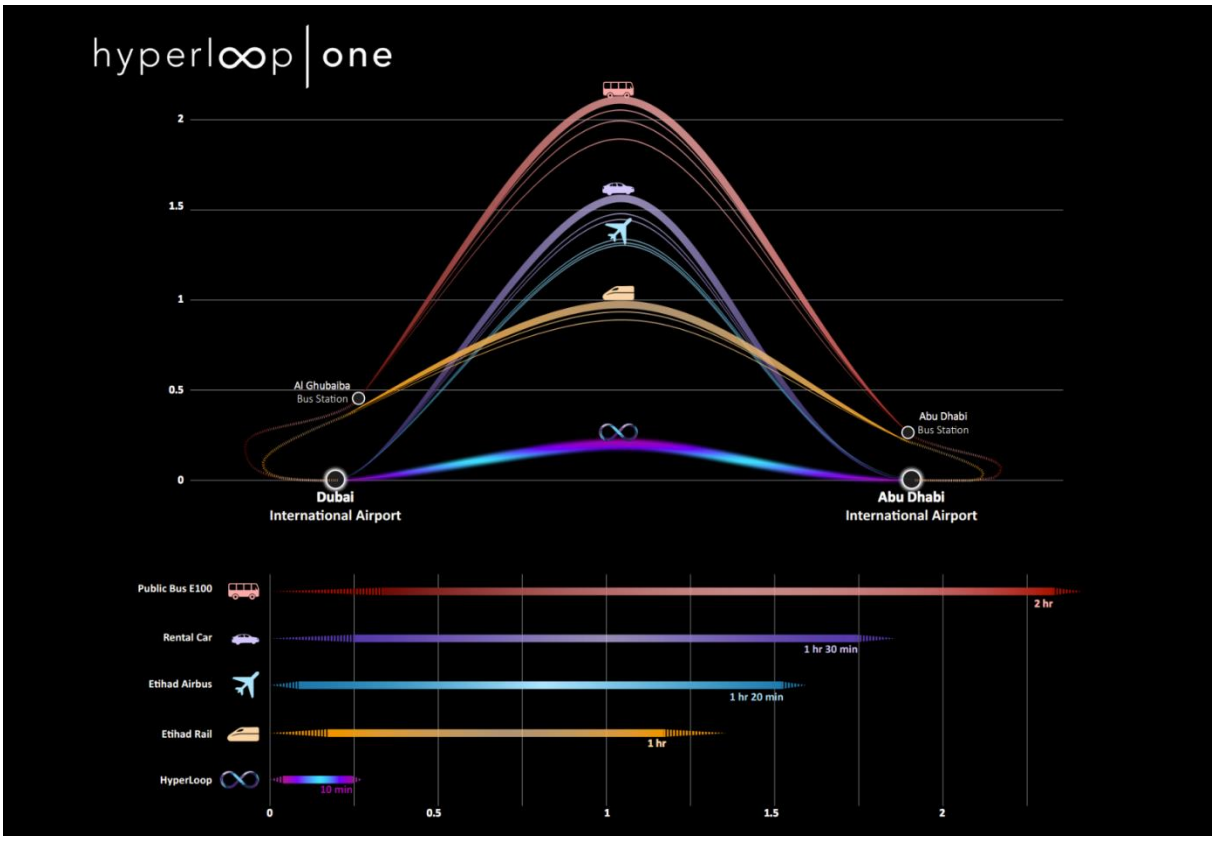


Figura 4.6 Hyperloop One Feasability study, Fonte: Hyperloop One

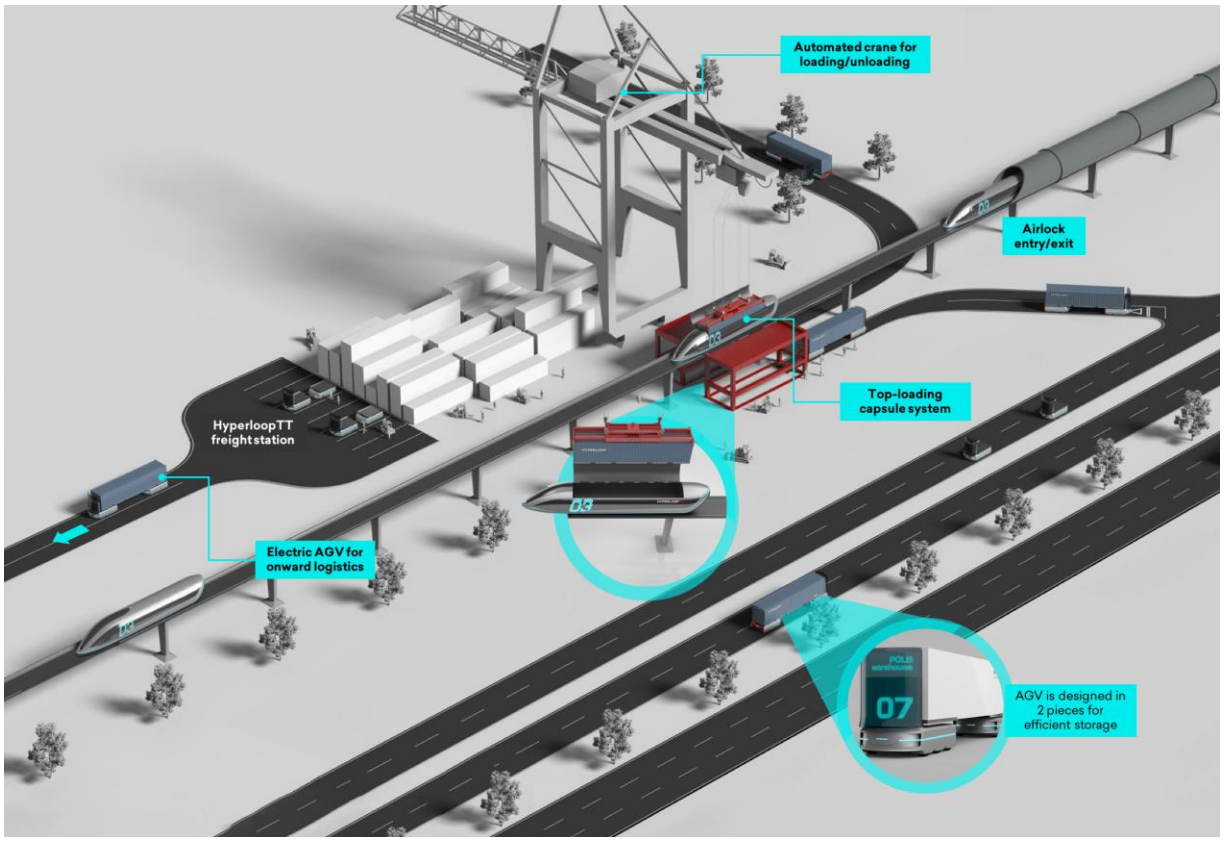


Figura 4.7 Hyperloop TT Feasability study, Fonte: Hyperloop TT

Questo riguarda sia il trasporto di passeggeri che di merci. Forse per certi versi farebbe paura a molti settori come i trasporti su gomma, come tutti quei lavori nati con l'avvento di alcune tecnologie che riteniamo per molti versi ormai superati.

Qui sotto possiamo notare le richieste dei pendolari e in generale di tutta la popolazione italiana che magari ora non utilizza treni o mezzi pubblici, ma che lo farebbe se non avesse continui ritardi e problema il Sistema.

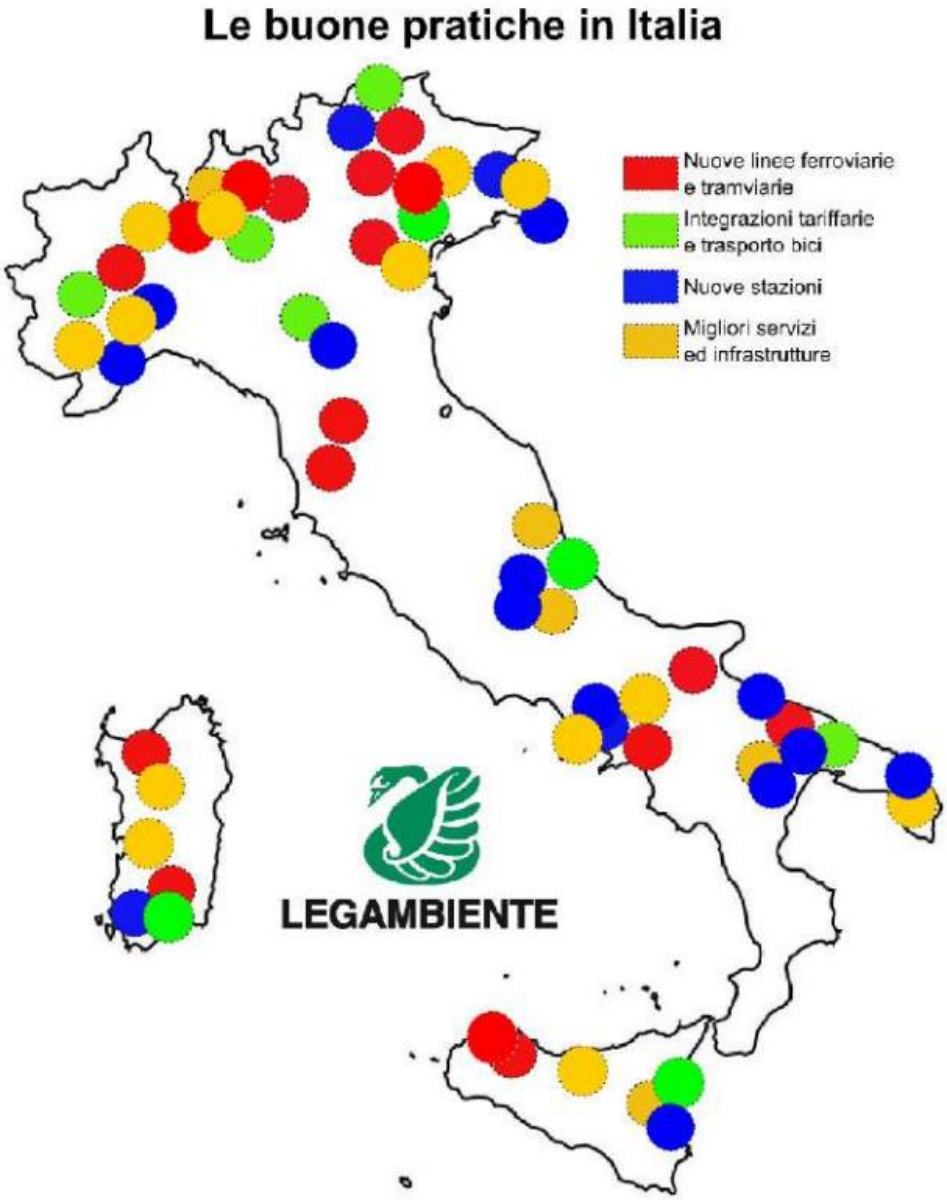


Figura 4.8 Pendolaria 2021, Fonte: Legambiente

E' interessante notare la grande quantità di persone che ha dato la sua impressione per quanto riguarda un possible up-grade che vorrebbe per la zona in cui si serve dei servizi. Al Nord e al Sud troviamo la maggior parte dei progetti in programma. Concentrandoci al Nord noteremmo che nei 3 grandi centri, Torino – Milano – Venezia dove oggi sono presenti tutti i servizi metropolitan, tram bus, treni regionali e alta velocità il sogno dei pendolari sia la richiesta di integrazioni tariffarie e il trasporto bici, a significare che manca l'intermodalità tra i sistemi di trasporto. Spostandoci dai grandi centri però, ci accorgeremmo che le richieste sarebbero molte altre, per esempio i pallini rossi che possiamo immaginare essere Chivasso , Bergamo , Brescia, Padova, Trento, c'è una

richiesta di nuove line ferroviarie, e nelle zone limitrofe sempre al corridoio Torino -Milano- Venezia notiamo molti pallini gialli che sono una richiesta di migliori servizi ed infrastrutture in genere.

Inquadramento della strategia Hyperloop al Nord

Partendo da questo presupposto di base potremmo ricollegarci al capitol di inquadramento delle infrastruttura in costruzione nei prossimi anni in queste regioni, Avremmo la prosecuzione dall'alta velocità tra Torino e Lione, che dovrebbe unirsi con la Torino Milano. Abbiamo parlato dei 30000 km italiani di corridoi relitto. Sorge spontaneo chiedersi: Perchè non si inizia la sperimentazione del Sistema Hyperloop in visione delle olimpiadi di Milano 2026 ? o di nuovo , perchè non si sfrutta il recovery found per rilanciare l'italia e arrivare primi in una nuova tecnologia come Hyperloop, mostrandola e facendola provare al mondo intero in un evento di scala globale ?

Queste sono solo alcune delle domande che sorgono spontanee dinnanzi ad una tecnologia che rivoluzionerebbe il future di questi grandi nuclei urbani del Nord.

Da sempre le grandi infrastrutture sono iniziate nella pianura padana per le ragioni più svariate potremmo pensare, ma in realtà perchè per conformazione naturale, come abbiamo visto nel capitol 2.2.3. Dunque se per costruire un infrastruttura efficiente ed efficace bisogna tener conto di un territorio e della sua natura, bhe abbaimo un territorio piano, con poche problematiche, una grande quantità di collegamenti per la cantierizzazione, un enorme quantità di industrie che ne beneficerebbero di tutto questo.

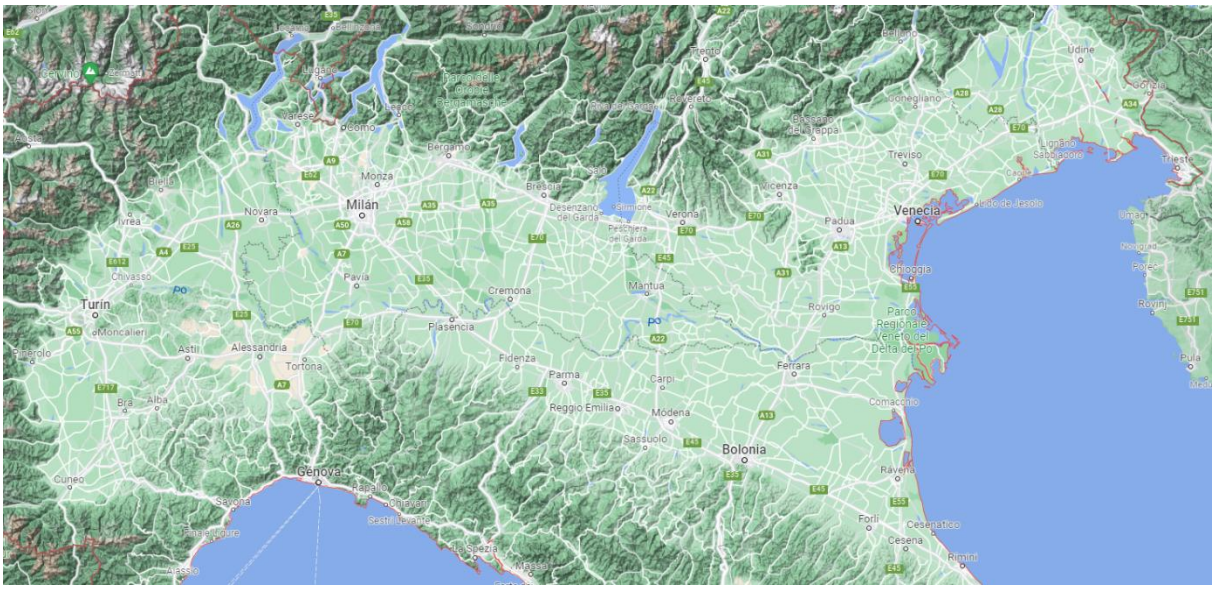


Figura 4.9 Nord Italia, Fonte: Google Maps

Analizzando dunque il territorio dal punto di vista orografico, noteremmo proprio l'assenza nei tracciati tra queste grandi località di zone impervie, ma semmai,corridoi già costruiti e studiati da infrastrutture viarie e ferroviarie dell'alta velocità che somigliano per certi versi alla progettazione di un Hyperloop.

STEP 1.2

DOCFAP Documento delle fattibilità alternative

DOCFAP – Documento di fattibilità delle alternative progettuali

La strategia: Corridoi Hyperloop Torino-Milano-Venezia-Trieste e Torino- Genova

Sorge spontaneo chiedersi perché scegliere l'ultravelocità tra Torino-Milano-Venezia-Trieste e Torino-Genova per rilanciare una mobilità sostenibile del paese, e in particolar modo dell'Europa?

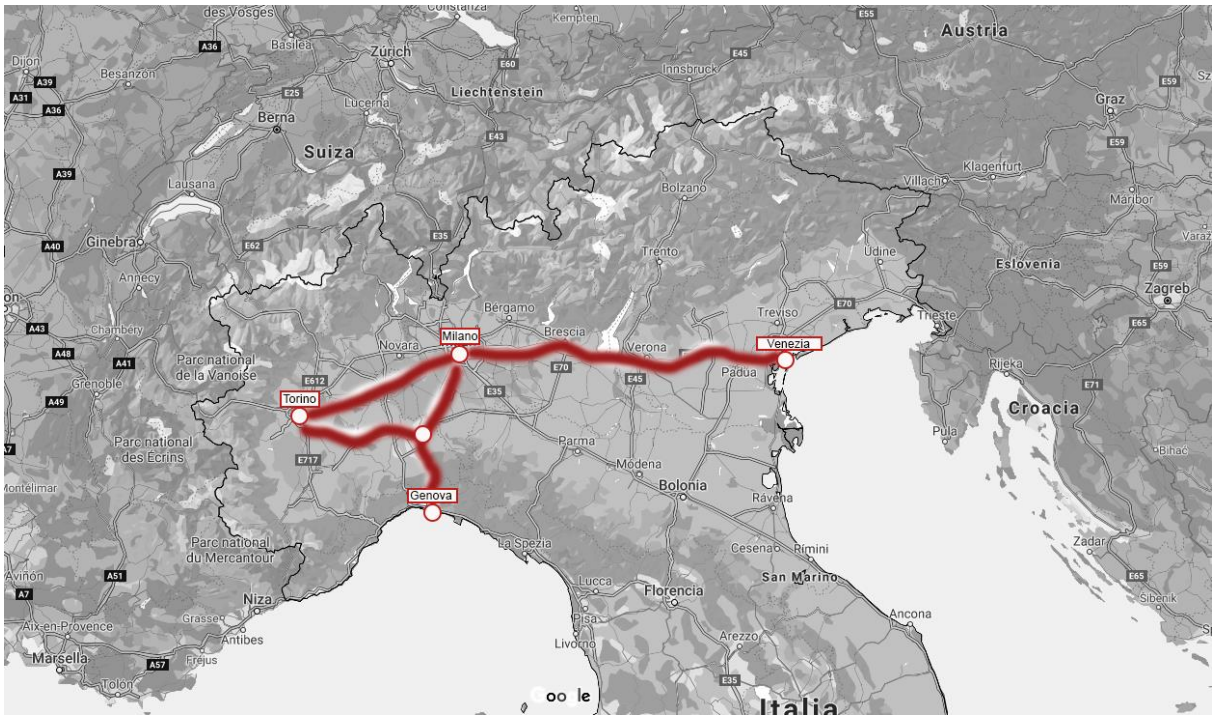


Figura 4.10 Descrizione delle strade Hyperloop per il Nord Italia, disegno redatto dall'autore su base cartografica. Fonte: Google Maps

Il nord Italia è terreno fertile per grandi infrastrutture lineari grazie alla pianura padana che ha sempre permesso di costruire grandi infrastrutture in breve tempo. È luogo perfetto per la sperimentazione di una nuova infrastruttura come l'Hyperloop. Il tratto autostradale Torino-Milano-Venezia-Trieste, infatti, è la tratta perfetta per intercettare una grande quantità di passeggeri e merci sottraendolo dal traffico veicolare che corre quotidianamente sulle autostrade piemontesi, lombarde e venete, alla quale già precedentemente è stata affiancata la tratta ferroviaria di alta velocità tra Torino-Milano-Venezia, in occasione delle olimpiadi di Torino 2006. Pare essere un'ottima occasione in vista delle olimpiadi di Milano-Cortina 2026 affiancare a questa rete esistente di grandi infrastrutture una quinta infrastruttura: Hyperloop.

Quest'infrastruttura così lunga e complessa andrebbe scomposta in 5 lotti di costruzione così suddivisi:

- Torino – Milano
- Milano – Brescia
- Brescia – Verona
- Verona – Venezia
- Venezia – Trieste

Strategicamente parlando a livello europeo, lo sviluppo di test track Hyperloop potrebbe essere sviluppato ovunque, l'unica condizione sarebbe quella di sfruttare un corridoio relitto per ridurre le tempistiche riguardanti le operazioni di esproprio dei terreni.
A livello italiano la tratta Venezia Trieste sarebbe quella più ovvia, ma richiederebbe un grande sforzo a livello infrastrutturale per le caratteristiche morfologiche della regione non favorevoli.

Ma se analizziamo le scelte strategiche passate, si è sempre partiti a costruire un infrastruttura sempre per 2 grandi poli economici, e in questo caso io penserei alla tratta Torino Milano perché consentirebbe di sfruttare i corridoi relitto per più del 90 percento dell'infrastruttura, avrebbe una finalità di innovazione tecnologica per il territorio piemontese e lombardo, e sfrutterebbe il capoluogo piemontese nella quale risiederà il polo per l'Intelligenza artificiale, che aiuterebbe moltissimo la sperimentazione per la gestione del sistema Hyperloop che sfrutta l'intelligenza artificiale per far funzionare il sistema.

Un'altra possibile tratta che migliorerebbe i collegamenti con l'Europa potrebbe essere la tratta Torino-Genova, che se unita alla futura infrastruttura dell'alta velocità Lione-Torino, tutt'ora in costruzione, aiuterebbe a decongestionare le autostrade di autotreni, e velocizzerebbe il trasporto rendendo il porto di Genova l'infrastruttura più dinamica e capiente di tutta Europa.

Caratteristiche - Tratta Interporto- Torino Porta susa - Genova Porto				
Alternative	Hyperloop	Treno Alta Velocità	Aereoplano	Automobile
Costi	90 €	40 €	/	40 €
Distanza [Km]	171	171	/	171
N°passeggeri capsula/vagone	50	457	/	5
Frequenza [n partenze/h]	15	3	/	/
N°passeggeri max ogni ora	750	1371	/	/
Tempo di viaggio [min]	20	55	/	120

Figura 4.11 Tabella delle caratteristiche della tratta Hyperloop Torino - Genova per il Nord Italia, redatta dall'autore.

Caratteristiche - Tratta Interporto - Torino Porta susa - Trieste				
Alternative	Hyperloop	Treno Alta Velocità	Aereoplano	Automobile
Costi	200 €	90 €	250 €	124 €
Distanza [Km]	545	545	545	545
N°passeggeri capsula/vagone	50	457	200	5
Frequenza [n partenze/h]	15	3	/	/
N°passeggeri max ogni ora	750	1371	/	/
Tempo di viaggio [min]	50	300	240	310

Figura 4.12 Tabella delle caratteristiche della tratta Hyperloop Torino -Trieste per il Nord Italia, redatta dall'autore.
Queste 2 dorsali di unione del Piemonte al mare ligure e veneto e alla vicina Francia, renderebbero essa la nuova regione economica e della mobilità sostenibile italiana. Questo ambizioso progetto diminuirebbe i tempi di lontananza tra Torino, Milano, Venezia e Genova, abbasserebbe il numero di autotreni che quotidianamente affolla le città favorendo una mobilità sostenibile a livello economico, ambientale e sociale; il che provocherebbe anche un drastico abbassamento delle

polveri sottili che rende ostaggio da molti decenni le regioni della pianura padana. Sarebbe dunque un volano in termini lavorativi, un polo di innovazione tecnologica e una pole position strategica a livello mondiale che produrrebbe ricadute anche e non solo in termini di attrazione turistica per tutte le città italiane limitrofe, ma consentirebbe di poter testare una nuova infrastruttura "green, sustainable, smart and clean". E ancora una volta l'Italia potrebbe scrivere una pagina di storia inedita.

Tra Torino e Trieste come abbiamo potuto notare ci sono 5 macro tratte, di all'incirca 100 km tra i due estremi, ma essendo un Progetto innovative, mai stato fatto prima, se non qualche esperimento in scala 1:2, si reputa necessaria una scelta intermedia di una tratta per capire se veramente a livello tecnico ed economico sia una scelta vantaggiosa o meno per il nostro paese.
Facendo un rapido calcolo macroeconomico, seguendo i dati economici da me ricavati nella stesura della fattibilità economica di un corridoio hyperloop, un costo medio di Hyperloop che poggia su pali si aggira intorno ai 40 Ml di euro, mentre in galleria, i costi lieviterebbero a 65 Ml di euro circa.
E' presto fare un calcolo di quanto potrebbe costare un corridoio Hyperloop tra Torino e Trieste con un percorso che segue l'alta velocità attuale tra Torino e Venezia. Stiamo parlando di 550 km, che verrebbero tutti percorsi in elevato, meno che l'ingresso nei grandi centri abitati dove si interrerebbe la tratta.

550 x 40 Ml = 22.000.000.000 €

Ora ragionando sulla cifra appena trovata; si può ben intendere, che investire 22 miliardi di euro su una tecnologia che ancora non si conosce sarebbe una scelta azzardata. Ma soprattutto, chi investirebbe una somma tale su un Progetto che ancora non ha avuto luogo?
E' comprensibile che bisogni decidere e scegliere strategicamente una tratta tra le 6 prima citate.

Si procederà nell'esposizione delle caratteristiche delle tratte con un analisi SWOT delle 6 diverse tratte. Le conclusion saranno utili per la scelta della tratta di studio, che miri al completamento del quadro esigenziale della situazione attuale sui trasporti alta velocità, e, che individui un alternativa infrastrutturale come progetto.

1° Tratta Torino-Milano

Localizzazione

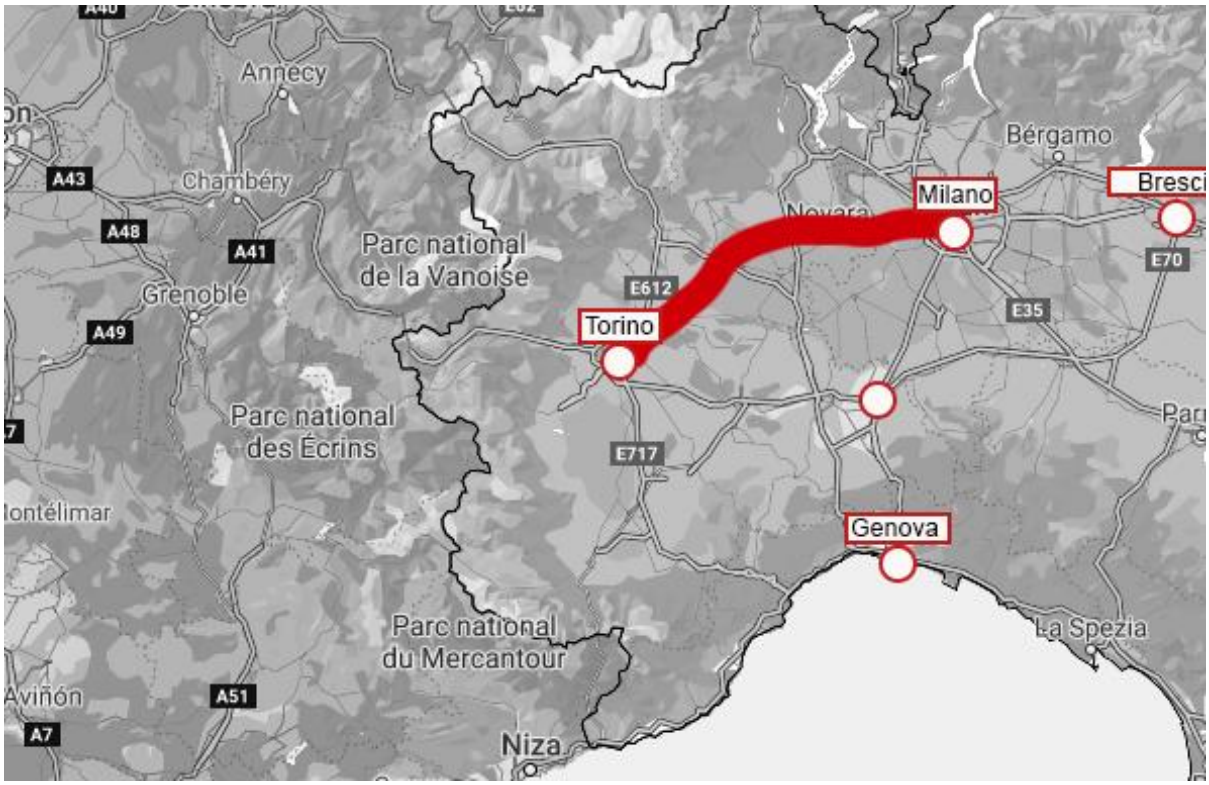


Figura 4.13 Descrizione del corridoio Hyperloop tra Torino - Milano per il Nord Italia, disegno redatto dall'autore su base cartografica. Fonte: Google Maps

Torino e Milano sarebbe una tratta dagli innumerevoli vantaggi a livello strategico e commerciale, di seguito sono riportate alcune caratteristiche tecniche della tratta e un analisi SWOT dei vantaggi e svantaggi.

Caratteristiche - Tratta Interporto - Torino Porta susa - Milano Rho fiera				
Alternative	Hyperloop	Treno Alta Velocità	Aereoplano	Automobile
Costi	80 €	40 €	/	45 €
Distanza [Km]	145	145	/	156
N°passeggeri capsula/vagone	50	457	/	5
Frequenza [n partenze/h]	15	3	/	/
N°passeggeri max ogni ora	750	1371	/	/
Tempo di viaggio [min]	15	55	/	110

Figura 4.14 Tabella delle caratteristiche della tratta Hyperloop Torino - Milano per il Nord Italia, redatta dall'autore.

Figura 4.15 Analisi SWOT della tratta Hyperloop Torino - Milano per il Nord Italia, redatta dall'autore.

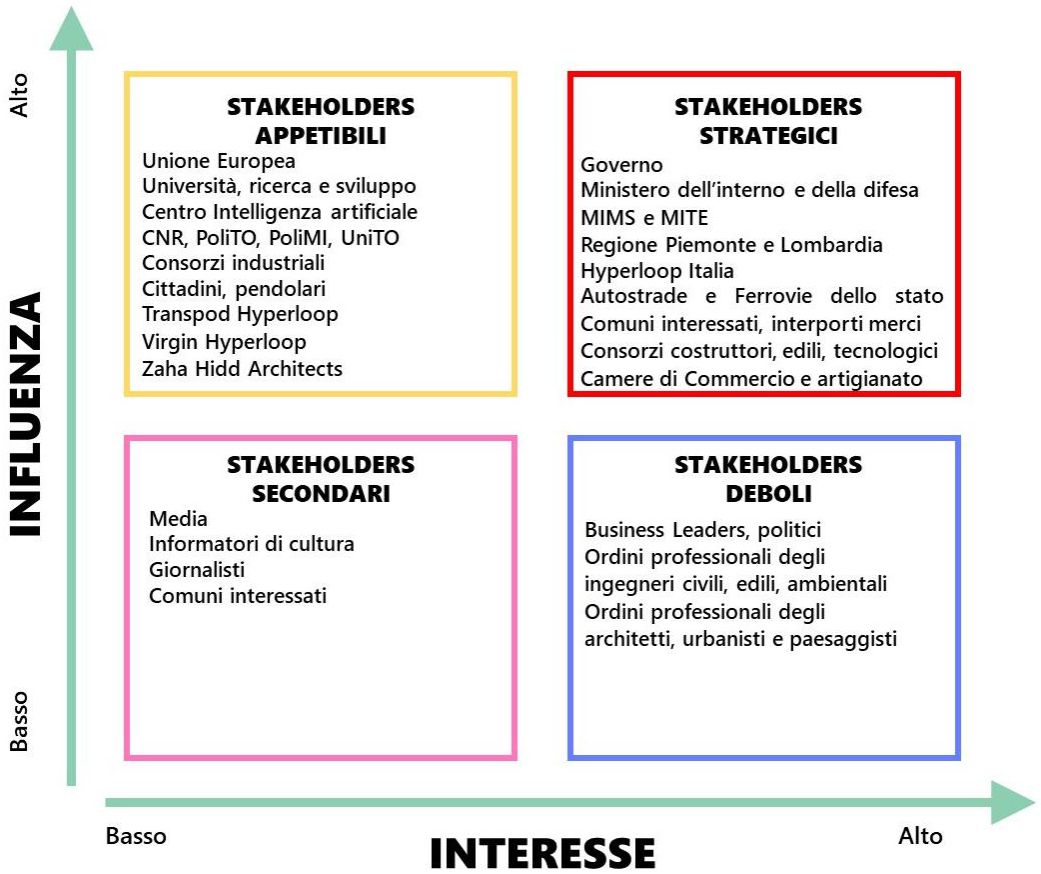


Figura 4.14 *Analisi Stakeholders* della tratta Hyperloop Torino - Milano per il Nord Italia, redatta dall'autore.

2° Tratta Milano-Brescia

Localizzazione

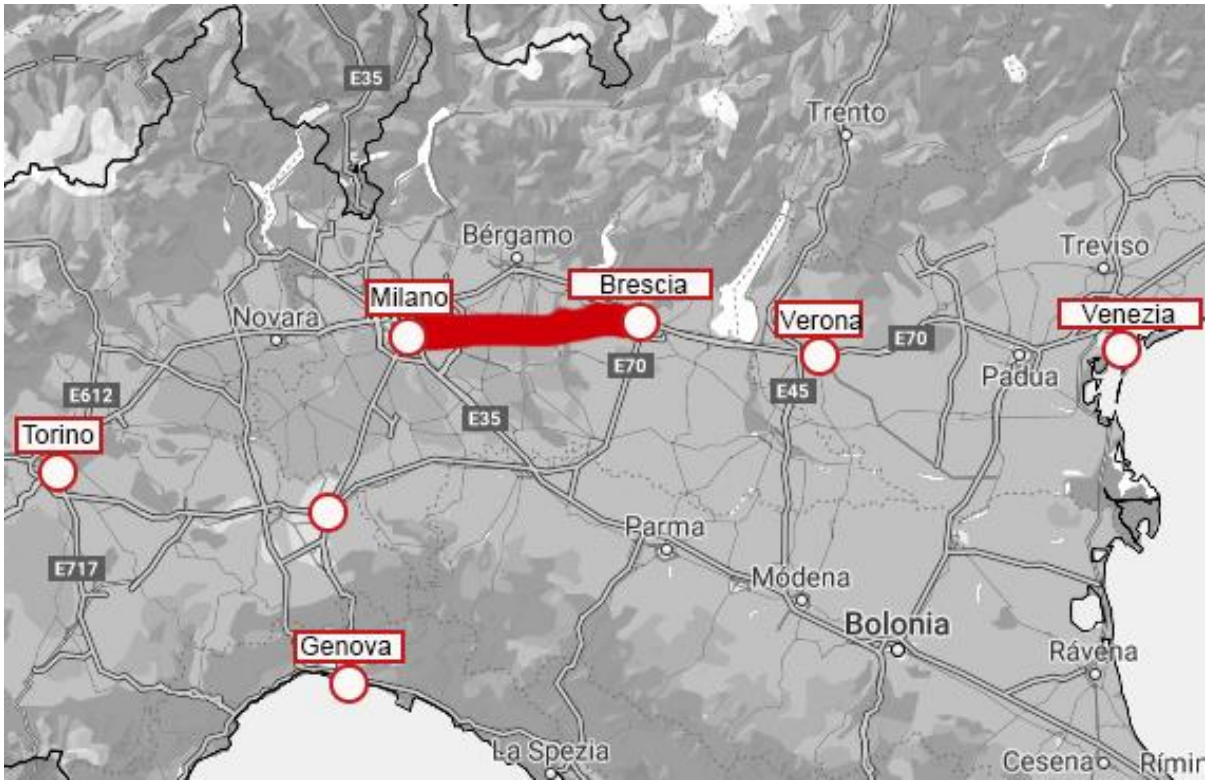


Figura 4.16 Descrizione del corridoio Hyperloop Milano - Brescia per il Nord Italia, disegno redatto dall'autore su base cartografica. Fonte: Google Maps

Milano Brescia sarebbe una tratta dagli innumerevoli vantaggi a livello strategico e commerciale vista la centralità nella penisola; di seguito sono riportate alcune caratteristiche tecniche della tratta e un analisi SWOT dei vantaggi e svantaggi.

Caratteristiche - Tratta Milano Rho fiera - Brescia				
Alternative	Hyperloop	Treno Alta Velocità	Aereoplano	Automobile
Costi	70 €	35 €	/	30 €
Distanza [Km]	100	100	/	100
N°passeggeri capsula/vagone	50	457	/	5
Frequenza [n partenze/h]	15	3	/	/
N°passeggeri max ogni ora	750	1371	/	/
Tempo di viaggio [min]	15	36	/	80

Figura 4.17 Tabella delle caratteristiche della tratta Hyperloop Milano- Brescia per il Nord Italia, redatta dall'autore.

Figura 4.18 Analisi SWOT della tratta Hyperloop Milano – Brescia per il Nord Italia, redatta dall'autore.

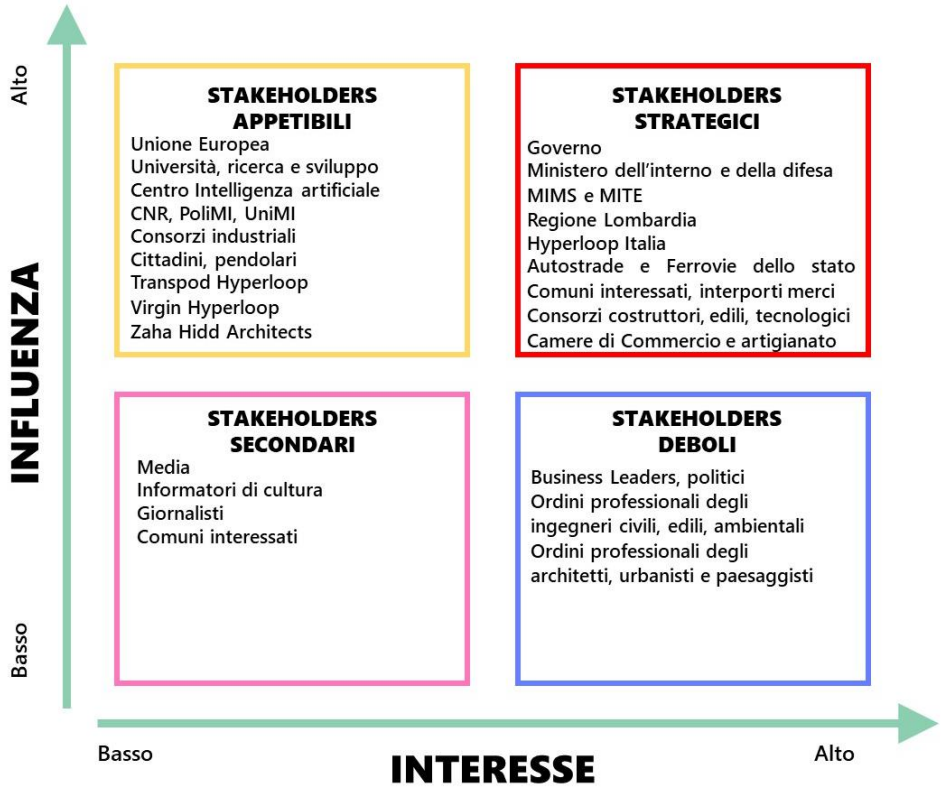


Figura 4.19 Analisi Stakeholders della tratta Hyperloop Milano – *Brescia* per il Nord Italia, redatta dall'autore

3° Tratta Brescia – Verona

Localizzazione

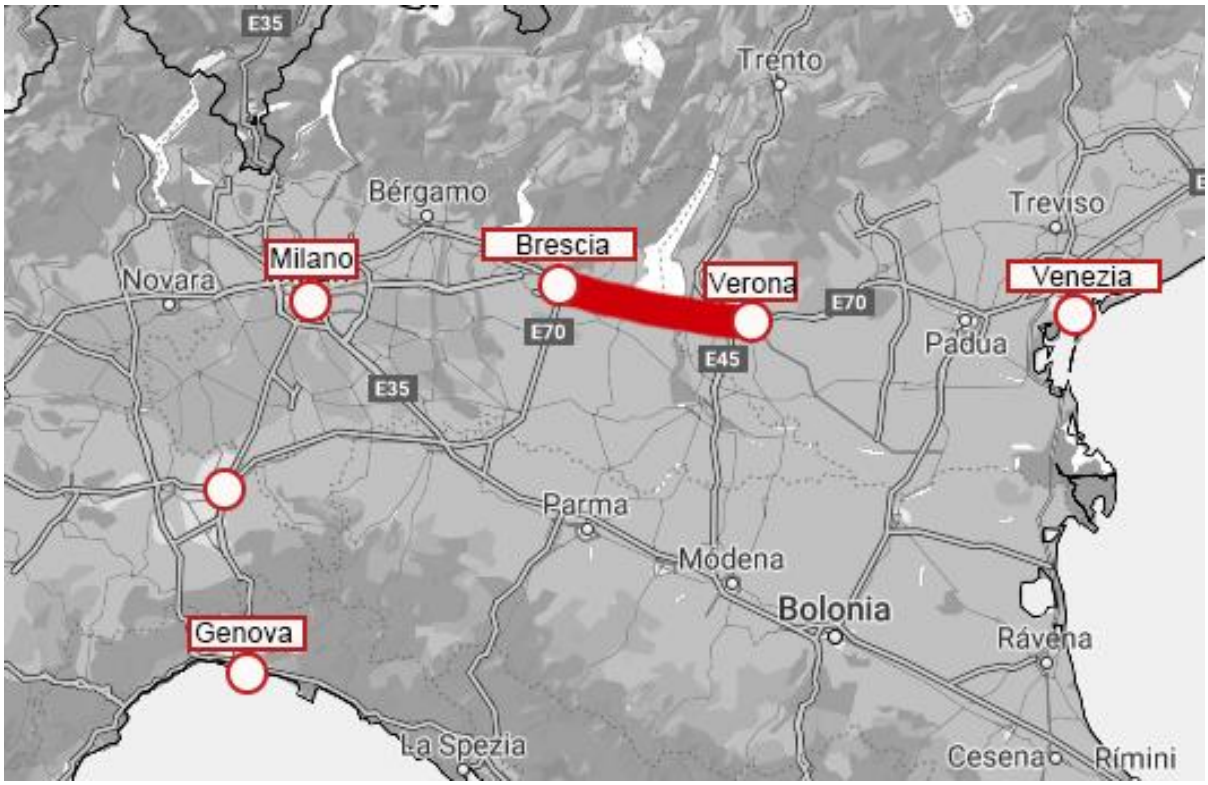


Figura 4.1.19 Descrizione del corridoio Hyperloop Brescia - Verona per il Nord Italia, disegno redatto dall'autore su base cartografica. Fonte: Google Maps

Brescia Verona sarebbe una tratta dagli innumerevoli vantaggi a livello strategico, turistico e commerciale vista la centralità nella penisola e la vicinanza con il lago di Sirmione; di seguito sono riportate alcune caratteristiche tecniche della tratta e un analisi SWOT dei vantaggi e svantaggi.

Caratteristiche - Tratta Brescia - Verona				
Alternative	Hyperloop	Treno Alta Velocità	Aereoplano	Automobile
Costi	50 €	25 €	/	15 €
Distanza [Km]	70	70	/	70
N°passeggeri capsula/vagone	50	457	/	5
Frequenza [n partenze/h]	15	3	/	/
N°passeggeri max ogni ora	750	1371	/	/
Tempo di viaggio [min]	15	35	/	50

Figura 4.20 Tabella delle caratteristiche della tratta Hyperloop Brescia - Verona per il Nord Italia, redatta dall'autore.

Figura 4.21 Analisi SWOT della tratta Hyperloop Brescia - Verona per il Nord Italia, redatta dall'autore.

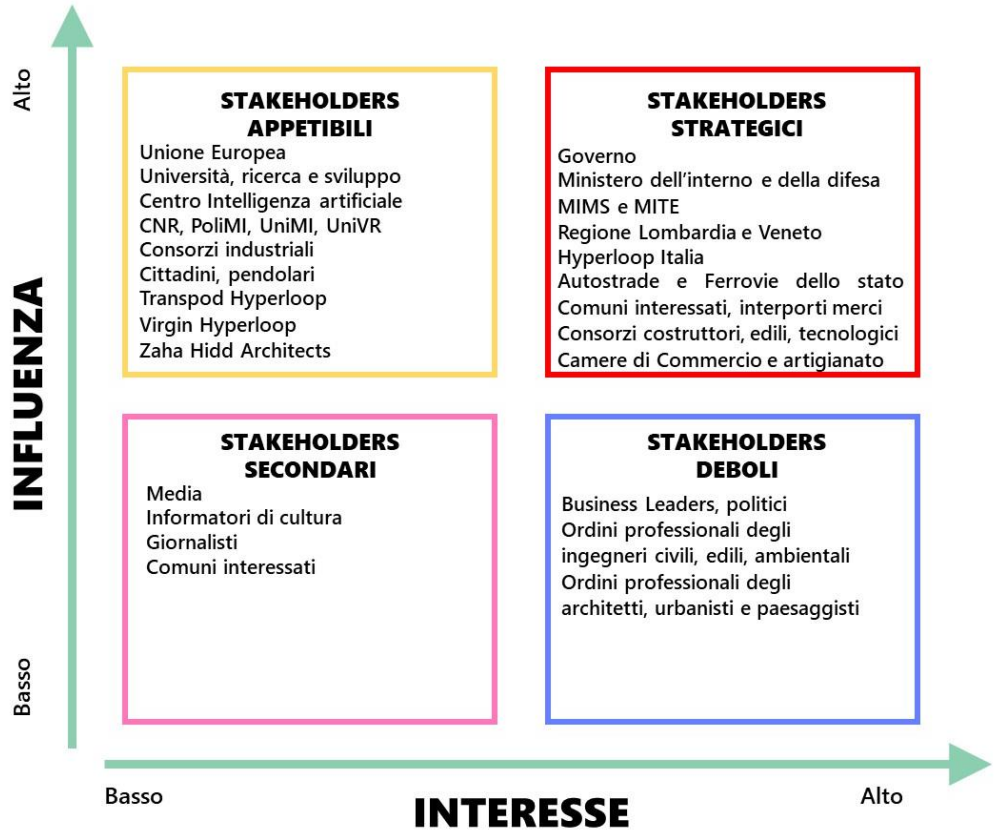


Figura 4.22 Analisi Stakeholders della tratta Hyperloop *Brescia - Verona* per il Nord Italia, redatta dall'autore

4° Tratta Verona - Venezia

Localizzazione

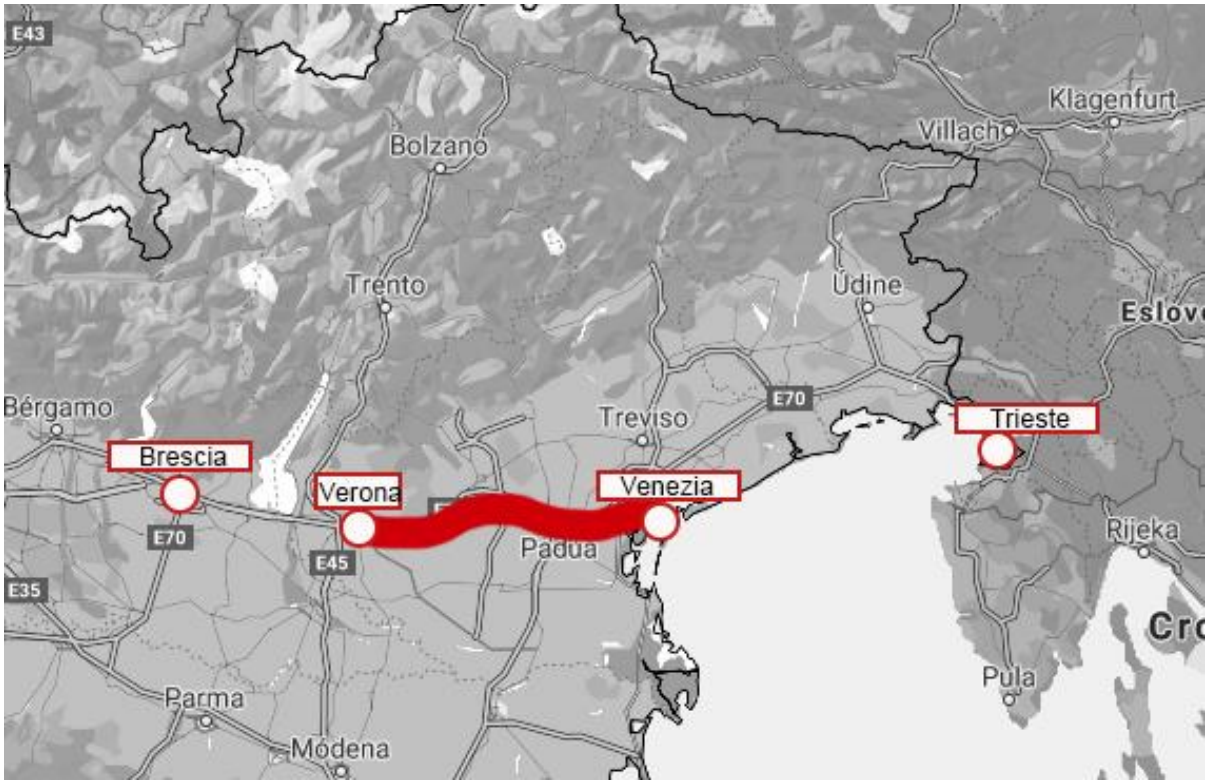


Figura 4.23 Descrizione del corridoio Hyperloop Verona – Venezia per il Nord Italia, disegno redatto dall'autore su base cartografica. Fonte: Google Maps

Verona - Venezia sarebbe una tratta dagli innumerevoli vantaggi a livello strategico portuale, turistico e commerciale vista la centralità nella penisola e la vicinanza con il golfo veneziano e il port oche in future diventerà il porto di approdo delle merdi per il corridoio della seta. Di seguito sono riportate alcune caratteristiche tecniche della tratta e un analisi SWOT dei vantaggi e svantaggi.

Caratteristiche - Tratta Verona - Venezia				
Alternative	Hyperloop	Treno Alta Velocità	Aereoplano	Automobile
Costi	80 €	30 €	/	25 €
Distanza [Km]	124	124	/	124
N°passeggeri capsula/vagone	50	457	/	5
Frequenza [n partenze/h]	15	3	/	/
N°passeggeri max ogni ora	750	1371	/	/
Tempo di viaggio [min]	15	75	/	110

Figura 4.24 Tabella delle caratteristiche della tratta Hyperloop Verona - Venezia per il Nord Italia, redatta dall'autore.

Figura 4.25 Analisi SWOT della tratta Hyperloop Verona - Venezia per il Nord Italia, redatta dall'autore.

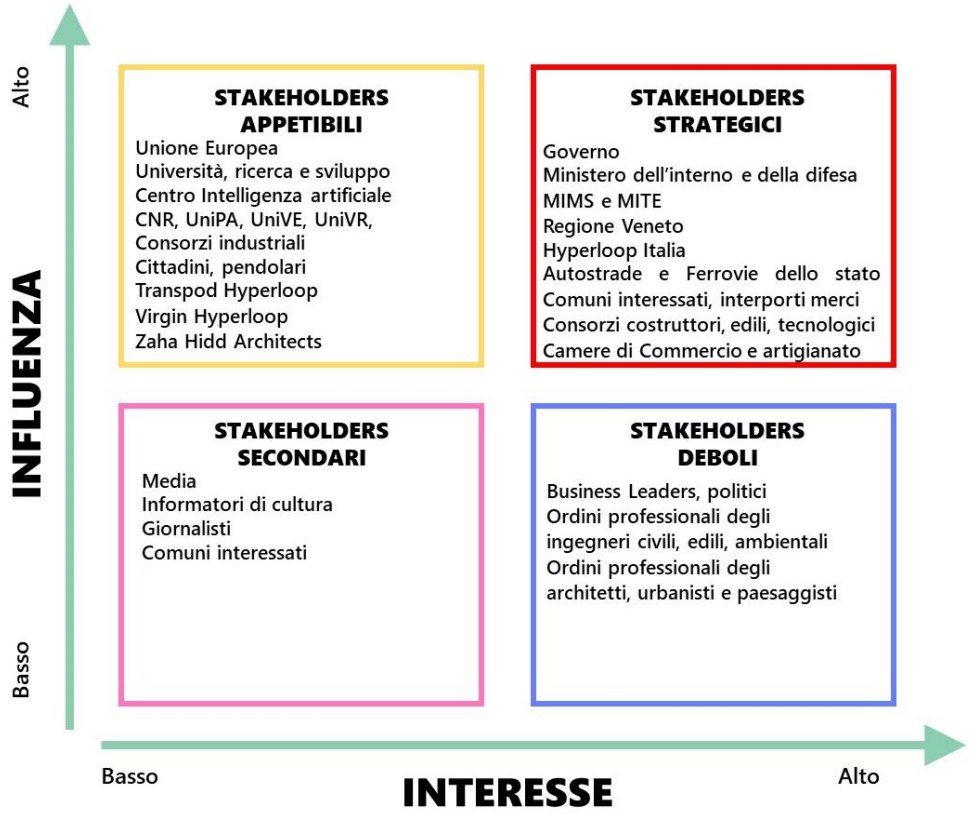


Figura 4.26 Analisi Stakeholders della tratta Hyperloop *Brescia - Verona* per il Nord Italia, redatta dall'autore

5° Tratta Venezia – Trieste

Localizzazione

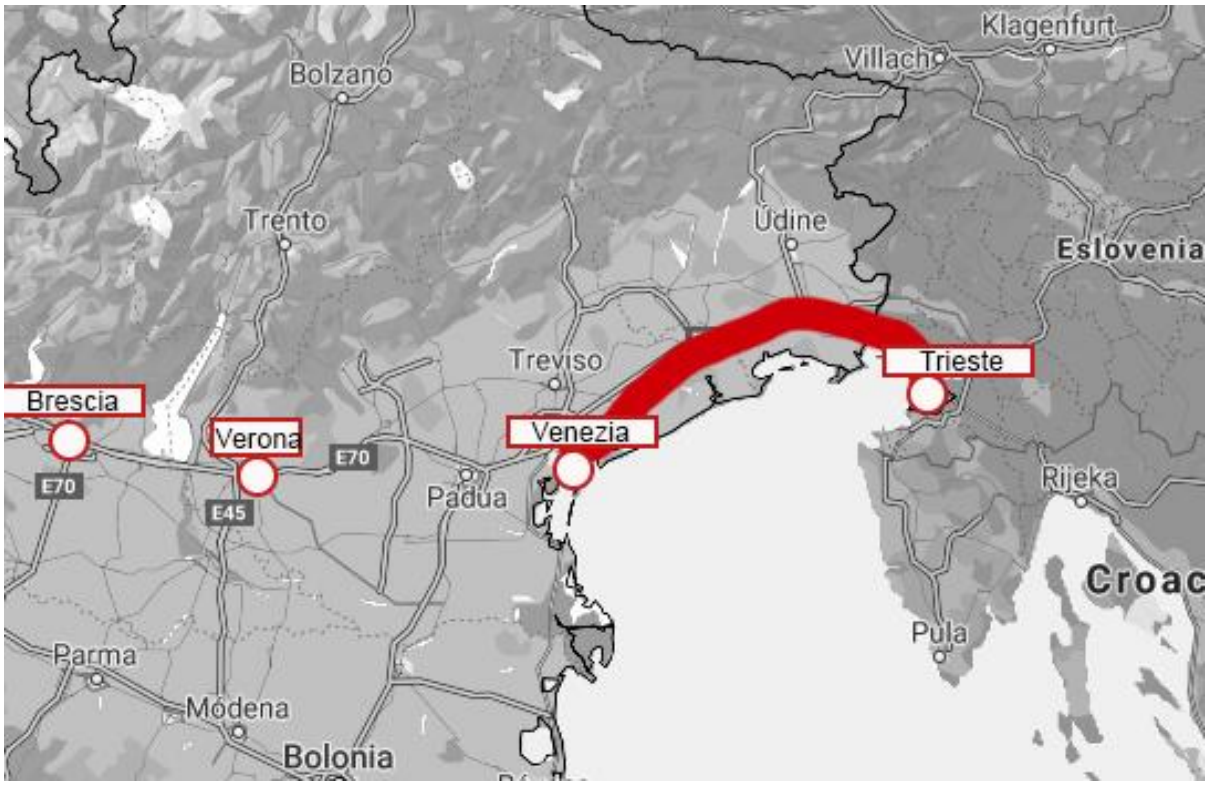


Figura 4.27 Descrizione del corridoio Hyperloop Venezia - Trieste per il Nord Italia, disegno redatto dall'autore su base cartografica. Fonte: Google Maps

Verona – Trieste sarebbe una tratta dagli innumerevoli vantaggi a livello strategico portuale turistico e commerciale vista la centralità nella penisola e la vicinanza con il golfo veneziano e il porto che in future diventerà il porto di approdo delle merdi per il corridoio della seta. Entrambi I 2 porti sarebbero le 2 porte di accesso assieme a Genova per l'Europa.

Caratteristiche - Tratta Venezia - Trieste				
Alternative	Hyperloop	Treno regionale	Aereoplano	Automobile
Costi	80 €	20 €	/	35 €
Distanza [Km]	160	160	/	163
N°passeggeri capsula/vagone	50	800	/	5
Frequenza [n partenze/h]	15	3	/	/
N°passeggeri max ogni ora	750	2400	/	/
Tempo di viaggio [min]	15	120	/	127

Figura 4.27 Tabella delle caratteristiche della tratta Hyperloop Verona - Venezia per il Nord Italia, redatta dall'autore.

Di seguito sono riportate alcune caratteristiche tecniche della tratta e un analisi SWOT dei vantaggi e svantaggi.

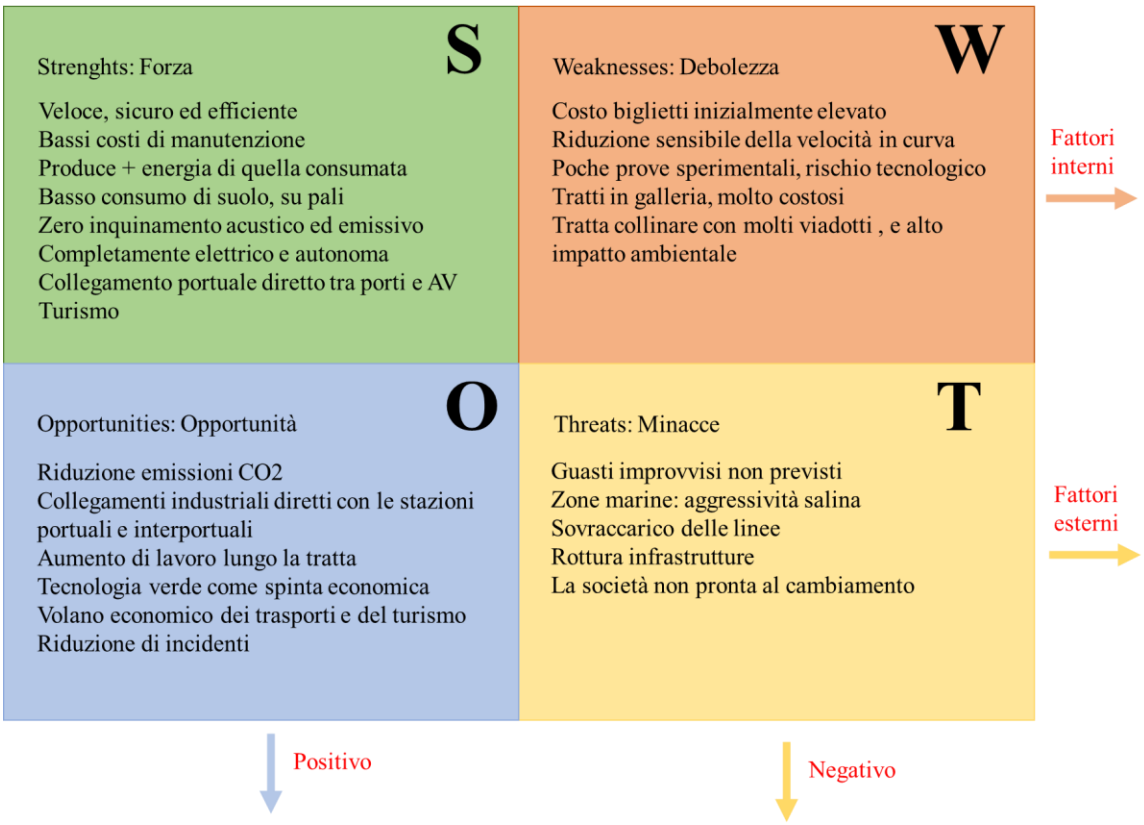


Figura 4.28 Analisi SWOT della tratta Hyperloop Venezia - Trieste per il Nord Italia, redatta dall'autore.

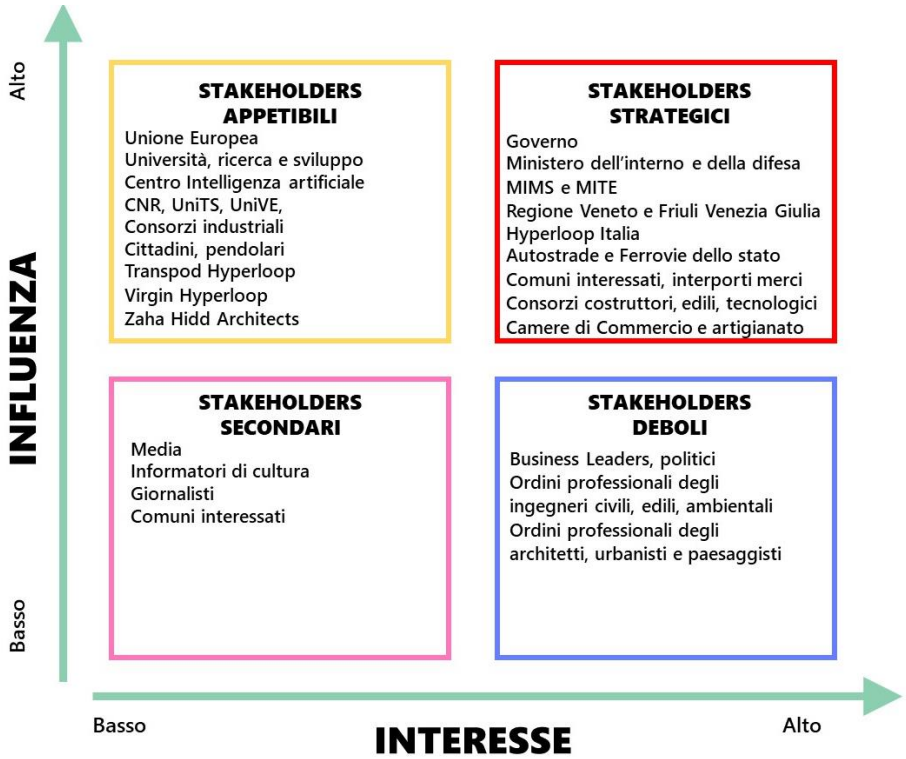


Figura 4.29 *Analisi Stakeholders* della tratta Hyperloop *Venezia -Trieste* per il Nord Italia, redatta dall'autore

6° Tratta Torino – Genova

Localizzazione

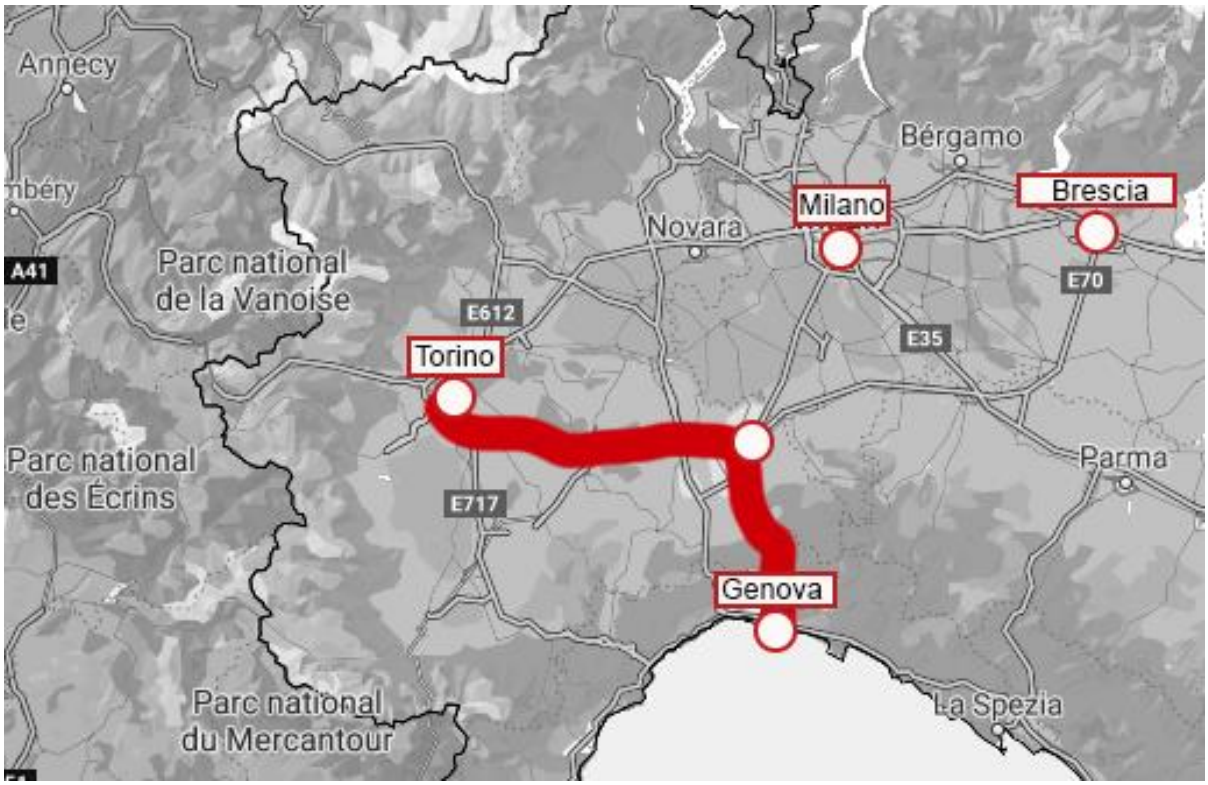


Figura 4.30 Descrizione del corridoio Hyperloop Torino - Genova per il Nord Italia, disegno redatto dall'autore su base cartografica. Fonte: Google Maps

Torino - Genova sarebbe una tratta dagli innumerevoli vantaggi a livello strategico portuale turistico e commerciale vista la centralità a livello europeo e la vicinanza il 2° porto più grande d'italia, che in future diventerà il porto di approdo delle merci per il corridoio della seta. Il porto di Genova con gli altri 2, Venezia e Trieste sarebbero le 3 porte di accesso per l'Europa.

Caratteristiche - Tratta Interporto- Torino Porta susa - Genova Porto				
Alternative	Hyperloop	Treno Alta Velocità	Aereoplano	Automobile
Costi	90 €	40 €	/	40 €
Distanza [Km]	171	171	/	171
N°passeggeri capsula/vagone	50	457	/	5
Frequenza [n partenze/h]	15	3	/	/
N°passeggeri max ogni ora	750	1371	/	/
Tempo di viaggio [min]	20	55	/	120

Figura 4.31 Tabella delle caratteristiche della tratta Hyperloop Torino – Genova per il Nord Italia, redatta dall'autore.

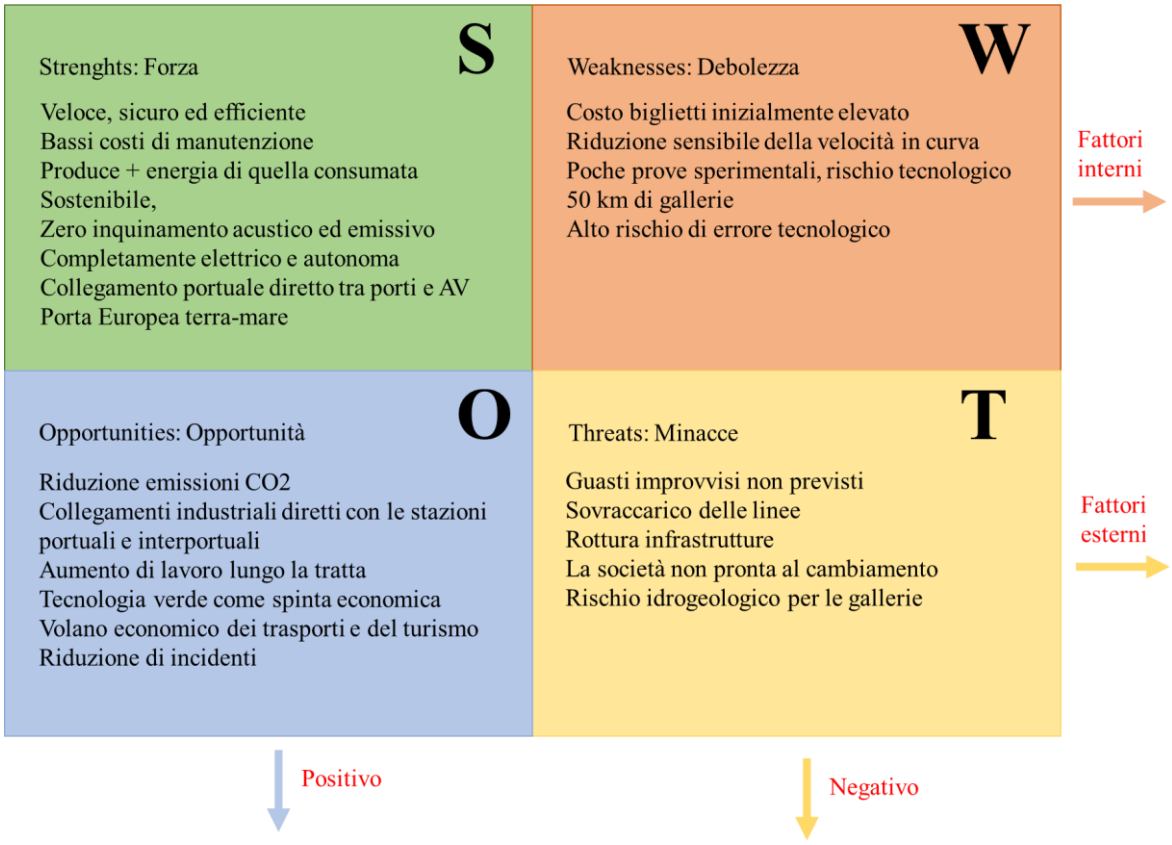


Figura 4.32 Analisi SWOT della tratta Hyperloop Torino – Genova per il Nord Italia, redatta dall'autore.

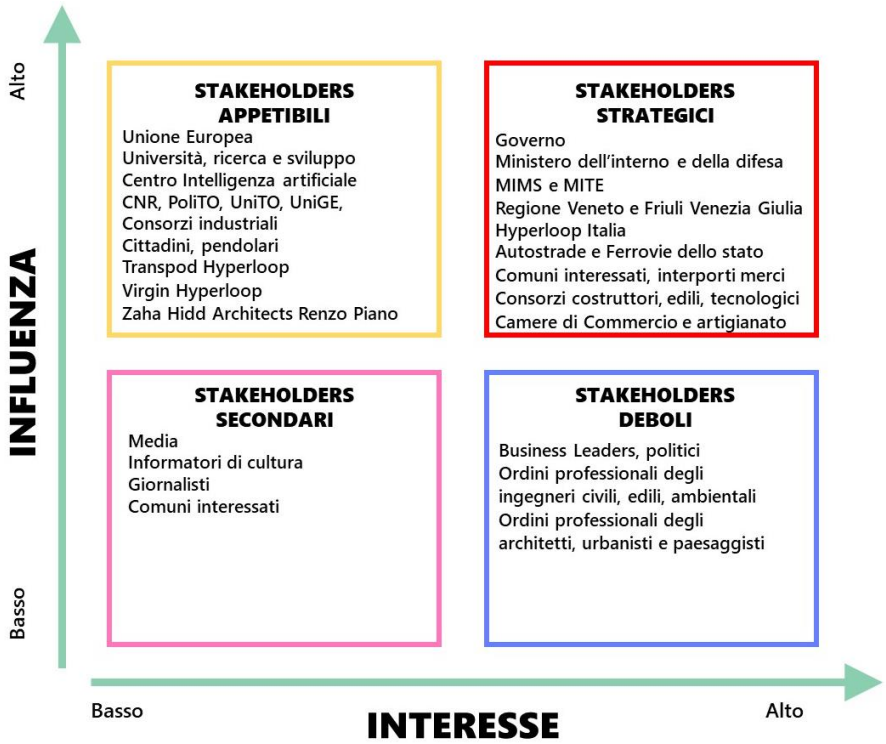


Figura 4.33 *Analisi Stakeholders* della tratta Hyperloop *Venezia -Trieste* per il Nord Italia, redatta dall'autore

Scelta tra le alternative

La scelta tra le 6 alternative a questo punto richiederebbe l'individuazione di alcuni indicatori di confront da poter mettere in relazione le 6 tratte e con un analisi multicriteria individuare la tratta migliore. Dal momento che l'analisi Condotta è di tipo macro, ci si basa sulle analisi SWOT condotte e sulle prospettive future di queste tratte.

La prima tratta, la Milano Torino, è il collegamento tra 2 capoluoghi simbolo dell'industria del Nord. Entrambe caratterizzata da grandi infrastrutture che le collegano e le rendono le porte di accesso da tutta l'europa. Milano sede dei giochi olimpici nel 2026, e ottimo palcoscenico per presentare al mondo un infrastruttura innovative come Hyperloop. Torino potrebbe diventare l'altro punto di destinazione delle merci, entrambe le città hanno sviluppato in questi ultimi anni il settore dei servizi che da tempo richiede vicinanza nei collegamenti.

Ci renderemo conto invece che Milano - Brescia ha molti collegamenti della tratta che non possono addossarsi ai corridoi relitto già esistenti ma c'è bisogno di nuovi percorsi.

Passando alle tratta, Brescia – Verona college 2 poli turistici di grande importanza, richiede la costruzione di alcune gallerie e fermate intermedia per i poli turistici che si affacciano sul lago di Sirmione, dunque, per questioni anche di dispendio infrastrutturale il collegamento avrebbe costi elevate in partenza.

La tratta Verona – Venezia sarebbe il collegamento alta velocità prediletto per il turismo, dal moment oche entrambe le 2 cittadine sono rinomate nel mondo per vocazione turistica e qualità del servizio offerto. A livello geologico ci sarebbero alcune constatazione da fare per quando riguarda la base di appoggio delle infrastrutture che non aiuta la cantierizzazione.

Andando a chiudere il cerchiodella tratta al nord, la Venezia - Trieste, sarebbe la tratta per eccellenza che unirebbe I 2 porti più importanti del mediterraneo, risolverebbe molte problematiche perchè tutt'oggi non c'è un collegamento ad alta velocità e Trieste, città europea che serve tutto l'est Europa è sotto gravi problematiche di lentezza del trasporto per accumuli nel porto di merci. La mancata progettazione dell'alta velocità in questo tratto, ha subito grandi rallentamenti per mancate analisi del territorio e tutt'oggi sono ancora in Corso accertamenti per lo scavo in alcuni galleria data la carratteristica delle rocce molto particolare da trattare e pericolosa a livello cantieristico.

Per quanto riguarda la tratta Torino - Genova, dobbiamo dire che strategicamente è il miglior collegamento terra mare che si possa fare al Nord. Infatti tutt'ora è in fase di realizzazione il terzo valico, la galleria di 40 km che college Genova con un interporto di Ovada. Proprio notizia di questi giorni, è il ritardo continuo dei pagamenti alle ditte appaltatrici dei lavori svolti, e I continui ritardi dei lavori continuano a far slitarre le date di apertura del corridoio per il trasporto alta velocità.

Conclusioni

Analizzando tutte le casistiche ci possiamo rendere conto che la Torino Milano è la tratta che meglio si addice a campi di prova infrastrutturale, e in visione di una possibile Torino Genova strategicamente farebbe da cantiere conoscitivo e potrebbe iniziare ad essere un possibile appoggio al tunnel del terzo valico che tra non molti anni diventerà operativo.

- Ha delle ottime conseguenze sul lato industriale e dei trasporti, ridurrebbe di molto le emissioni di CO2 dell'autostrada A4, favorirebbe l'assorbimento di un grande bacino di persone che tutt'ora continua a prendere l'auto per mancanza di offerta sul mercato.
- Dal punto di vista turistico, favorirebbe entrambe le 2 cittadine che detengono ottimi risultati di attrazzione, e sarebbe un ottima vetrina di innovazione tecnologica per entrambe le città che come ben si sa sono l'avanguardia italiana da molti secoli, Milano per il campo delle costruzioni civili di lusso, Torino per la nascita di poli d'avanguardia tecnologica a livello italiano, entrambe città universitarie con vocazione imprenditoriale.
- Per quanto riguarda l'ambiente, Torino rimane una delle città più inquinate d'Europa, e come abbiamo potuto vedere nei giorni di lockdown, le colonnine segnavano dei valori ridotti di inquinamento. Questo ci fa capire quanto soluzioni alternative a quelle odierne siano fondamentali per ridurre le emission di gas serra. Si potrebbero installare alberi lungo tutta la tratta Hyperloop per abbassare il rilascio di emission da parte dell'altavelocità e dell'autostrada, e perseguire l'obbiettivo dell'Arch.Boeri per riforestare l'Italia.

Un'altra grande motivazione alla scelta di questa tratta è dovuta alla mia appartenenza regionale, sono piemontese, e vivo in provincia di Torino; penso e reputo importante questo fatto perchè conosco meglio il mio territorio e i problem che lo caratterizzano, oltre a conoscere i vantaggi che un infrastruttura del genere potrebbe apportare a questo territorio.

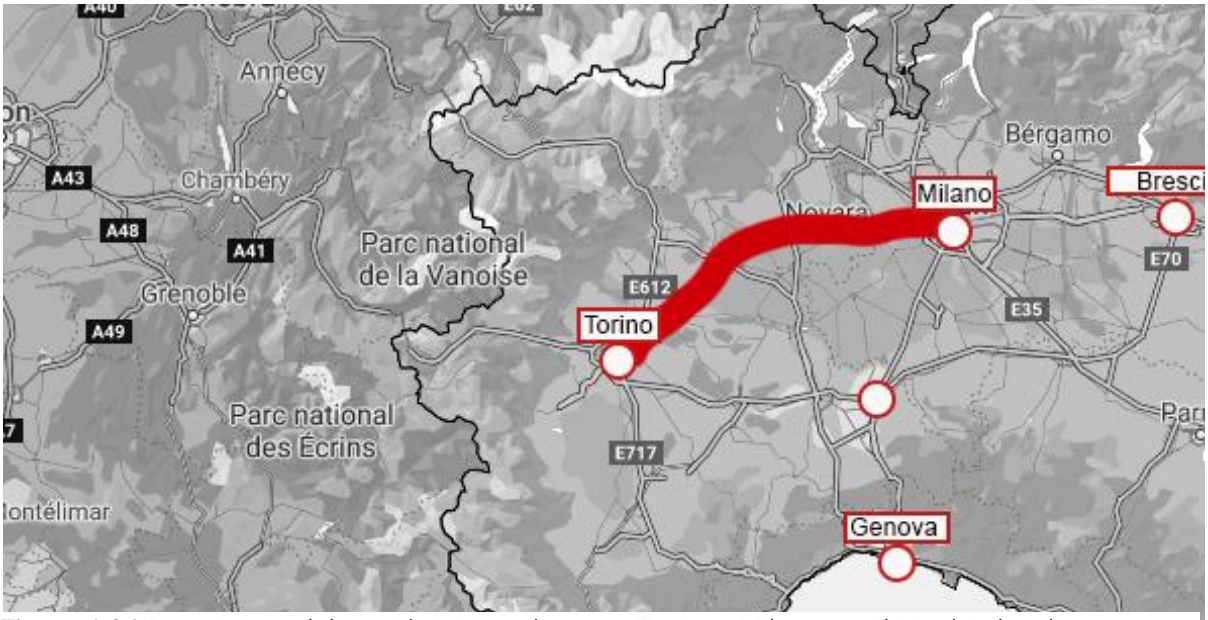


Figura 4.34 Descrizione del corridoio Hyperloop tra Torino - Milano per il Nord Italia, disegno redatto dall'autore su base cartografica. Fonte: Google Maps

STEP 2.1

Progetto tratta Hyperloop Torino Milano

Progetto tratta Hyperloop Torino Milano: la strategia per una ripartenza dell'indotto economico Torinese e Milanese con la mobilità sostenibile.

Per analizzare tutti i beneficiari della tratta Hyperloop bisogna prendere in considerazione tutte le zone in cui passa e in che maniera dialoga con esse. A tal proposito è giusto fare delle riflessioni iniziali sui collegamenti che si immagina diventino fondamentali in un future breve, e in future a lungo periodo.

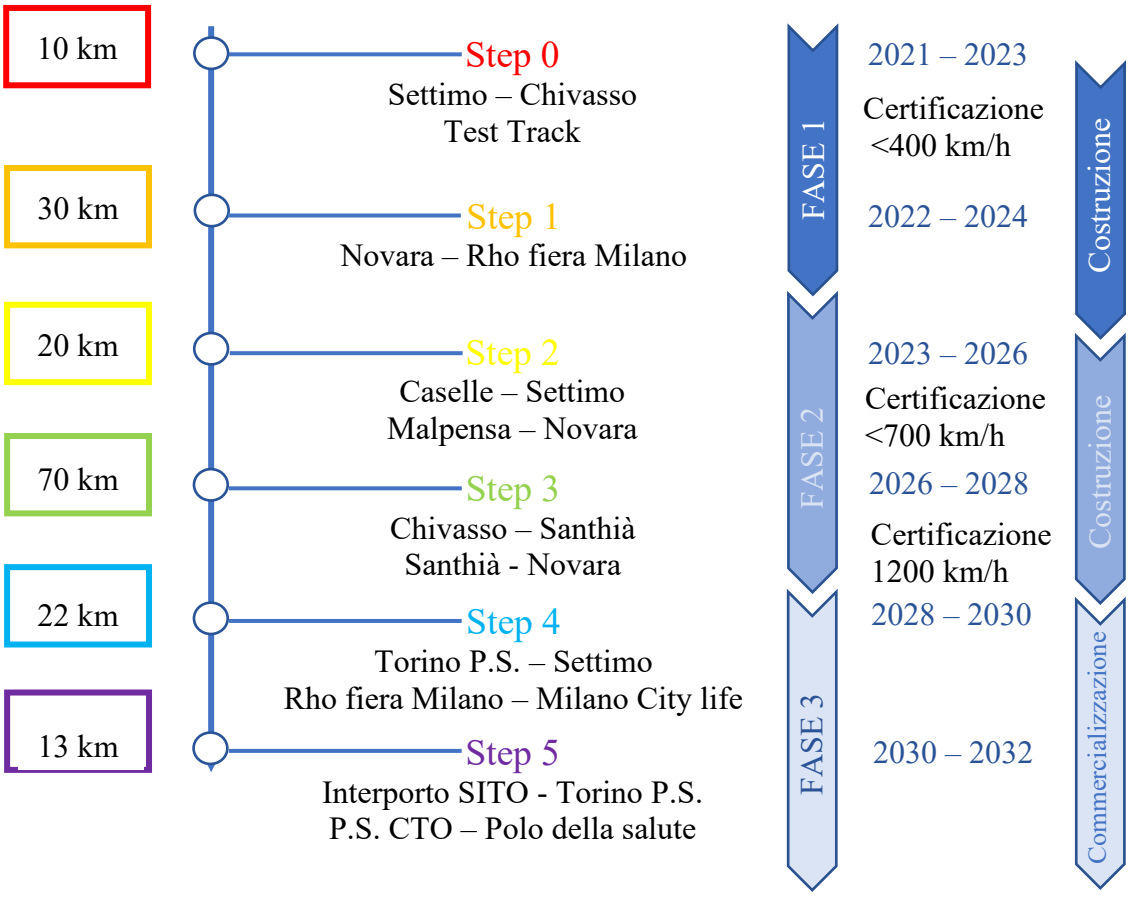


Figura 4.35 Descrizione delle fasi di costruzione del corridoio Hyperloop tra Torino - Milano per il Nord Italia, Indicazioni temporali e fasi del progetto redatto dall'autore sul sistema Hyperloop TT.

Come possiamo vedere dall'illustrazione qui sopra, possiamo notare la complessità e l'intreccio di molti aspetti legati alla sperimentazione della tecnologia in questione.
Ma facendo chiarezza e iniziando ad analizzare le 3 fasi nella quale viene scomposto l'intervento troveremmo le principali e salienti caratteristiche: le prime 2 fasi sono di costruzione del Progetto seppure sfasate per questione temporali alle fasi di costruzione delle tratte, mentre l'ultima riguarda la commercializzazione che vede anche un esportazione del sistema. La differenza tra queste 2 fasi è l'iter burocrativo amministrativo che richiede l'approvazione della velocità massima di garanzia del sistema infrastrutturale e la sua velocità massima.

STEP 0 – Costruzione tratta Settimo - Chivasso Test Track

Nello step 0 troviamo un test track, ovvero un corridoio di prova che viene costruito per provare sul campo il funzionamento del sistema Hyperloop come infrastruttura e ricevere in nulla osta dai ministeri all'approvazione di questa infrastruttura.

Perchè iniziare tra Settimo e Chivasso ?

- Potrà sembrare strano ma questo primo tratto possiede a fianco dell'autostrada di poter sfruttare i corridoi relitto esistenti e dunque di poter accelerare le procedure di esproprio a costi contenuti e di ridurre il consumo di suolo.
- Come seconda motivazione ritengo sia per la vicinanza a 2 grandi città con poli industriali di notevole grandezza, dunque un possibile attacco industriale potrebbe fare da catalizzatore positivo.
- Un terzo punto è legato alla grande potenzialità a livello accademico e di ricerca, in Piemonte, e a Torino e provincia in particolar modo siamo forniti dei maggiori istituti di ricerca e sviluppo sulle tecnologie delle lavorazioni meccaniche e dello studio della levitazione magnetica e della propulsione elettrica.
- Un quarto e significativo punto dovrebbe essere l'intelligenza artificiale, e proprio a Torino lo stato italiano ha deciso di costruire il polo italiano di ricerca sull'intelligenza artificiale.

Potrei continuare con altri n motivi per la quale ritengo ottimale porre un test track in questa location.

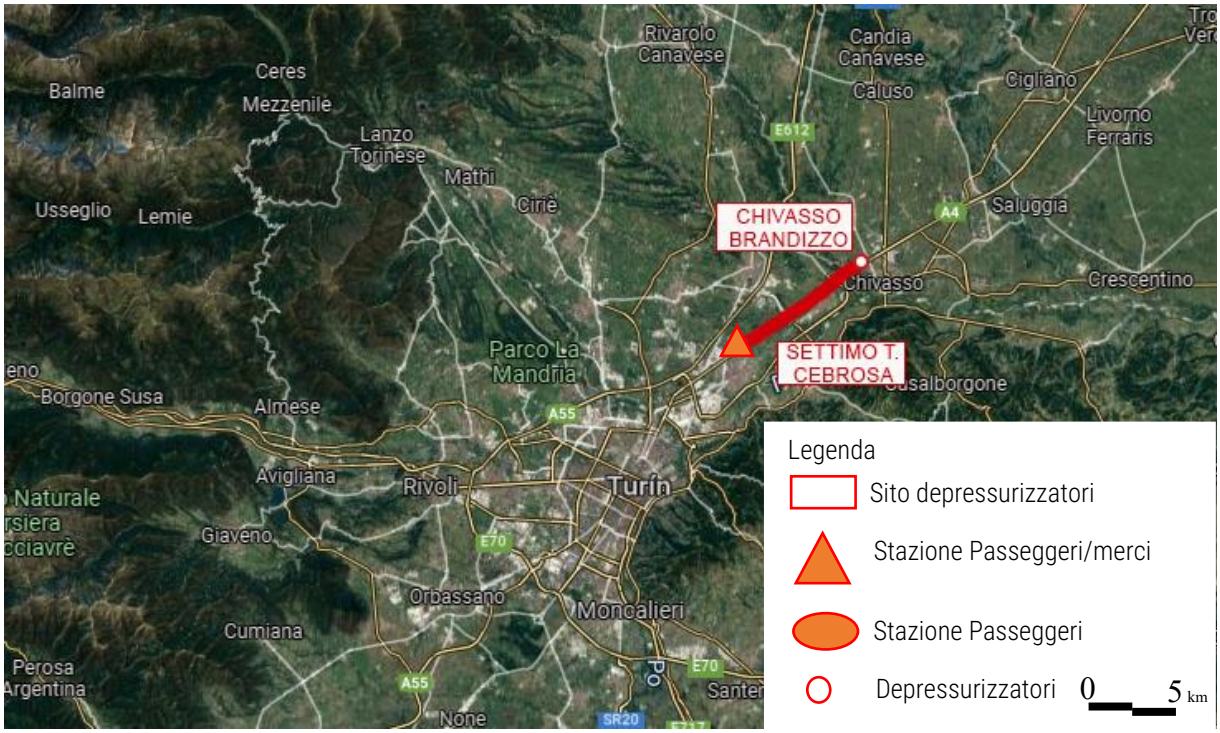


Figura 4.36 Descrizione del corridoio Hyperloop tra Torino – Milano, STEP 0 Settimo Torinese – Chivasso per il Nord Italia, disegno redatto dall'autore su base cartografica. Fonte: Google Maps

Come possiamo notare nella programmazione annuale degli interventi sono stati dati i primi 3 anni alla fase di certificazione dell'infrastruttura e per lo sviluppo delle tecnologie che l'azienda americana sta sperimentando nel suo centro di ricercar di Tolosa. Dunque la scelta temporale deriva da una serie di fattori tecnico burocratici che richiedono molto più tempo che l'installazione fisica della cantierizzazione dal moment oche è già stata studiata e analizzata e sarà molto rapida. Il primo obbiettivo di questo STEP sarà ottenere un risultato positivo delle performance e dei bassi consumi e l'ottenimento della certificazione per viaggiare a velocità superiori a 400 km, in vista di un possible collegamento da presentare al mondo per le Olimpiadi di Milano-Cortina 2026.

STEP 0											
	STEP 1										
		STEP 2									
					STEP 3						
							STEP 4				
									STEP 5		
2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°

10 km

30 km

20 km

70 km

22 km

13 km

Step 0
Settimo – Chivasso
Test Track

Step 1
Novara – Rho fiera Milano

Step 2
Caselle – Settimo
Malpensa – Novara

Step 3
Chivasso – Santhià
Santhià - Novara

Step 4
Torino P.S. – Settimo
Rho fiera Milano – Milano City life

Step 5
Interporto SITO - Torino P.S.
P.S. CTO – Polo della salute

STEP 1 – Costruzione tratta Novara – Rho fiera Milano

Nello step 1 troviamo la tratta Novara – Rho fiera Milano, bene ci si stacca per una motivazione legata temporalmente a un possibile e futuro collegamento veloce tra l'Aeroporto Malpensa di Milano con Rho fiera Milano, sia in termini di trasporto merci che ovviamente avverrebbe sempre anticipatamente, sia per una questione legata alle Olimpiadi 2026, e dunque se si costruisse la linea dopo si procederebbe alla costruzione solo più del tratto Novara – Aeroporto Malpensa, che sarebbe un tratto di 10 km dove occorre però effettuare gli espropri e richiederebbe più tempo.

Figura 4.38 Descrizione del corridoio Hyperloop tra Torino – Milano, per il Nord Italia, disegno redatto dall'autore su base cartografica. Fonte: Google Maps

Guardando la programmazione annuale in questo caso leggeremo un period di soli 2 anni perchè si ritiene fondamentale accelerare le fasi di cantierizzazione e di far partire la sperimentazione del trasporto merci.

La tratta sarebbe composta da 3 poli dove verrebbero installati i depressurizzatori utili all'eliminazione dell'aria interna al tubo, Novara dove ci sarebbe una stazione merci e passeggeri, Polo san martino un distretto industriale piemontese ai confine con la Lombardia, Arluno un altro grande Polo industrial e infine l'approdo a Fiera Rho Milano dove ci sarebbe un altra stazione merci e passaggeri che consentirebbe un intermodalità con le altre infrastruttura esistenti. Questo garantirebbe di ottenere un collegamento veloce di 30 km, utile per dimostrare all'imprenditoria industriale le potenzialità di quest'infrastruttura.

La potenzialità di questa tratta in questa fase dovrebbe essere quella di fare da catalizzatore industriale e non solo, oltre a poter diventare il punto di congiunzione futura all'aeroporto Malpensa di Milano unita a Novara, che riuscirebbe a cogliere molti più fruitori del servizio e unendo la zona metropolitana Novarese e Milanese.

STEP 2 – Costruzione tratte: Caselle – Settimo e Malpensa – Novara

Nello step 2 troviamo 2 tratte aeroportuali a 2 zone metropolitane che tutt' oggi risentono di collegamenti per una mobilità sostenibile. Questa potrebbe essere una grande opportunità per colmare questo vuoto infrastrutturale che dura da un lungo lasso di tempo.

Iniziamo con ordine: se la nostra priorità vorrebbe essere la costruzione di una linea per una mobilità sostenibile che sia il nostro biglietto da visita alle Olimpiadi 2026 di Milano Cortina dobbiamo inziare con la tratta Novara – Milano Malpensa.

Figura 4.39 Descrizione del corridoio Hyperloop tra Torino – Milano, STEP 2 Tratta Novara – Aeroporto Malpensa per il Nord Italia, disegno redatto dall'autore su base cartografica. Fonte: Google Maps

Novara – Aeroporto Malpensa, forse insolita come tratta direbbero i milanesi che normalmente tendono ad accentrare il controllo della mobilità, ma non per i dati del trasporto legato all'aeroporto. Per i passeggeri dell'aereo, l'aeroporto di Milano Malpensa è comodissimo per la grande ramificazione di collegamenti a livello autostradale, ma così non sembra essere per quanto riguarda i collegamenti viari. Il servizio ferroviario consente di arrivare a Milano, e poi da Milano ci si dirama dei dintorni metropolitani. La rivoluzione di questo collegamento sarebbe ripopolare le città vicino a Novara e dintorni, soprattutto per chi quotidianamente vola. Un altro aspetto sottolineato nella figura 4.1.32 è la vicinanza con l'aeroporto militare dell'aeronautica; in quali termini? Forse è più semplice di quell oche possiamo immaginare visto che tutti quanti abbiamo assistito alla pandemia e alla crisi di infrastrutture che ha fatto perdere molt evite umane per carenza di velocità di comunicazione. Sarebbe anche un controllo dell'infrastruttura poter avere un collegamento che renderebbe le forze armate nascoste da tutto e avrebbe una grande potenzialità in termini di rapidità di comunicazione e rifornimenti.

Dunque questa tratta andrebbe a collegarsi alla tratta dello STEP 2, Novara – Rho fier Milano diventando uno strategico punto di comunicazione a livello militare civile e per le merci.

L'obbiettivo in termini temporali sarebbe proprio quello di poter presentare il corridoio Hyperloop in occasione dell'evento invernale sportivo Olimpico di Milano Cortina 2026.
Seppur non sip ossa ottenere velocità supersoniche a livello ci certificazioni, sicuramente sarebbe un forte impatto per la società, che come si è visto a Dubai in questi giorni di novembre, pare essere pronta soprattutto dopo l'evento pandemico che ha cambiato le nostra quotidianità.

Di pari passo, in centro alla regione piemontese, si porterebbe avanti la linea Caselle – Settimo Torinese.

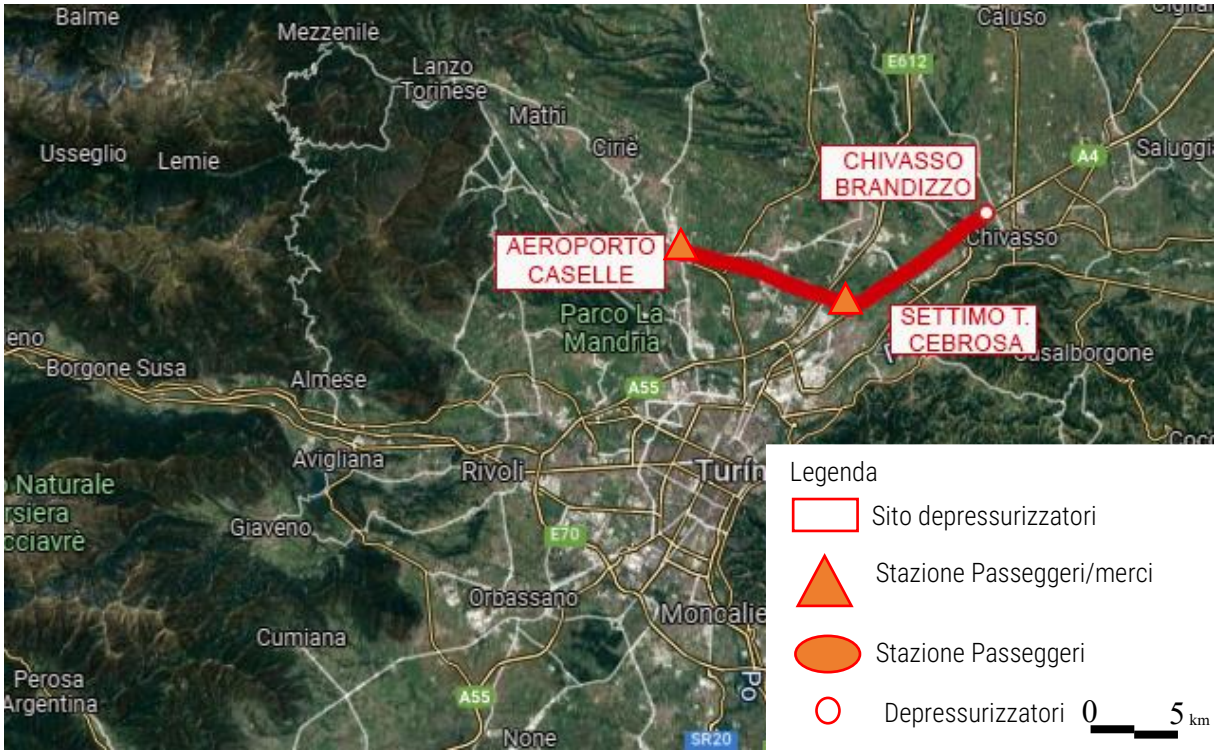


Figura 4.40 Descrizione del corridoio Hyperloop tra Torino – Milano, STEP 2 Aeroporto di Caselle – Settimo Torinese, prolungamento dello STEP 1 Novara – Fiera Rho Milano, per il Nord Italia, disegno redatto dall'autore su base cartografica. Fonte: Google Maps

Caselle – Settimo unirebbe un'altra parte della metropolitan torinese, ricca di servizi autostradali, ma povera di intermodalità tra le mobilità oggi presenti. La tratta infatti prevederebbe proprio l'unione dell'aeroporto Torinese con la zona industriale di Settimo, che oggi rappresenta uno dei poli industriali più importanti per la provincia torinese. Uno sviluppo della rete delle merci consentirebbe uno snellimento delle code di camion sulle autostrade quotidianamente che le intasa, rendendo l'ambiente torinese terso e ricco di inquinamento. In ottica futura questo collegamento vedrebbe un unione con Torino Porta susa e l'interporto per andare ad abbracciare la seconda grande cintura industriale torinese.

STEP 3 – Costruzione tratte: Chivasso – Santhià e Santhià - Novara

La tratta sarebbe una unica di 70 km se guardassimo le carte, ma come ben sappiamo nella costruzione delle infrastrutture si dividono gli interventi in lotti, proprio per poter rendere le commesse di cifre non troppo elevate ed evitare grandi buchi finanziari che sono più difficili da controllare in caso di problematiche.

a tratta unirebbe il test track di Settimo Chivasso e la bretella Caselle Settimo, con la tratta Novara – Rho fiera Milano. Questo porterebbe a completamento e unione dei 2 grandi centri metropolitani intermodalmente, e dunque sfruttando le altre infrastrutture e modalità di spostamento esistenti, sia per quanto riguarda le merci che il trasporto passseggeri.

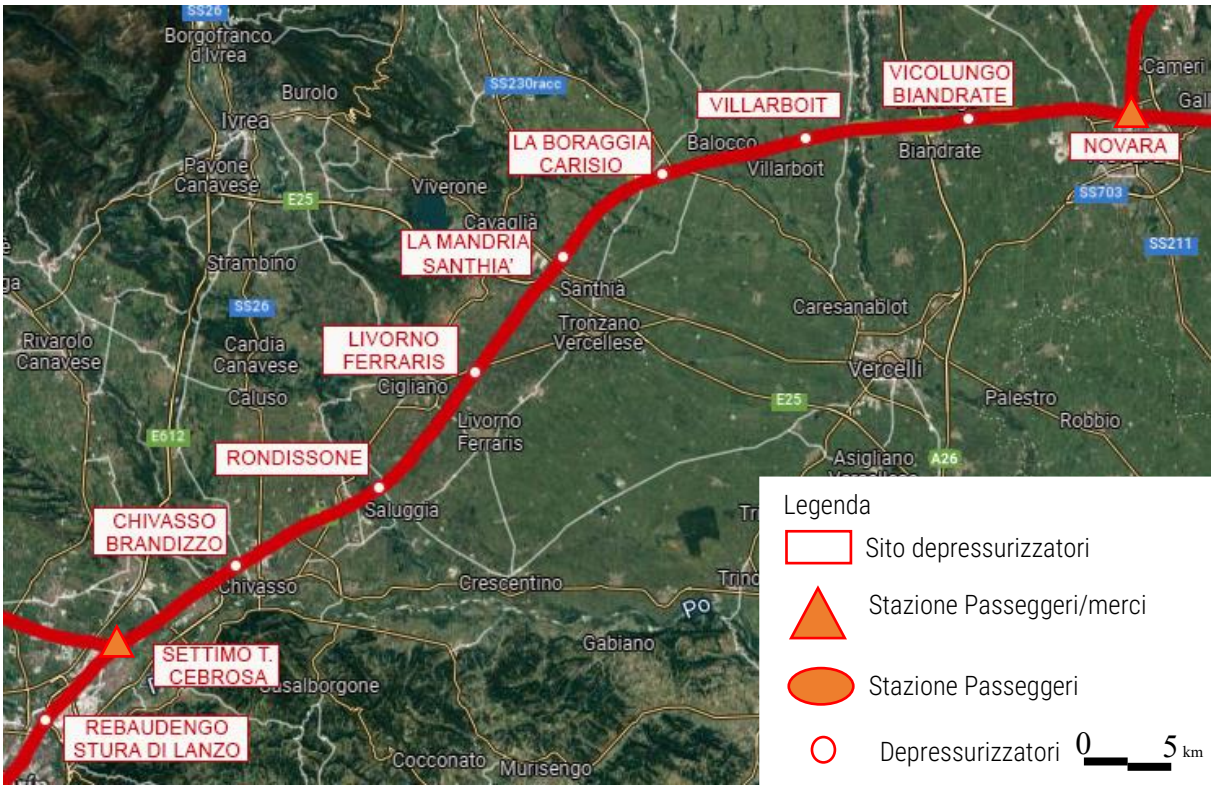


Figura 4.41 Descrizione del corridoio Hyperloop tra Torino – Milano, STEP 3 Chivasso – Santhià e Santhìa- Novara prolungamento dello STEP 1 – 2, disegno redatto dall'autore su base cartografica. Fonte: Google Maps

Tutte le fermate con il pallino bianco indicano un passo costruttivo di 10 km, che è dovuto alla distanza che copre un depressurizzatore per la sottrazzione dell'aria interna al tubo e al suo basso e costante mantenimento. La combinazione, il caso, o forse la logica di costruzione delle infrastrutture passate, fa si che i 10 km utilizzati come passo di costruzione dei luoghi dove inserire I volume per I depressurizzatori, coincidano con I poli industriali più important della regione Piemontese e Lombarda. Questo consente di poter prevedere delle possibili stazioni merci e passeggeri in futuro che consentirebbe di valorizzare i territory, e i luoghi esistenti preservando la loro vocazione. Infatti non dobbiamo dimenticare la facilità di collegamento alle zone turistiche di molte delle località che oggi sono prevalentemente servit da autostrade e bus dato lo spopolamento di questi nuclei che sono rimasti a vocazioni agricola-turistica.

Da cronoprogramma questo intervento dovrebbe essere la prosecuzione di un primo quinquennio di studi e sperimentazioni sul campo, tant'è che dovrebbe garantire anche uno sviluppo dal punto di vista cantieristico e di reperimento delle materie prime per la lavorazione dei materiali.

Questo grande intervento potrebbe essere proprio il volano industrial per la città metropolitana, in linea con i piani della città di Torino e di Milano, nella creazione di una connessione industriale del Nord.

STEP 4 – Costruzione tratte: Torino P.S. – Settimo e Rho fiera Milano – Milano City life

La tratta dell STEP 4 sarebbe il prolungamento per il trasporto passeggeri, dei 2 centri urbani, permetterebbe un intermodalità con l'alta velocità esistente, vedrebbe la costruzione di stazioni di collegamento con I 2 grandi centri metropolitan più important del Nord Italia. Favorirebbe lo sviluppo a livello industriale e dei servizi vista la comunicazione ramificata con Aeroporto e certi industriali noti. Darebbe risalto alla vocazione turistica che ha assunto negli ultimi vent'anni Torino, e Milano riuscirebbe ad avere una grande risonanza in termini di attrazzione economica.

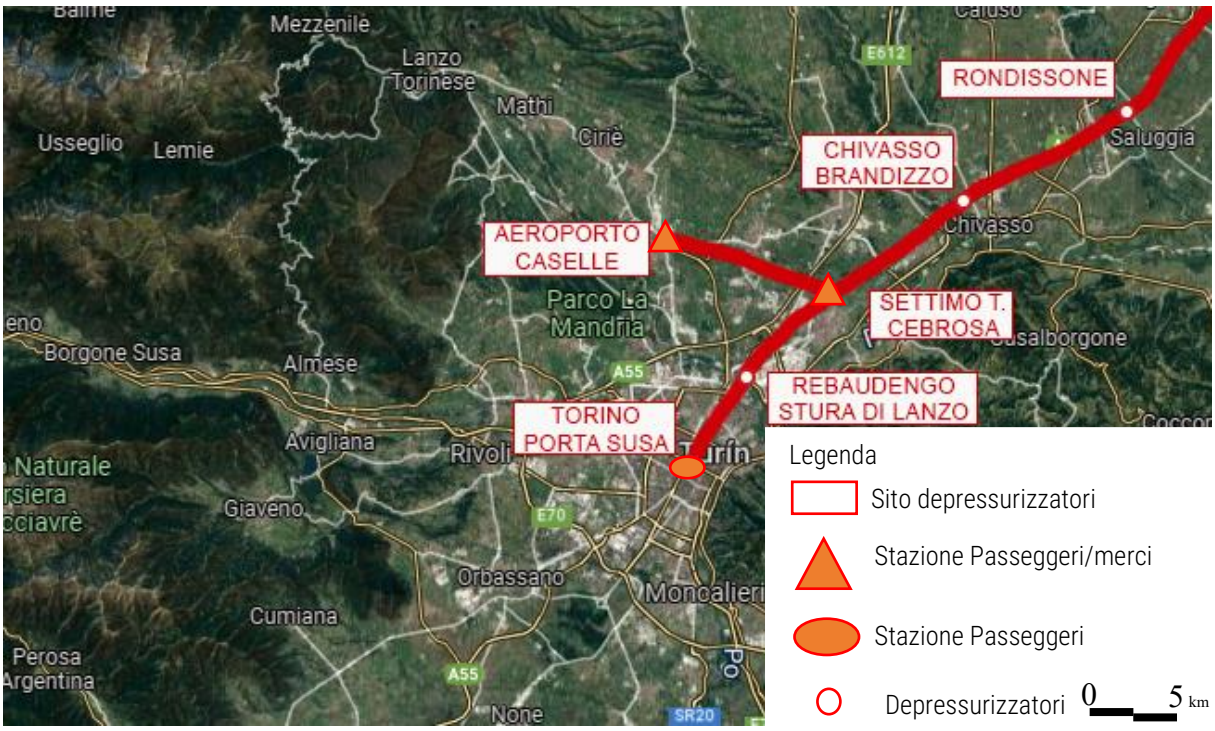


Figura 4.42 Descrizione del corridoio Hyperloop tra Torino – Milano, STEP 4 Torino Porta Susa – Settimo prolungamento dello STEP 1-3, disegno redatto dall'autore su base cartografica. Fonte: Google Maps

La tratta è di gran lunga una delle parti del Progetto che richiede più tempo dal punto di vista sia amministrativo burocratico, progettuale e costruttivo, vista l'immissione nel centro abitato torinese con annesse le problematiche degli scavi e delle possibili interferenze con le infrastruttura oggi

giorno esistenti. Proprio per questa ragione in una tabella cronometrica, visto l'alto costo per lo scavo e l'alto costo di costruzione della stazione, necessita di maggior tempo per il suo studio progettuale e strategico. A Rebaudengo ci sarebbe una tappa per la depressurizzazione dei tubi e per la fuoriuscita dal terreno dell'infrastruttura.

Figura 4.43 Descrizione del corridoio Hyperloop tra Torino – Milano, STEP 4 Fiera Rho Milano e Milano City life, prolungamento dello STEP 3, disegno redatto dall'autore su base cartografica. Fonte: Google Maps

La tratta di collegamento tra Rho fiera Milano e Milano City life si prevede sia sotterraneo, e dunque strategico da un punto di vista di aumento immobiliare per la zona appena riqualificata. Fondamentale l'attacco con l'ospedale Milano Fiere, perchè consentirebbe di poter scambiare le potenzialità degli ambulatori Milanesi con quelli Torinesi, sia per il trasporto di organi, che di personale medico specializzato. Ciò consentirebbe l'evoluzione dell'ambulanza in HyperAmbulanza, in grado di risolvere problematiche di tempistica che nessuna modalità di mobilità durante la pandemia ha saputo affrontare. Ecco perchè sarebbe fondamentale l'inserimento di una stazione per il trasporto passeggeri e merci proprio a Milano, garantirebbe lo sviluppo di una rete di comunicazione internazionale sulla salute.

STEP 5 – Costruzione tratte: Interporto SITO - Torino / P.S. CTO – Polo della salute

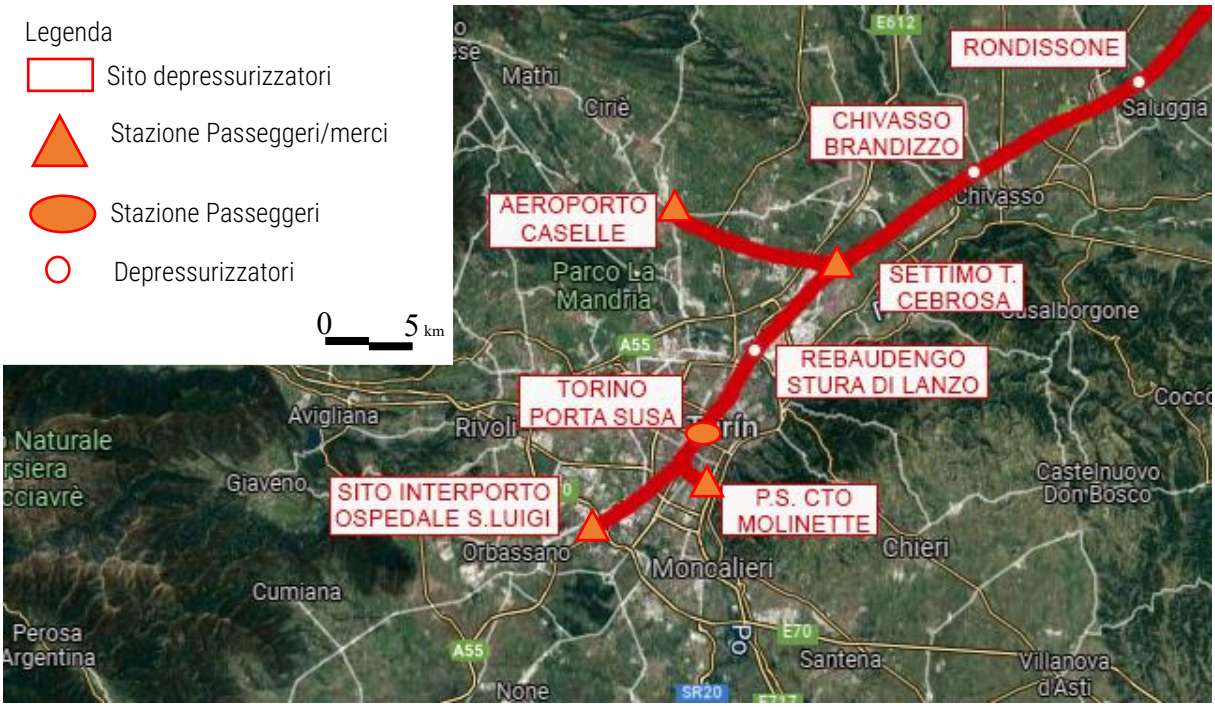


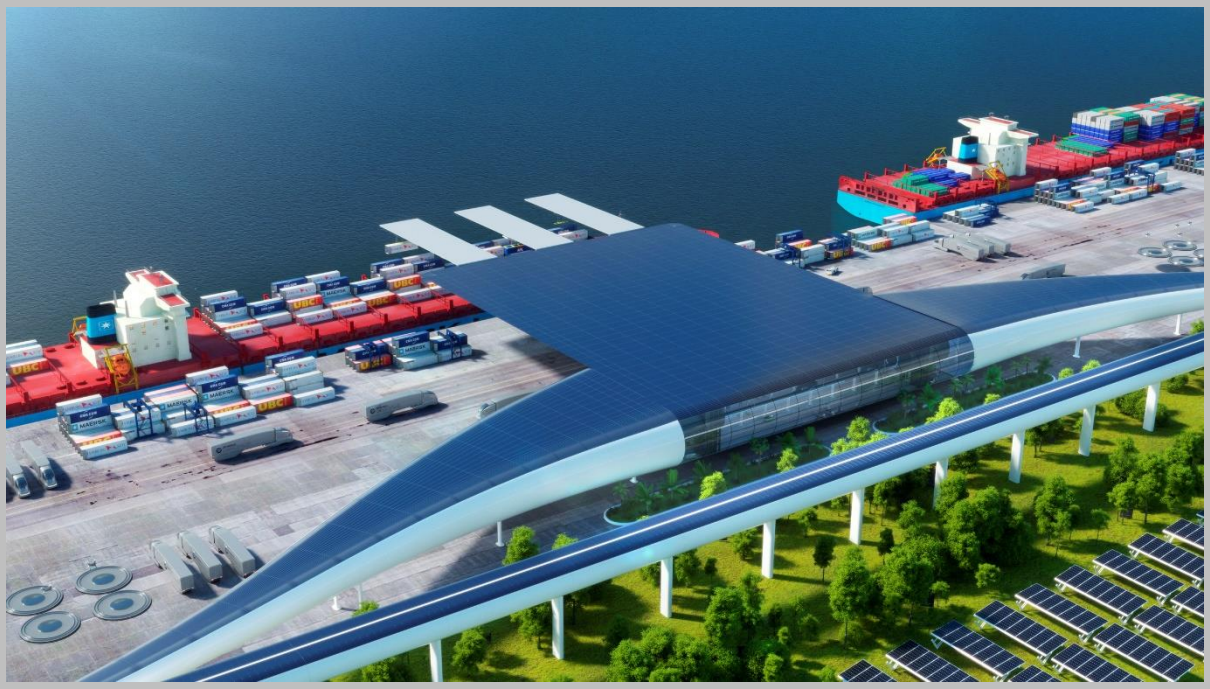
Figura 4.44 Descrizione del corridoio Hyperloop tra Torino – Milano, STEP 5 Torino Porta Susa Cto – SITO Interporto Ospedale San luigi, prolungamento dello STEP 4, disegno redatto dall'autore su base cartografica. Fonte: Google Maps

L'ultimo STEP prevede di collegare Torino Porta Susa con l'Interporto SITO, la seconda mezzaluna di territorio industriale della cintura torinese, portando un infrastruttura sostenibile in uno dei Interporti più grandi d'Italia. In questo tratto ci sarebbero della giunzioni con il Sistema ospedaliero del pronto soccorso del CTO e della futura cittadella della salute in zona lingotto vicino al grattacielo della regione Piemonte ancor oggi incompleto.

Disegno finale del Progetto in visione futura al 2030

Figura 4.45 Descrizione del corridoio Hyperloop tra Torino – Milano, Disegno con tutte le direzioni importanti e le stazioni principali, disegno redatto dall'autore su base cartografica. Fonte: Google Maps

In figura 4.1.36 viene indicato il Quadro completo e conclusive in merito alle componenti infrastrutturali principali della tratta hyperloop Torino Milano, si contano 8 stazioni intermodali per il trasporto merci e passeggeri, 1 soltanto per passeggeri; 19 punti a distanza di circa 10 km l'uno dall'altro per il posizionamento dei depressurizzatori.
Il Quadro complessivo ci mostra un collegamento tra gli aeroporti e le città metropolitan, i poli ospedalieri più importanti, i poli industriali e e militari per il controllo.



STEP 2.2

Analisi socio demografica territoriale

Contesto socio economico ambientale

In questo capitolo il focus mira alla conoscenza dei 3 principali temi di analisi conoscitiva di un contesto, quello socio economico ambientale delle 2 principali città che si vuole unire in questo Progetto Hyperloop, ovvero, Torino e Milano. Il punto di vista in questo caso sarà di tipo macroscopico per individuare le principali caratteristiche socio economico ambientali dei 2 contesti urbani scelti.

Premessa

Torino e Milano sono collegate anche da una linea ferroviaria ad alta velocità (Frecciarossa, Italo) con tempo di viaggio di 1 ora, il treno regionale sotto le ferrovie dello stato in 1:40 ore, l'autostrada e in macchina ci si impiega 1:30 circa, e pullman in 2 ore.

Tratta **Torino** (Porta susa) - **Milano** (Centrale)				
Alternative	Hyperloop	Treno Alta Velocità	Aereoplano	Automobile
Costi	/	40 €	/	45 €
Distanza [Km]	145	145	/	156
N°passeggeri capsula/vagone	50	457	/	5
Frequenza [n/min]	4	20	/	/
N°passeggeri max ogni ora	750	1371	/	/
Tempo di viaggio [min]	15	55	/	110

Il corridoio Hyperloop sarebbe in grado di collegare entrambe le città in circa 15-20min. Oltre al fattore tempo il corridoio Hyperloop presenta diversi vantaggi che lo rendono un'alternativa di trasporto attraente per l'Italia ma in particolar modo per Torino e Milano, per i seguenti aspetti:

- **Sociale** - modalità sicura di trasporto passeggeri e merci che potrebbe aumentare la connettività tra due grandi centri urbani e ridurre il numero di incidenti, lavorando con un sistema autonomo che riduce al minimo l'errore umano. Inoltre, le capsule Hyperloop viaggiano all'interno di tubi, il che rende viaggiare in modo più sicuro durante le condizioni meteorologiche avverse, ad esempio tempeste, vento, sabbia, neve, ghiaccio.

- **Economica** - l'economia del Italia è oggi la più grande dell'Europa e si profila un futuro in continua crescita ed espansione dal momento che i porti italiani saranno la porta di accesso alle merci dagli altri continenti. La realizzazione di un corridoio Hyperloop potrebbe creare occupazione e dare impulso a diversi programmi economici, come quelli messi in atto dal governo nel PNNR 2021, anche come possibile strategia Italia 2050 e il Piano per l'economia verde del paese.

- **Ambientale** - modalità di trasporto sostenibile che può funzionare con pannelli solari, proposti per essere implementati sul tetto del tubo e/o all'interno della di strada (RoW). Considera di immagazzinare l'energia in pacchi batteria per operare di notte e per periodi di tempo nuvoloso prolungato. L'energia potrebbe anche essere immagazzinata sotto forma di aria compressa che poi fa funzionare un ventilatore elettrico al contrario per generare energia.

Torino

Inquadramento territoriale

Torino sorge nella pianura delimitata dai fiumi Stura di Lanzo, Sangone e Po (quest'ultimo attraversa la città da sud verso nord), di fronte allo sbocco di alcune delle vallate della catena montuosa alpina. In particolar modo la Val di Susa, che collega la città con la vicina Francia attraverso il traforo del Frejus (opera infrastrutturale che ha compiuto 150 anni), Valli di Lanzo, Val Sangone. Torino è chiamata "la città dei quattro fiumi" perché la Dora Riparia la taglia da ovest a est, scorrendo prossima al centro storico.

Il fiume Po tende ad accentuare la divisione tra la parte collinare e quella, quasi pianeggiante, della città, collocata tra i 220 e i 280 metri s.l.m.; il punto più elevato del territorio comunale è il Colle della Maddalena, a 715 m s.l.m., nei pressi del Faro della Vittoria.

La città è collocata al centro di un anfiteatro montuoso che ingloba alcune delle più belle vette alpine tra cui; il Monviso, il monte dal quale nasce il Po, il Rocciamelone, e i massicci del Gran Paradiso, del Monte Bianco, e del Monte Rosa, senza dimenticare il Cervino, che è la montagna leggendaria per gli alpinisti.

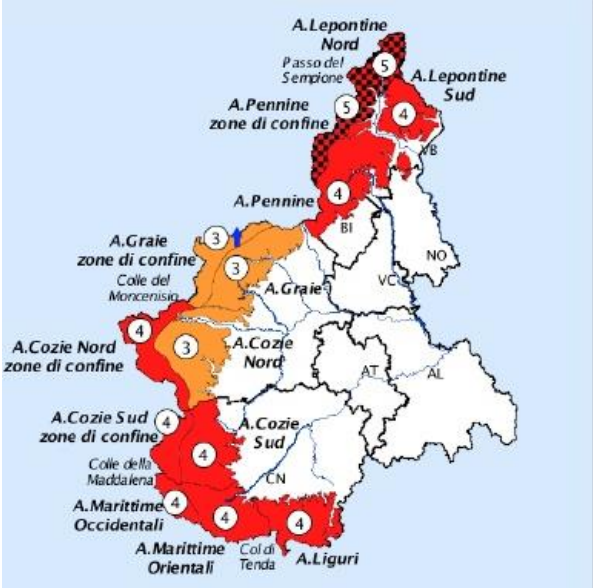


Figura 4.46 Carta delle Alpi Piemontesi con le relative ex province Fonte: Protezioni civile Piemonte

Torino è il capoluogo a raggera per eccellenza; ovvero è nota per la sua diramazione centrale rispetto alle altre città metropolitane (ex province) della regione piemontese. In particolar modo Torino dista 57 km da Asti, 79 km da Vercelli, 84 km da Biella, 93 km da Alessandria, 96 km da Novara, 98 km da Cuneo, 155 km da Verbania. Il confine francese dista circa 70 km nei pressi del Colle del Moncenisio, mentre sono 206 i chilometri che separano Piazza Castello da Chambery, 222 da Nizza, 250 da Ginevra e 314 da Lione.

Il 19 marzo 2016 l'UNESCO ha riconosciuto il parco del Po e la collina torinese come riserva della biosfera, mentre nel 2020 la FAO e l'Arbor Day Foundation hanno conferito alla città di Torino il riconoscimento di *Tree City of the World 2019*

Aspetto Sociademografico

A partire dal secondo dopoguerra, soprattutto nel decennio tra il 1951e il 1961, la popolazione della città conobbe un'improvvisa e repentina espansione, tant'è che ci fu un incremento di 306.000 abitanti nel 1961 rispetto al 1951. Le ragioni di questa crescita esponenziale sono dovute alla migrazione interna dal Mezzogiorno, dal Veneto e, seppur in misura minore, dalle vallate e dalle campagne di tutto il Piemonte, da dove la gente si spostò in cerca di lavoro nelle fabbriche della cittadina piemontese, in particolar modo la FIAT e il suo indotto. Questa crescita improvvisa e incontrollata, arrivata tra l'altro in un momento di precario equilibrio sociale di un Paese appena uscito da un disastroso conflitto, portò naturalmente a notevoli problemi di natura sociale ed urbanistica, che solo durante gli anni 80 hanno iniziato a trovare una seppur lenta e graduale risoluzione. Nel 1974 la popolazione torinese toccò il suo massimo con 1.202.846 abitanti. Da quando la popolazione della città riuscì a raggiungere il suo apice, ci fu una diminuzione lenta e stagnante ma secondo una tendenza simile a quella di tutte le principali metropoli italiane di quel tempo. Ciò non è dipeso soltanto dal ritorno di molti immigrati del Mezzogiorno nelle loro regioni di origine, ma prevalentemente dagli spostamenti avvenuti da Torino verso quella che poi divenne l'area metropolitana, determinando così l'espansione dei comuni della seconda cintura torinese (Vinovo, Candiolo, Orbassano, Rivalta Torinese , Rivoli, Alpignano, Pianezza, Druento, Caselle Torinese) e quelli della prima cintura (Moncalieri, Nichelino, Beinasco, Grugliasco, Collegno, Venaria Reale, Borgaro Torinese, Settimo Torinese, San Mauro Torinese). Considerando i dati dell'ultimo rilevamento provvisorio dell'ISTAT (dicembre 2020), la popolazione della città conta poco più di 848.000 abitanti, evidenziando un'ulteriore calo rispetto al censimento del 2001 (865.263).

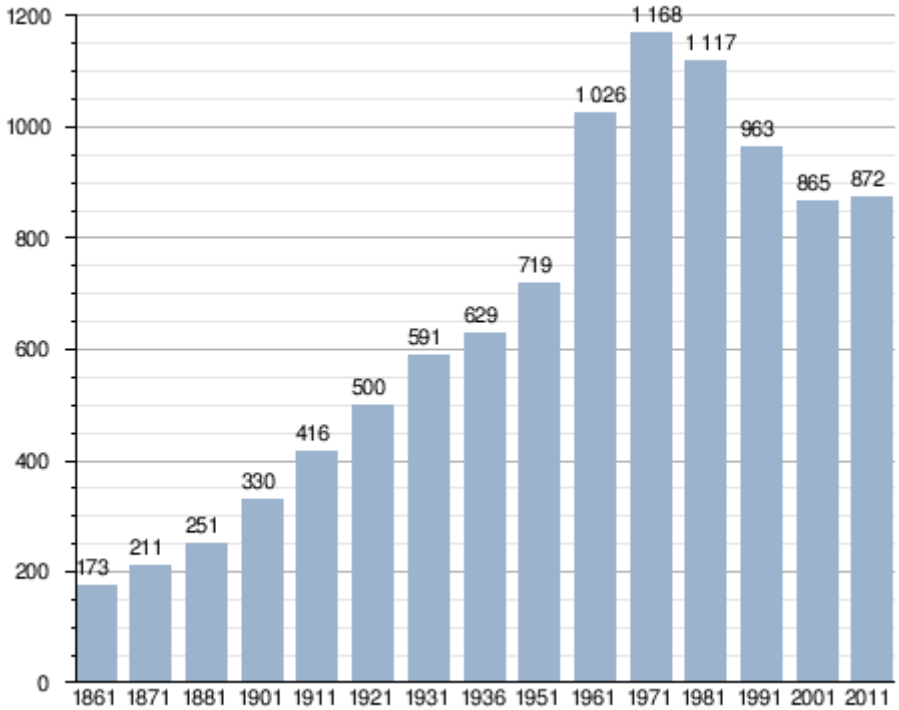


Figura 4.48 Tabella della popolazione nel capoluogo piemontese, Fonte: Dati ISTAT

Figura 4.49 Torino vista dalla mole antonelliana, Fonte Wikipedia

Aspetto Economico

Torino è il terzo polo economico italiano per Prodotto Interno Lordo. Torino nel 2011 presentava un Pil di 37,6 miliardi di euro e un debito comunale di 3,2 miliardi di euro, rendendolo il secondo comune più indebitato d'Italia dopo Milano e quello con il maggiore indebitamento. Nel 2014, dopo la pesante recessione che ha colpito la città, il Pil che dal 2007 al 2013 aveva subito una riduzione del 11,5%, si è stabilizzato alla quota di 36 miliardi, mentre il debito è sceso sotto i 3 miliardi di euro.

Torino presenta un tasso di disoccupazione tra i più alti del Nord Italia, attestatosi nel 2014 al 12,9%, con un andamento che a partire dal 2008 ha seguito quello medio nazionale. Il tasso di disoccupazione nel 2019 si attesta all'8.3%. Insieme alla sua provincia è ai vertici dell'*export* italiano, piazzandosi al secondo posto tra le province italiane per valore delle esportazioni.

Considerata una delle capitali europee dell'automobile, a Torino e cintura sono presenti alcune delle più importanti aziende del settore: FCA Italy, Comau, Teksid, Magneti Marelli, Italdesign Giugiaro, Pininfarina, Iveco.

Il forte radicamento del settore automobilistico nel territorio è favorito anche da un sistema universitario con percorsi di studio esclusivi a livello nazionale (il Politecnico di Torino è l'unico in Italia ad avere un corso di laurea in Ingegneria dell'autoveicolo) e la presenza di importanti università di *design* come l'IED e l'IAAD.

Figura 4.50 Il Grattacielo Intesa Sanpaolo, sede dell'omonima banca, la prima in Italia e la terza della zona euro.

A Torino è molto sviluppato anche il settore bancario con Intesa Sanpaolo, prima banca italiana per capitalizzazione di mercato e terza della zona euro, e il comparto assicurativo con Reale Mutua Assicurazioni. Le fondazioni bancarie Compagnia di San Paolo e Fondazione CRT operano in campo sociale, culturale e filantropico e sono rispettivamente la seconda e la terza fondazione d'origine bancaria d'Italia per dimensione patrimoniale; la prima è la principale azionista del gruppo Intesa Sanpaolo, mentre la seconda fa parte della compagine azionaria di Unicredit. Anche le banche d'investimento e di private banking Fideuram e Banca Intermobiliare hanno sede a Torino, così come la più piccola Banca del Piemonte.

Altre aziende di notevole importanza in territorio torinese sono: Lavazza, Caffè Vergnano, Martini & Rossi, Alpitour, Reply, Avio Aero, Basic Net, Carlo Pignatelli, Sparco, Seven, Kelémata e il Gruppo Armando Testa. Nella città metropolitana torinese hanno sede legale anche diverse filiali italiane di società estere come Suzuki, Bavaria, Diageo, Michelin, Kimberly-Clark, Petronas e Vodafone Italia.

Negli anni la città ha attraversato una lunga fase di riconversione industriale, sia per la crisi dell'industria metalmeccanica che si era sviluppato come indotto della FIAT, sia per la tendenza delle manifatture dei paesi avanzati a trasferire le loro produzioni nei paesi in via di sviluppo dove I costi di produzione e trasformazione erano nettamente inferiori. Dagli anni ottanta Torino ha vissuto un'importante fase di terziarizzazione, pur rimanendo uno dei principali centri industriali italiani ed europei.

Negli anni vi è stato un boom del settore informatico ed elettronico. Alla già preesistente attività di ricerca del Politecnico di Torino, dell'Istituto Mario Boella, dell'Istituto Galileo Ferraris e del Centro Ricerche Fiat, si è affiancata l'attività del distretto informatico Torino Wireless, nato per coordinare tutte le attività di ricerca e di produzione del settore ICT dell'area torinese, attualmente sono impegnate circa 6000 imprese. Un'altra operazione importante è stata la riconversione di una parte della superficie occupata dalla fabbrica di Mirafiori, sostenuta dal progetto Torino Nuova Economia anche grazie alla collaborazione con il Politecnico, ospitano il Centro del design.

Il future di Torino sembra che abbia prospettive rosee e di crescita, la Giunta comunale presieduto dal Sindaco uscente, l'Appendino, ha riportato le attenzioni a Torino, sia per quanto riguarda gli eventi sportivi di taratura mondiale, sia per quanto riguarda il polo innovativo dell'intelligenza artificiale che andrà a rendere Torino sempre più capitale della ricercar e dello sviluppo. Il nuovo masterplan del Politecnico che vede un consistente incremento di poli per lo studio con il recupero di important edifici in disuse, per non parlare di Unit oche ha siglato con il comune la nuova cittadella dell'università che nei prossimi anni porterà a Torino ancora più universitari.

Insomma l'economia Torinese ancora una volta sta spostando il suo asset di interesse verso la ricerca e lo sviluppo, verso una città sempre più universitaria e dinamica ai cambiamenti.

Aspetto ambientale

Secondo la classificazione dei climi di Köppen, Torino risulta far parte della fascia Cf, ovvero con un clima temperato umido delle medie latitudini con estate calda (mediamente i 30 °C sono raggiunti e superati 15 giorni all'anno a Torino e la media di luglio si attesta intorno ai 23 °C). Dagli anni novanta in poi l'estate torinese ha subito un riscaldamento. Gli inverni risultano spesso moderatamente freddi, asciutti e talvolta soleggiati. Prendendo in considerazione il periodo di riferimento climatico 1971-2000, la media nivometrica nell'anno idrologico è di 24,5 cm annui.

Il record assoluto di temperatura, 37.1 °C, è stato registrato nella stazione meteorologica di Torino Caselle l'11 agosto 2003, a causa di una continua persistente presenza di masse d'aria di origine subtropicale. Gli anni compresi tra il 2000 e il 2020 hanno fatto registrare molte estati decisamente più calde rispetto alla media climatica storica.

Per quanto riguarda la stagione invernale, la zona climatica di Torino, così come buona parte del Piemonte occidentale di pianura e meridionale, è interessata dalla formazione del cosiddetto "cuscinetto freddo", formato da afflussi di masse d'aria continentali; grazie alla conformazione orografica del catino padano occidentale, detto "cuscinetto", esso può resistere tenacemente ai venti miti che scorrono a quote medio-alte, come lo scirocco, provocando, occasionalmente, nevicate denominate "da addolcimento", per via della progressiva risalita termica. Molto diversa è la situazione nelle numerose zone collinari e prealpine, che molto spesso sono più calde delle pianure di parecchi gradi e quasi sempre rimangono prive di ristagni freddi per via dei continui afflussi di aria. Prendendo in esame i dati rilevati dall'Ufficio Idrografico del Po (presso Porta Susa), nel periodo 1961-1990, si può notare che in città, la temperatura media annua è stata di 12,3 °C, con la minima, a gennaio, di 0,9 °C.

Figura 4.51: Foto panoramica scattata dall'autore dalla basilica di Superga

Analizzando i periodi più piovosi, notiamo che essi sono compresi nel trimestre da aprile a giugno, e il mese di ottobre; il minimo più accentuato e duraturo delle precipitazioni è situato in inverno, ed è seguito dal minimo secondario di luglio-agosto. I temporali, in media sono circa 20 ogni anno, di cui 2 con la presenza di grandine e si verificano quasi sempre nei mesi tra aprile ed ottobre, causando precipitazioni di durata inferiore, ma d'intensità Maggiore e talvolta disastrosa. Il 1° luglio del lontano 1987 caddero 60 mm di pioggia in un'ora; seppur per l'epoca fosse un record quello del luglio 1987 ,quest'anno è stato superato, nella data del 22 giugno 2021, quando in una sola ora la media di pioggia scesa osciallava tra i 60 e i 70 mm e in tre ore tra gli 87 e i 105 mm. Infatti a Torino non aveva mai piovuto così tanto dal lontano 1928.

Classificazione climatica: zona E.
Classificazione secondo il sistema climatico di W. Köppen: clima Cfa.

Di seguito viene riportata la media trentennale di riferimento (1961-1990) rilevata dall'Ufficio Idrografico del Po:

TORINO CENTRO[19]	Mesi												Stagioni				Anno
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Inv	Pri	Est	Aut	
T. max. media (°C)	3,7	6,9	11,8	16,4	21,0	25,3	27,8	26,6	22,8	16,1	9,3	4,9	5,2	16,4	26,6	16,1	16,1
T. min. media (°C)	−1,9	0,1	4,1	8,1	12,2	16,1	18,4	17,7	14,5	9,2	3,8	−0,2	−0,7	8,1	17,4	9,2	8,5
Precipitazioni (mm)	35	37	55	99	105	86	58	58	67	83	74	47	119	259	202	224	804
Giorni di pioggia	4	5	6	9	10	9	6	6	6	7	6	5	14	25	21	19	79

Figura 4.52 Tabella di rilevaento temperature, precipitazioni di Torino, Fonte: Ufficio idrografico del Po

Milano

Inquadramento territoriale

Milano è la più grande area metropolitana d' Italia e il secondo comune a livello italiano per popolazione (1.396.522 a maggio 2021), capoluogo della Città metropolitana di Milano e della regione Lombardia . Nel cuore della pianura padana , Milano è posizionata in una delle regioni più sviluppate d'Italia. Nel 2008 il PIL della città è stato stimato dall'INSEE a 366 miliardi di euro, il secondo in Europa dopo la regione di Parigi .

Figura 4.53 Carta Politica Regione Lombardia, con suddivisione provinciale

Milano, come capitale economica e industriale d'Italia, ha l'aspetto e le caratteristiche di una metropoli moderna: grattacieli (noto il grattacielo Pirelli , costruito nel 1959), edifici in vetro e metallo e grandi magazzini. In città si trova la Pinacoteca de Brera , uno dei musei più grandi d'Europa, fondato nel 1809 da Napoleone Bonaparte come fratello italiano del Louvre . Degni di nota sono anche il capolavoro di Leonardo da Vinci , il dipinto murale *L'Ultima Cena* e vari monumenti romanici (soprattutto chiese e basiliche) che fanno di Milano la capitale del romanico lombardo .

A livello geografico Milano si trova ad ovest della Lombardia, in una posizione centrale del nord Italia ; copre una superficie di 1982 km² e ha una popolazione di 3 775 765 abitanti. La città metropolitana di cui è capoluogo è composta da 134 comuni (*comuni*). Nel decennio 1991-2001 il *comune* di Milano ha perso 113.084 abitanti (8,3%). Milano è attraversata ad est dal fiume Lambro che scorre in direzione sud lambendo l'aerodromo e l' aeroporto di Linate , e dal fiume Seveso che attraversa la città sotterranea a partire dagli anni '30, quando fu coperto per facilitare l'espansione della città. I due sono collegati dai *Navigli*, canali che nella loro sezione superficiale caratterizzano una zona di negozi e bar.

Aspetto sociodemografico

Oggi, con circa 1,3 milioni di abitanti, Milano diventa la città più popolosa della Lombardia e la seconda città più popolosa d'Italia dopo Roma , la capitale.
Ha un totale di 1.396.522 abitanti (ISTAT, 2021) e un'area urbana 4.280.820, in un'area metropolitana di circa 7.400.000 mq.
È definita da molti la capitale economica d'Italia. Non a caso Milano è uno dei principali centri commerciali e finanziari, e non a caso anche una delle città più ricche dell'Unione Europea, nonché sede della Borsa Italiana . Inoltre, la Fiera di Milano è considerata la più importante d'Italia e una delle principali al mondo.
Nella città e nei dintorni si parla un dialetto chiamato meneghino o milanese. È una lingua latina, con forti influenze celtiche, germaniche e liguri

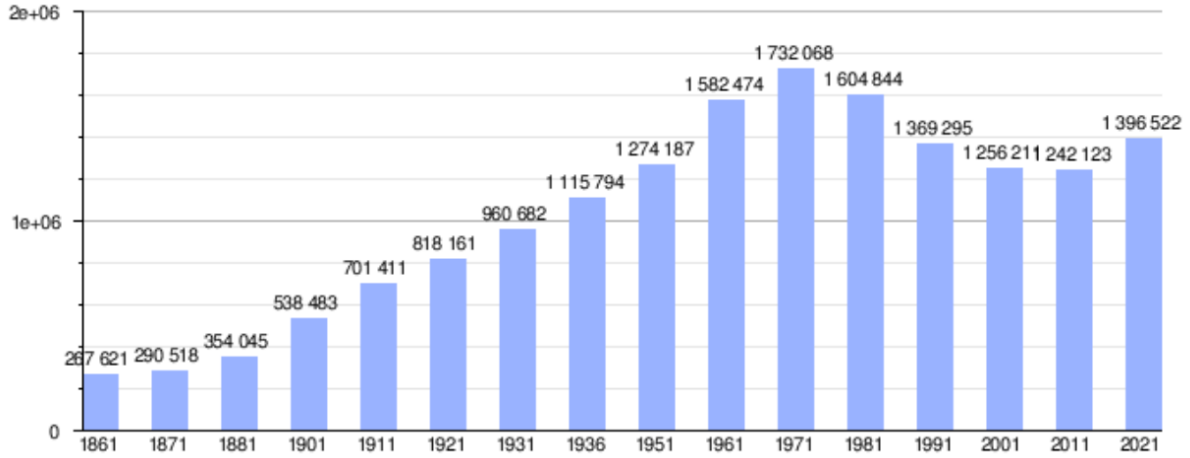
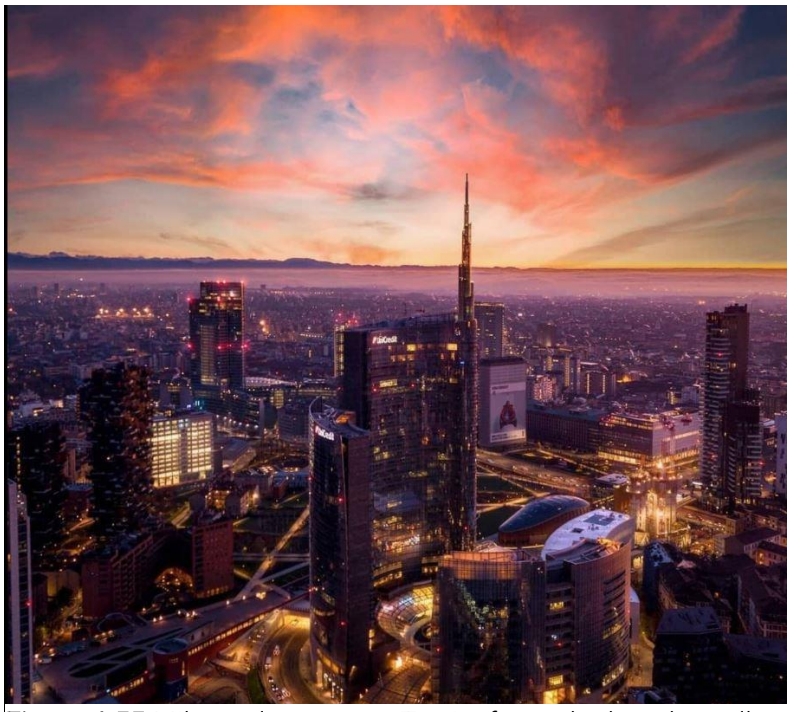


Figura 4.54 Tabella della popolazione nel capoluogo piemontese, Fonte: Dati ISTAT



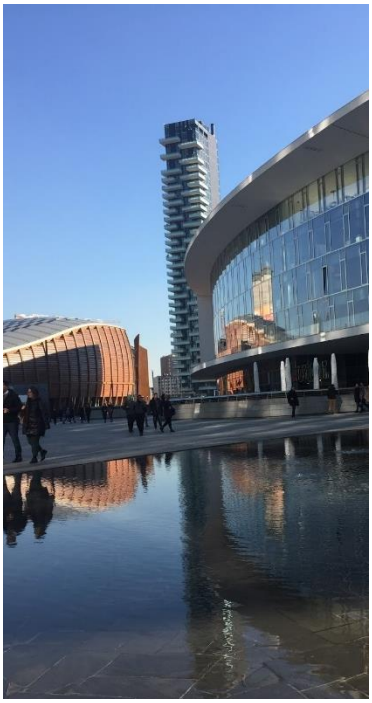


Figura 4.55 Milano al tramonto, Torri e futuro high tech per l'architettura "green e sustainable" milanese Fonte: Milano City Life

Aspetto economico

Milano è uno dei centri commerciali e finanziari del mondo. La città è sede della Borsa Italiana "Piazza Affari", e il suo interno è una zona industriale all'avanguardia. Milano è stata inserita in una lista di dieci città globali da Peter J. Taylor e Robert E. Lang della Brookings Institution nel rapporto economico "American Cities in the World Wide Network of Cities".

Milano è conosciuta come sede della casa automobilistica Alfa Romeo, come uno dei centri europei di comunicazione televisiva Mediaset e Fininvest , per la sua produzione di seta , e come uno dei leader mondiali nel design (Kartell). Da segnalare anche FieraMilano, il Polo Fieristico cittadino e il Polo Fieristico.

La città è famosa anche per essere una delle capitali mondiali della moda, con una moltitudine di boutique delle più importanti firme del settore; molti stilisti e case di moda hanno sede in città (Armani , Prada , Versace , Dolce & Gabbana , Etro , Miu Miu).

Figura 4.56 Il Grattacieli della Milano City Life, sede della nuova riqualificazione urbana che ha visto la nascita di un nuovo quartiere mix di funzionalità verde, sostenibile e integrato. Fonte: Milano City Life

Aspetto ambientale

Secondo la classificazione climatica di Köppen , Milano si presenta caratterizzata da un clima subtropicale umido , in netto contrasto con la maggior parte delle alter città d'Italia che è caratterizzata per lo più da un clima mediterraneo.

Ciò è dovuto al fatto che l'estate non è una stagione secca, in conseguenza del trovarsi nella zona di influenza del clima oceanico, ma è anche molto calda in questa parte dell'anno, per la sua continentalità e latitudine, superando in media i 22°C. Il termometro segna temperature medie che oscillano tra -2 e 4°C a gennaio, mentre d'estate e tra 17 e 29°C nel mese di luglio. Normalmente non c'è molto vento, ma in inverno -di tanto in tanto- soffia il favonio: un vento molto secco proveniente da nord che lascia il cielo totalmente limpido e sereno.

Durante la maggior parte dell'autunno e per tutto l'inverno fa prevalentemente freddo. Solo in alcuni mesi (soprattutto dicembre e gennaio) si manifesta in modo intenso, con temperature che superano appena i 5 gradi delle massime e minime che spesso non raggiungono gli 0 gradi. Le nevicate sono frequenti in inverno, anche se nel tempo sono diminuite in frequenza e quantità. La media storica della neve, ancor oggi percepibile, nonstante i cambiamenti climatici, nel milanese è compresa tra 35 e 45 cm.

L'umidità è piuttosto elevata durante l'anno e le precipitazioni annue, concentrate sopratutto in primavera e in autunno, sono nella media di all'incirca 940 mm.

Mio	Uno.	febbraio	Mare.	aprile	Maggio.	giu.	lug.	Fa.	sett.	ottobre	nov.	Dic.	Annuale
Temp. massimo addominali. (°C)	21.7	23.8	26.9	32.4	35.5	36.6	37.2	36.9	33.0	28.2	23.0	21.2	37.2
Temp. massimo media (°C)	5.9	9.0	14.3	17.4	22.3	26.2	29.2	28.5	24.4	17.8	10.7	6.4	17.7
Temp. media (°C)	2.5	4.7	9.0	12.2	17.0	20.8	23.6	23.0	19.2	13.4	7.2	3.3	13
Temp. min. media (°C)	−0.9	0.3	3.8	7.0	11.6	15.4	18.0	17.6	14.0	9.0	3.7	0.1	8.3
Temp. min. addominali. (°C)	−15.0	−15.6	−7.4	−2.5	−0.8	5.6	8.4	8.0	3.0	−2.3	−6.2	−13.6	−15.6
Precipitazioni totali (mm)	58.7	49.2	65.0	75.5	95.5	66.7	66.8	88.8	93.1	122.4	76.7	61.7	920.1
Giorni di pioggia (≥ 0,1 mm)	6.7	5.3	6.7	8.1	8.9	7.7	5.4	7.1	6.1	8.3	6.4	6.3	83
Ore di sole	58.9	96.1	151.9	177.0	210.8	243.0	285.2	251.1	186.0	130.2	60.0	58.9	1909.1

Figura 4.57 Tabella di rilevaento temperature, precipitazioni di Milano Fonte: Ufficio idrografico del Po, istat

Figura 4.58 L'Architetto Stefano Boeri con il progetto BoscoNavigli a Milano, e il progetto FORESTAMI Fonte: BOERIARCH.

Bacino d'utenza geografico

Nell'individuazione del bacino d'utenza geografico si è provveduto ad individuare tutti i possibili fruitori del servizio. Dunque ritengo sia necessario distinguere che I possibili fruitori saranno prevalentemente di 2 tipi :

- Trasporto di merci, beni e servizi
- Trasporto di persone

Essendo un terreno fertile di grandi infrastrutture, è semplice intuire che attualmente sia presente una moltitudine di aziende, servizi e infrastrutture logistiche per il trasporto di merci e persone e un intermodalità già presente e tutt'ora tra le migliori d'europa per gestione e tecnologia.

Prima di individuare le aree e le zone più importanti che vedranno un ulteriore sviluppo delle esistenti infrastrutture di spostamento, vorrei individuare le prevalenti positività dell'inserimento di una linea hyperloop tra Torino e Milano in visione strategica per il territorio.

Nella linea di Progetto vista precedentemente, ho pensato di unire Fiera Rho Milano con l'interporto di Torino, fulcro vitale del traffic export nel nordovest italiano, ma ho inserito anche una stazione a Novara, proprio nella zona dove si trova l'attuale interporto di Novara.

Perchè ci chiederemmo ? E bene, studiando i rapporti redatti da Uniontrasporti e dale province vercellesi e novaresi, mi sono reso conto del fiorente mercato nato in questi grandi interporticentrali che hanno una grande facilità di collegamenti e riduzione di tempi rispetto ai grandi capoluoghi come Torino e Milano, e sono per certi versi la seconda porta dell'export piemontese. Sorge spontaneo ipotizzare in future dei collegamenti con nuove stazioni per il trasporto di merci e persone.

Cio consentirebbe di ridurre lo spostamenti di beni e servizi con auto e autotreni che oggi giorno producono un alto inquinamento e rendono l'economia piemontese soggetta a variabili esterne non controllabili.

Riferimenti ai dati statistici Piemontesi

A tal proposito vorrei sfruttare un eccellente lavoro condotto dalla provincia vercellese in merito alle distanze di questa provincial dagli aeroporti di Caselle e Malpensa, dai capoluoghi di provincia e dal porto di Genova.

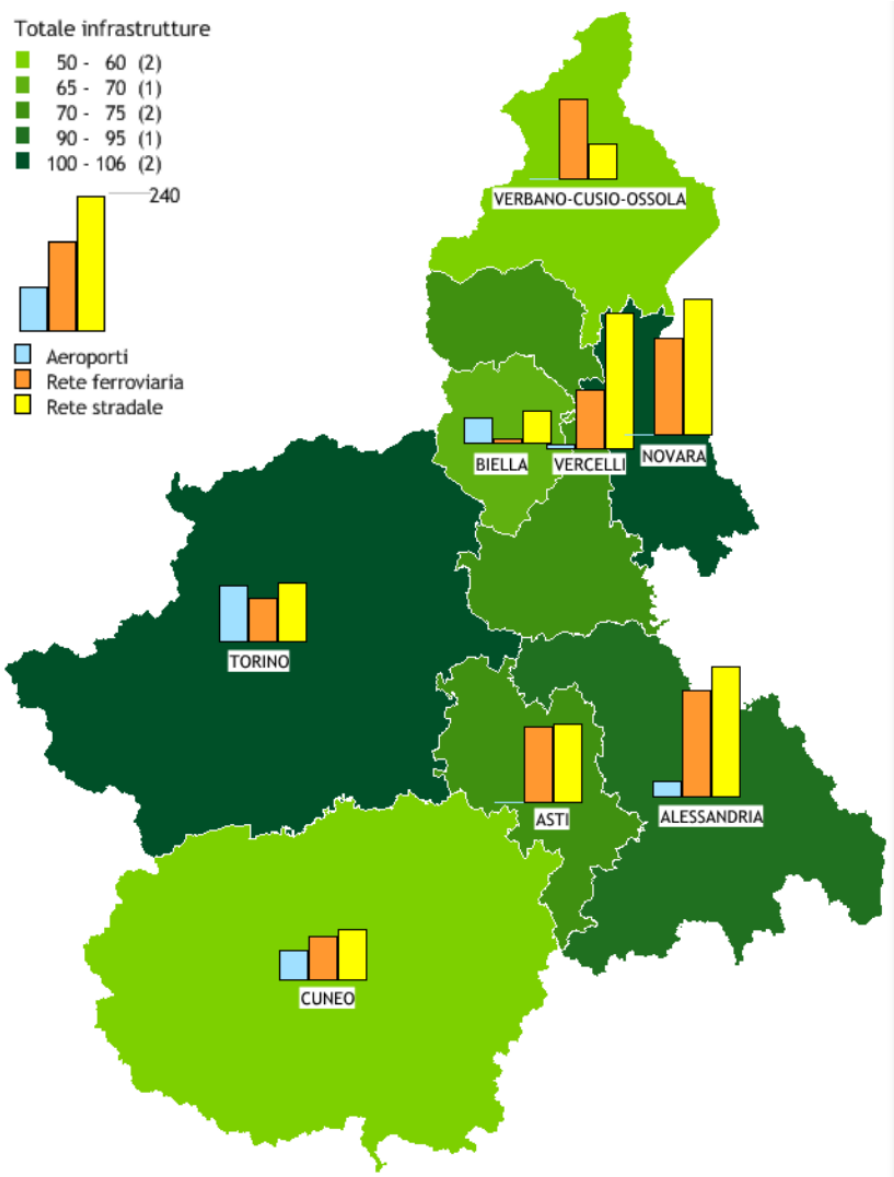


Figura 4.59 Indicatori di dotazione infrastrutturale delle province piemontesi (Italia=100) Anno 2009. Fonte: elaborazione Uniontrasporti su dati dell'Istituto G. Tagliacarne

Innanzitutto guardando la figura qui sopra si può dedurre come le 4 province piemontesi che vengono attraversate per oltre 80 km di tracciato siano tra le piuù fornite di infrastrutture, seppur con grande differenze tra di loro. Torino, Caselle, Settimo, Orbassano e Novara, che sono I poli nevralgici dove troviamo le stazioni Hyperloop per persone e merci daranno la possibilità di avere una mgrande intermodalità di collegamenti future.

Tabella 1 - Indicatori di dotazione infrastrutturale (Italia=100) - anno 2009

TERRITORI (Province/Regioni /Macroaree)	INFRASTRUTTURE ECONOMICHE							INFRASTRUTTURE SOCIALI			TOTALE INFRASTRUTTURE	TOTALE INFRASTRUTTURE AL NETTO DEI PORTI	TOTALE INFRASTRUTTURE ECONOMICHE	TOTALE INFRASTRUTTURE SOCIALI
	RETE STRADALE	PORTI	AEROPORTI	RETE FERROVIARIA	RETI PER TELEFONIA E TELEMATICA	RETI BANCARIE E SERVIZI VARI	RETI ENERGETICO-AMBIENTALI	STRUTTURE ISTRUZIONE	STRUTTURE SANITARIE	STRUTTURE CULTURALI E RICREATIVE				
TORINO	103,0	0,0	98,5	75,9	130,0	148,5	117,6	125,2	133,0	127,8	106,0	117,7	96,2	128,7
NOVARA	234,1	0,0	0,0	167,7	107,8	119,7	130,8	85,0	111,4	81,1	103,8	115,3	108,6	92,5
CUNEO	89,9	0,0	52,9	78,0	48,0	65,3	67,1	46,8	57,9	56,4	56,2	62,5	57,3	53,7
ASTI	137,1	0,0	0,0	131,1	70,9	83,3	98,2	51,1	66,9	69,6	70,8	78,7	74,4	62,5
ALESSANDRIA	225,9	0,0	29,7	185,3	70,9	79,5	102,8	63,8	80,8	74,2	91,3	101,4	99,2	72,9
BIELLA	58,1	0,0	46,7	10,3	86,3	102,0	115,8	70,1	82,4	81,8	65,3	72,6	59,9	78,1
VERBANO-C.-O.	61,3	0,0	0,0	138,4	49,9	50,3	71,8	35,4	68,7	55,1	53,1	59,0	53,1	53,1
VERCELLI	**235,0**	**0,0**	**10,7**	**104,1**	**54,6**	**73,6**	**83,3**	**69,6**	**57,5**	**47,9**	**73,6**	**81,8**	**80,2**	**58,3**
PIEMONTE	130,1	0,0	55,0	102,1	89,8	104,9	100,2	83,5	95,3	88,8	85,0	94,4	83,2	89,2
NORD-OVEST	115,7	48,0	124,0	96,7	114,0	135,8	128,7	99,3	118,8	100,6	108,2	114,9	109,0	106,2
NORD-EST	107,8	172,1	82,5	110,6	91,5	110,9	128,8	96,3	100,3	101,7	110,3	103,4	114,9	99,4
CENTRO	97,0	75,8	159,1	127,4	100,3	111,8	98,3	110,5	108,2	174,5	116,3	120,8	109,9	131,1
SUD E ISOLE	87,1	106,5	61,6	81,1	95,5	64,2	66,2	96,9	84,4	60,2	80,4	77,5	80,3	80,5
ITALIA	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: Istituto Guglielmo Tagliacarne

Figura 4.60 Indicatori di dotazione infrastrutturale delle province piemontesi (Italia=100) Anno 2009. Fonte: elaborazione Uniontrasporti su dati dell'Istituto G. Tagliacarne

Trasporto di merci, beni e servizi e il bacino di utenza

In un analisi complessiva di tutte le modalità di trasporti abbiamo gli aeroporti e gli interporti che sono il cardine per quell che riguardano il trasporto di beni e servizi che molto spesso trova solo spostamento su gomma, data la convenienza di facilità e praticità operative in termini temporali e logistici.

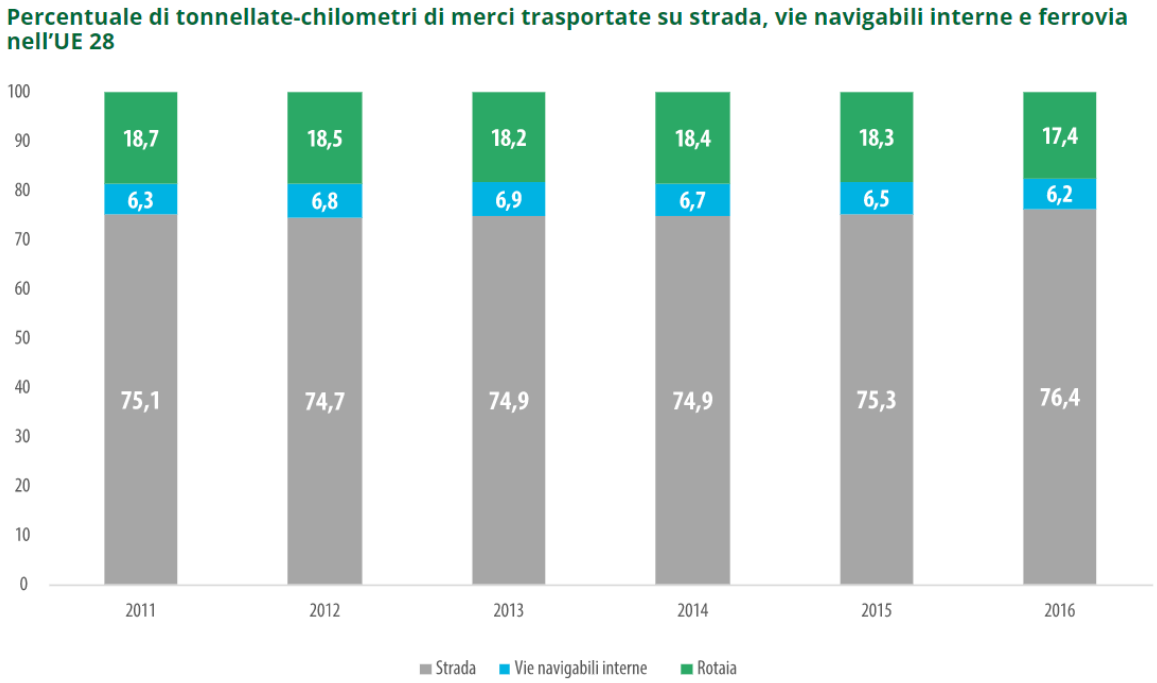


Figura 4.61 Indicatori tipologia infrastrutturale europea. Fonte: Dati statistici Eurostat (aggiornati al giugno 2018).

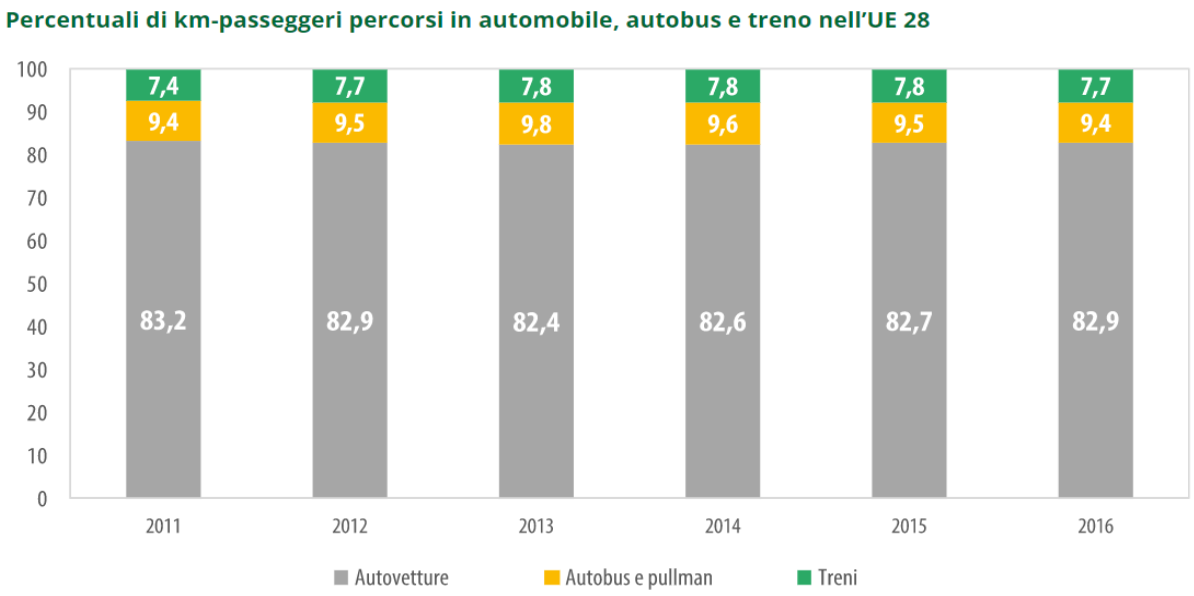


Figura 4.62 Indicatori k passeggeri tipologia infrastrutturale europea. Fonte: Dati statistici Eurostat (aggiornati al giugno 2018).

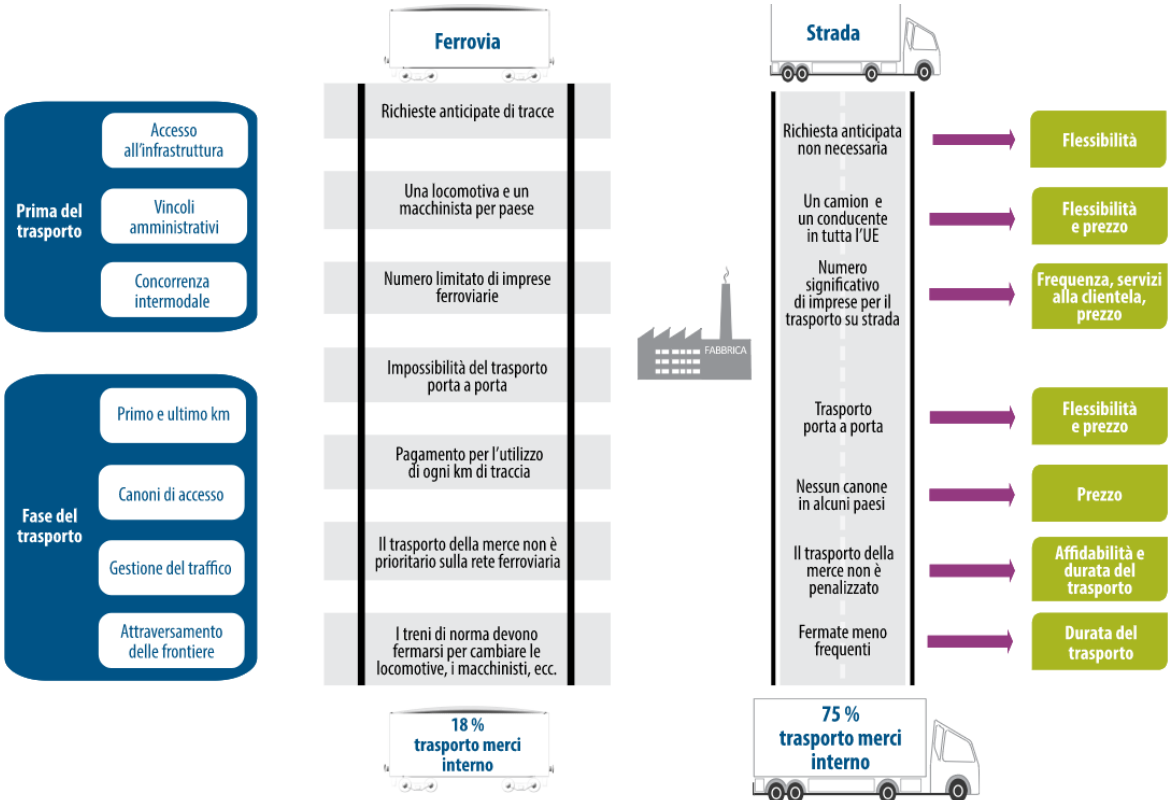


Figura 4.63 Indicatori tipologia infrastrutturale europea. Fonte: Relazione speciale della Corte dei conti europea n. 8/2016 "Il trasporto delle merci su rotaia nell'UE non è ancora sul giusto binario"

"Il trasporto su strada è la modalità preferita per la spedizione di merci all'interno dell'UE, in quanto è vantaggioso in termini di flessibilità, affidabilità, prezzi, tempi e consegna porta a porta. Nel 2016 la Corte dei conti europea ha pubblicato una relazione speciale sul trasporto di merci su rotaia nell'Unione europea. Si paragonavano i problemi che gli operatori del trasporto merci devono affrontare per l'utilizzo della ferrovia, rispetto a quelli dell'utilizzo della strada. Attualmente il

mercato non offre incentivi sufficienti per incoraggiare gli utenti a passare dalla strada ad altri modi di trasporto, che restano meno competitivi dal punto di vista economico. La figura 4 illustra alcuni dei principali motivi per cui il trasporto di merci su rotaia è meno favorevole rispetto a quello su strada."

Si legge nei documenti europei di analisi del trasporto che: "Negli ultimi decenni i volumi dei trasporti di merci e passeggeri nell'UE hanno fatto registrare una crescita costante, da 5 335 miliardi di passeggeri-chilometri nel 1995 a 6 802 miliardi nel 2016 per il trasporto di passeggeri e da 2 846 miliardi di tonnellate-chilometri nel 1995 a 3 661 miliardi nel 2016 per le merci. La Commissione stima che tale crescita sia destinata a continuare, anche se a un ritmo più lento che in passato, e prevede un incremento del 42 % per l'attività di trasporto passeggeri e del 60 % per il trasporto interno di merci tra il 2010 e il 2050. Secondo le stesse proiezioni, nel settore dei trasporti marittimi internazionali l'incremento sarà ancor maggiore, pari al 71 % nello stesso periodo. L'incremento dei volumi dei trasporti può comportare sfide in termini di capacità per alcuni modi di trasporto nell'ambito dell'UE. La congestione del traffico costituisce già un grave problema ambientale ed economico; attualmente, secondo le stime, comporta per l'UE costi pari a 140 miliardi di euro all'anno. Si prevede che i costi della congestione siano destinati ad aumentare di oltre il 40 % tra il 2010 e il 2050. Dal momento che l'intermodalità sarà una sfida fondamentale per poter intercettare una domanda cospicua di fruitori e utenti, riteniamo fondamentale analizzare il tessuto legato al commercio per quanto riguarda gli interporti, gli aeroporti limitrofi alla tratta in questione.

Gli aeroporti

L'aeroporto intercontinentale di Milano – Malpensa, gestito dalla società SEA - Aeroporti di Milano, è situato nella frazione di Somma Lombardo (in provincia di Varese) a 48 km dal centro di Milano e rappresenta il principale scalo del nord Italia e il secondo (dopo Roma), per traffico aereo, tra i principali aeroporti italiani.

L'aeroporto, con un'area di sedime di 1.244 ha, è dotato di due piste parallele - di 3.920 metri per 60 - e tre terminal. Il Terminal 1 è riservato ai voli intercontinentali, internazionali, nazionali e ai voli charter; il Terminal 2 è dedicato al traffico lowcost; il terzo terminal, denominato CargoCity, è dedicato ai voli cargo. Nel 2009 sono stati registrati oltre 187.500 movimenti (-14,2% rispetto al 2008), quasi 17,6 milioni di passeggeri (-8,7%) e poco più di 344.000 tonnellate di merce (-17,3%).

Lo scalo è raggiungibile dalla provincia di Vercelli principalmente, su gomma, mediante l'autostrada A4 e la strada provinciale 11 e, su ferro, mediante la linea storica Torino-Milano, proseguendo poi con il collegamento da Novara o da Milano. Allo stato attuale l'aeroporto di Malpensa non rappresenta un fattore importante in grado di intensificare le prestazioni logistiche dell'economia locale, così come avviene in realtà limitrofe.

L'aeroporto internazionale di Torino – Caselle, gestito dalla società SAGAT, si colloca a 15 km a nord-est del capoluogo piemontese, sviluppandosi su un'area di 292 ettari, ed è dotato di un'unica pista con un'estensione di 3.300 metri, risultando quindi di dimensioni decisamente inferiori rispetto allo scalo lombardo.

I due scali, lombardo e piemontese, risultano pressoché equidistanti dal capoluogo di Vercelli; tuttavia, l'area vercellese coperta dal bacino d'utenza del nodo di Caselle risulta di poco superiore rispetto a quella di Malpensa, anche in questo caso grazie all'autostrada A4 e alla linea ferroviaria storica Torino-Milano. Nel corso dell'anno 2009, a Caselle sono stati raggiunti poco più di 56.400 movimenti (-3% rispetto al 2008), oltre 3,2 milioni di passeggeri (-5,7%) e quasi 7.000 tonnellate di merce (-41,2%).E' molto chiara la figura 4.1.39 che mostra le distaze in termini di tempo di percorrenza dai 2 più grandi scali aeroportuali di Caselle e di Malpensa. La provincia vercellese di

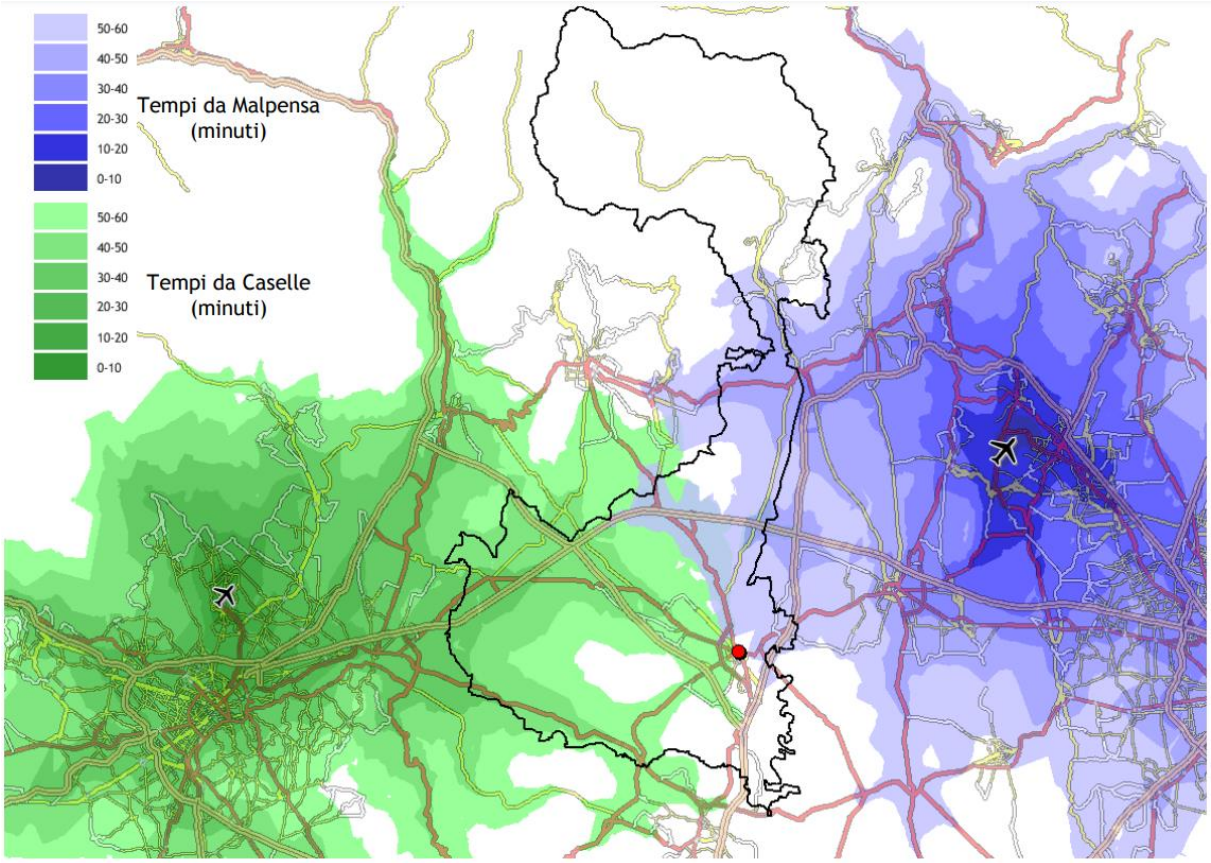


Figura 4.64. Distanza degli aeroporti in piemonte e lombardia. Fonte: elaborazione Uniontrasporti su dati dell'Istituto G. Tagliacarne

trova a metà di questi 2 scali lontano in entrambe i casi. Mentre si può desumere nelle province limitrofe agli aeroporti quanto siano trafficate le autostrade o I collegamenti viari che rimangono oggi giorno i più vantaggiosi per la libertà di orari e di offerta economica.

		MILANO MXP	TORINO
Ente di gestione		SEA spa	SAGAT spa
Area di sedime (ha)		1.244	292
Altezza s.l.m. (m)		234	301
Distanza dal centro abitato (km)		48	15
Operatività (h)		24	24
Classe ICAO		4E	4E
Area stoccaggio merci (mq)			-
Area parcheggio aerei (mq)		1.319.000	138.000
Piste	Pavimentazione Lungh. x largh. (m)	c.b. 3.920 x 60	c.b. 3.300 x 60
		c.b. 3.920 x 60	
Voli	n° - 2009	187.551	56.419
	Var. % 2009/2008	-14,2	-3
Passeggeri	n° - 2009	17.551.635	3.227.258
	Var. % 2009/2008	-8,7	-5,7
Cargo	tonn - 2009	344.047	6.942
	Var. % 2009/2008	-17,3	-41,2

Fonte: elaborazione Uniontrasporti su dati società aeroportuali

Figura 4.65. Caratteristiche degli aeroporti in di Caselle e Malpensa. Fonte: elaborazione Uniontrasporti

Gli interporti

Come detto in precedenza, gli interporti di Torino, Novara, Mortara, Vercelli, Pavia e Milano sono tra i più grandi d'Europa per numero di movimentazione di merci.

Figura 4.66. Interporti Piemontesi. Fonte: elaborazione Uniontrasporti

I due principali nodi di riferimento, in termini di distanze e tempi di percorrenza, risultano il Centro Intermodale di Novara e il Polo Logistico di Mortara, cui fanno seguito gli interporti di Rivalta Scrivia e Orbassano.

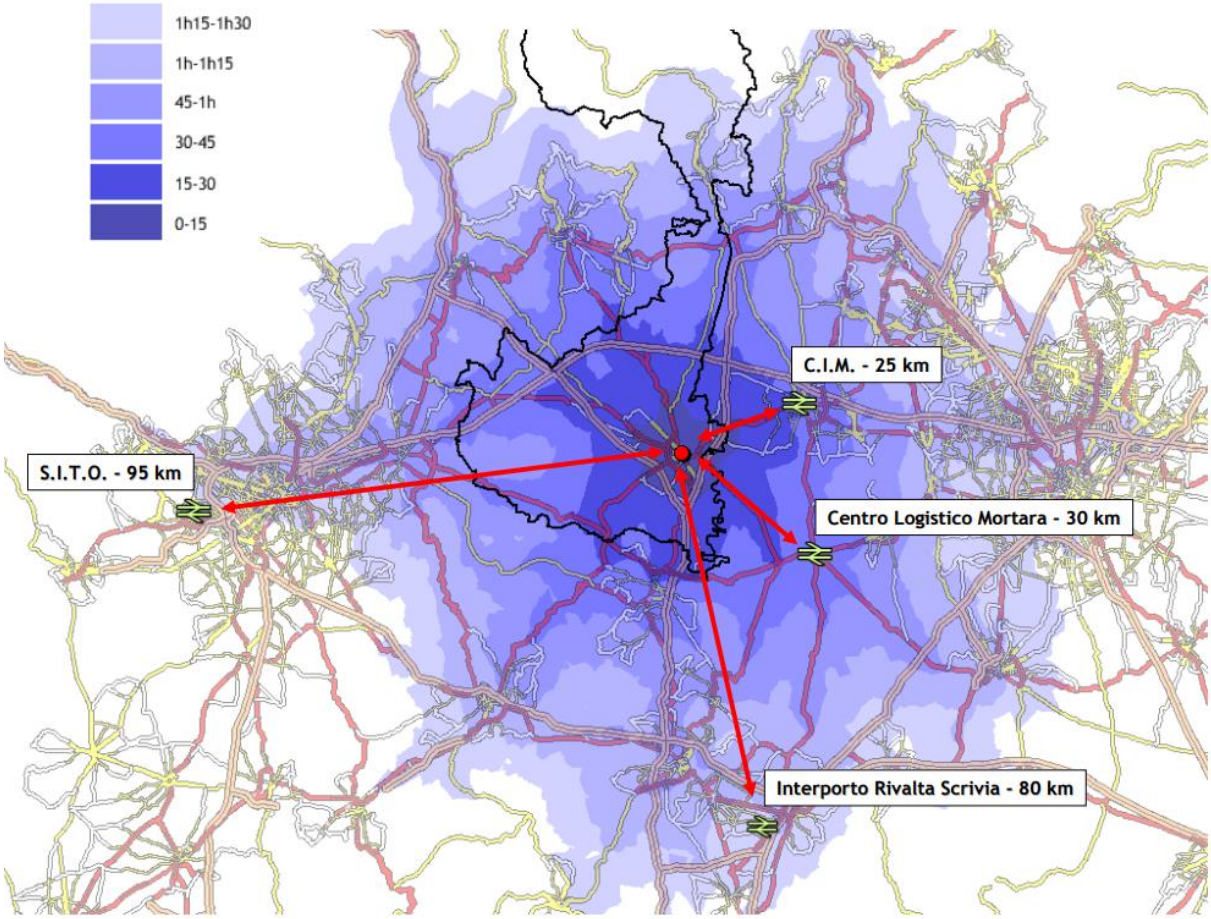


Figura 4.67. Interporti Piemontesi. Fonte: elaborazione Uniontrasporti e Regione Piemonte

Come possiamo vedere dall'immagine qui sopra, presa dal document redatto dalla regione Piemonte sulle distanza in termini chilometri tra I principali interporti regionali, possiamo notare la centralità della tratta nella provincia Vercellese. Vercelli non è solo riso e distese immense di risaie, ma bensi anche molte infrastrutture e nodi logistici fondamentali. Ecco perchè Posizionare e sfruttuare la centralità di Novara e Vercelli nell'intermodalità di una retta Hyperloop.

Interporto di Novara

Il Centro Intermodale di Novara, collocato nel cuore della Pianura Padana, all'incrocio tra il Corridoio 5 e il Corridoio 24, occupa una superficie complessiva pari a 58 ettari, di cui circa il 28% destinato a piazzale intermodale con un fascio di 7 binari per 3.900 km. Il terminal, aperto 24h su 24 sei giorni alla settimana, è connesso con le autostrade A4 Torino-Milano e A26 Genova-Gravellona Toce e con lo scalo ferroviario di Novara Boschetto. La struttura intermodale rappresenta una delle più aperte agli scambi con l'estero, in primis grazie alla sua posizione geografica, in prossimità del fulcro economico e produttivo di Milano e del confine svizzero. Attualmente pochi spazi sono destinati al magazzinaggio, mentre spicca una forte specializzazione in attività di trasporto e

interscambio che nel tempo hanno avviato la vocazione a piattaforma di movimentazione merci, attestandosi sui 5 milioni di tonnellate annuali di cui l'85% mediante trasporto intermodale.

Figura 4.68. CIM Centro Interportuale di Novara. Fonte: Google Maps

In previsione dell'apertura dei nuovi trafori svizzeri del Loetschberg e del Gottardo, della costruzione del Terzo valico su Genova e del nuovo traforo del Frejus, la società di gestione della struttura – CIM S.p.A. - sta progettando un nuovo terminal intermodale, il CIM Est, evoluzione dell'attuale interporto, con un'estensione di 10 ettari, 12 binari da 1 km ciascuno, magazzini raccordati e maxi aree di stoccaggio. A questo sviluppo, previsto dai piani territoriali del Comune e della Provincia di Novara, si affiancherà poi la realizzazione a nord di un'ulteriore area per la logistica e l'industria, collegata all'interporto, di oltre 150 ettari, nei comuni di Novara e Galliate. Il contributo del CIM allo sviluppo economico del territorio e le proprie prerogative di competitività derivano da una serie di scelte strategiche, come, ad esempio, quella legata alla valorizzazione dell'offerta immobiliare, puntando sul forte sviluppo degli investimenti logistici in Italia. Questo significa che lo scalo diverrebbe sede operativa di soggetti privati del trasporto e della logistica, interessati a renderlo hub della propria rete al servizio di uno specifico territorio.

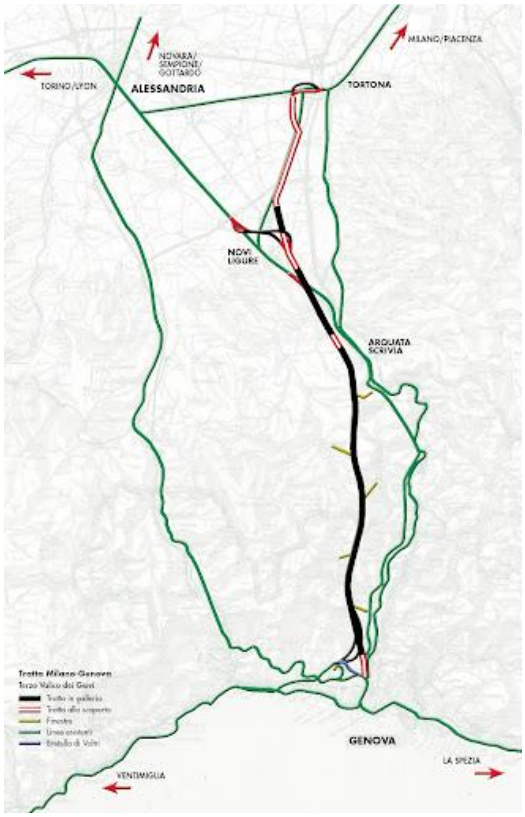


Figura 4.69. Tracciato del Progetto del Terzo Valico Genova- Novi ligure Fonte: Terzo Valico

Interporto di Orbassano

L'interporto di Orbassano (TO), con la sua posizione baricentrica all'interno del Nord Ovest, ambisce al ruolo di moderna piattaforma logistica nel cuore del Piemonte, sia come centro logistico di smistamento e trattamento delle merci a servizio del tessuto produttivo regionale (prettamente manifatturiero), sia come porta intermodale per le merci destinate alla Francia e al Nord Ovest europeo, attraverso il Frejus. Una delle singolarità del polo logistico è proprio la presenza dell'autostrada ferroviaria alpina su cui attualmente corrono 4 coppie di treni al giorno tra Italia e Francia. Lo scalo è gestito dalla società SITO S.p.A., mentre l'erogazione dei servizi viene affidata a privati o a società partecipate dall'ente gestore dell'interporto.

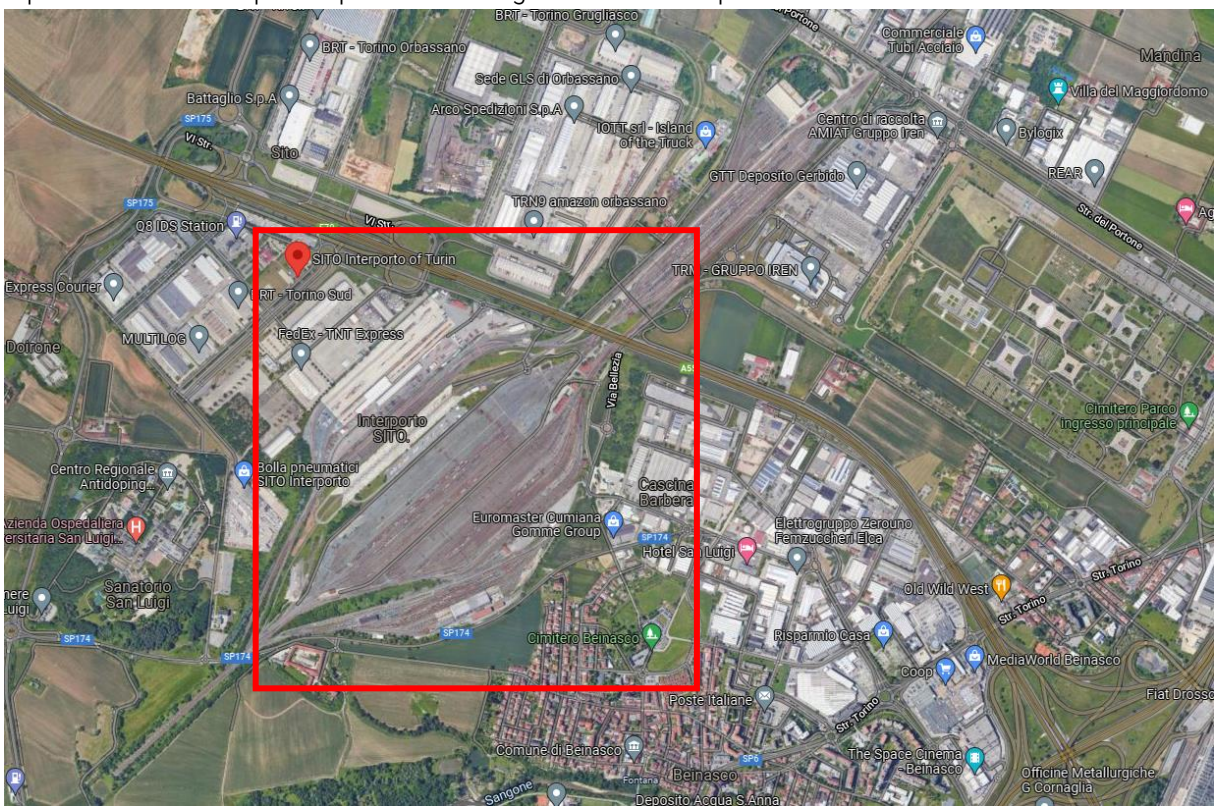


Figura 4.70 Interporto di Orbassano (Torino). Fonte: Google Maps

L'orientamento della struttura è propenso verso l'offerta di servizi logistici specializzati per filiera che attualmente riguardano soprattutto i prodotti del settore automotive, prodotti alimentari e materie prime. La SITO S.p.A. intende inoltre migliorare la connessione con il sistema ferroviario e la gestione delle merci in entrata e in uscita, oltre a intensificare la dotazione di macchinari per la movimentazione e il sollevamento delle merci ed avviare accordi di collaborazione con i porti più vicini. Di particolare rilievo è il progetto della nuova piattaforma di Orbassano per il rilancio del trasporto ferroviario delle merci e dell'intermodalità lungo la direttrice Torino – Lione - parte del Corridoio V.

Figura 4.1.46. Stralcio del tracciato di Progetto del tunnel Torino Lione con il futuro collegamento TAV all'interporto Orbassano Fonte: TAV Torino Lione

L'interporto di Rivalta Scrivia

L'interporto di Rivalta Scrivia (AL), gestito dalla società Interporto Rivalta Scrivia S.p.A., con i suoi 245 ettari di estensione, rappresenta il primo interporto realizzato in Italia. La vicinanza al casello autostradale di Tortona (AL), consente allo scalo un facile accesso alla A7 Milano-Genova e alla A21 Torino-Piacenza-Brescia. Oltre a piattaforma dedicata alla movimentazione e lavorazione delle merci, la struttura sta rafforzando la propria attività quale area retro portuale di Genova Voltri: da settembre 2007 è stato istituito un treno shuttle giornaliero che permette il transito merci tra i due nodi logistici a cadenze regolari, consentendo un parziale decongestionamento degli assi stradali di accesso al porto.

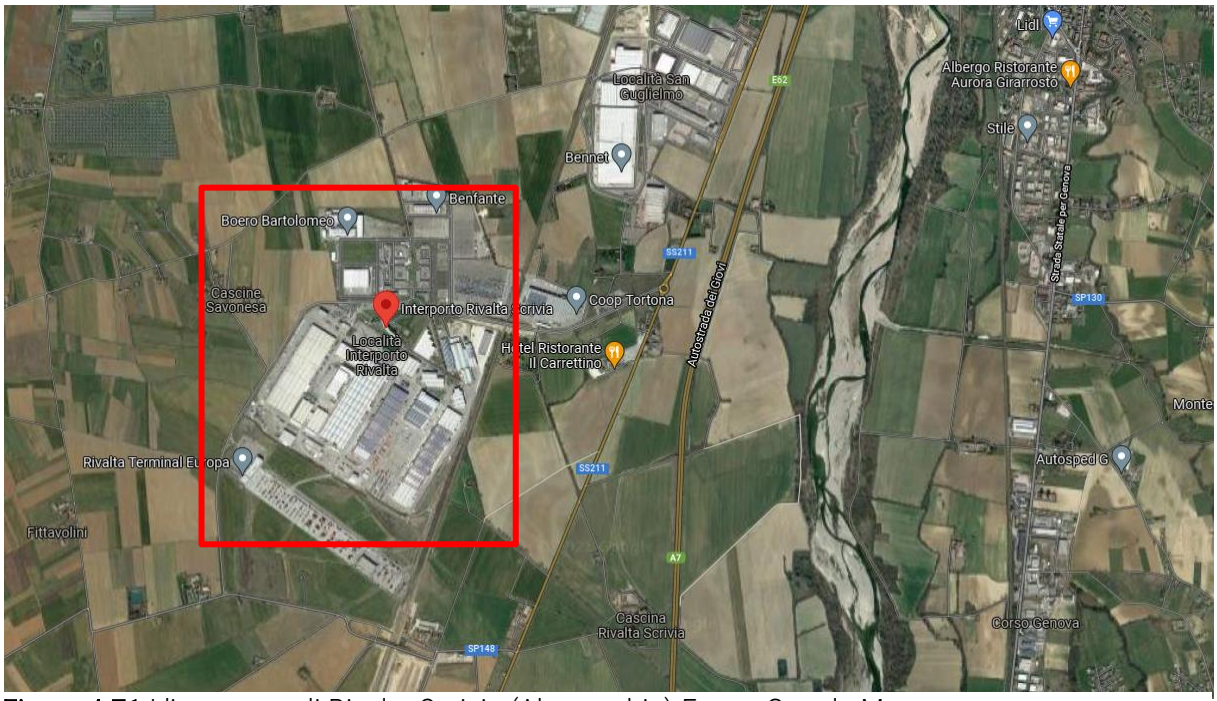


Figura 4.71 L'interporto di Rivalta Scrivia (Alessandria) Fonte: Google Maps

Interporto di Mortara

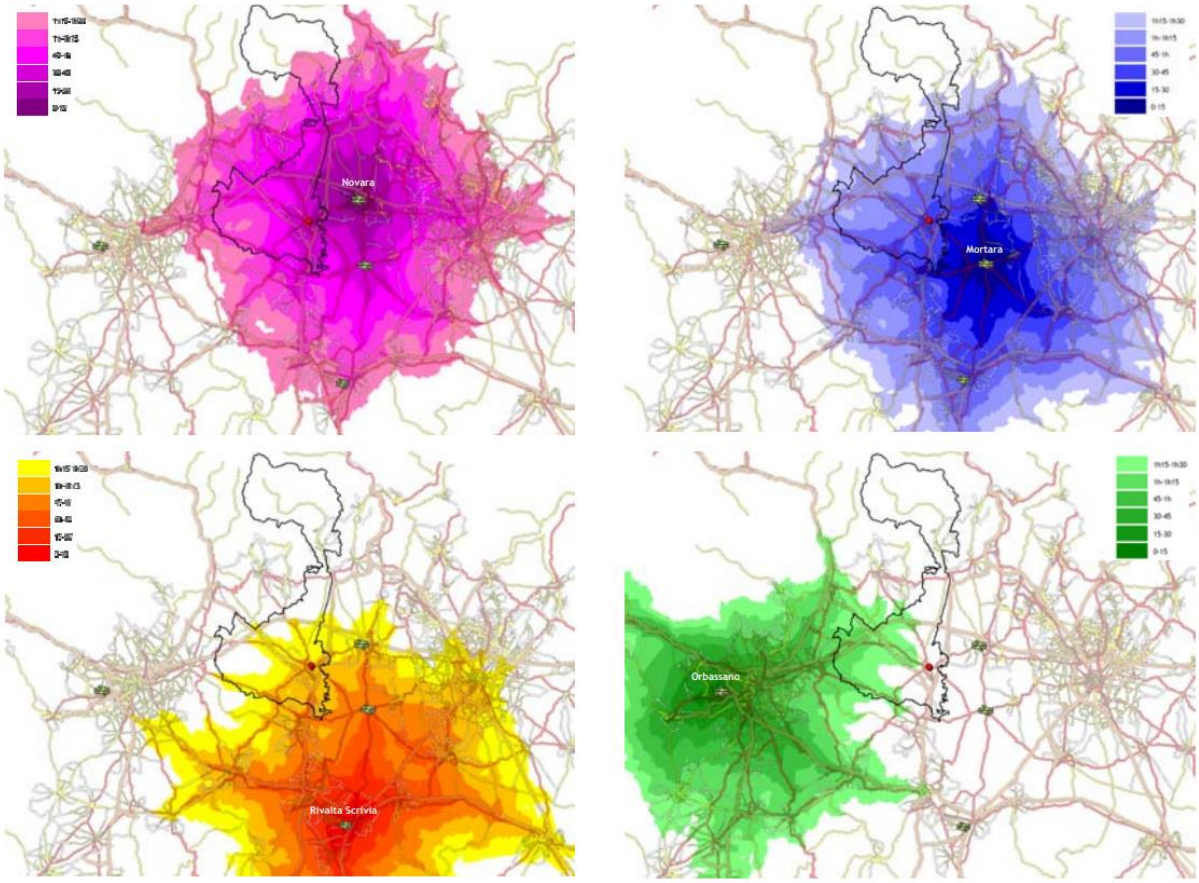
Il Polo Logistico di Mortara, in provincia di Pavia, è stato inaugurato il 21 novembre 2009 dalla società Polo Logistico Integrato di Mortara S.p.A.. Il Terminal, di 700.000 mq, è costituito da 3 binari operativi e supporta 9 coppie di treni al giorno. La posizione geografica permette di sviluppare relazioni sia con il nord, come supporto al terminale di Novara, sia con l'area portuale genovese e con il sud milanese. I primi servizi attivati dall'operatore Shuttlewise sono su Rotterdam e Venlo, aprendo la via a maggior traffici con la regione olandese del Limburg (Maastricht), posta al confine con Belgio e Germania in prossimità dell'area industriale della Ruhr. La realizzazione del Terminal ha comportato un investimento di 20,850 milioni di euro: di cui 9 milioni sono stati stanziati nel 2005 dalla Regione Lombardia per la realizzazione della parte infrastrutturale, mentre i restanti 11,850 milioni sono stati finanziati dalla Polo logistico di Mortara SpA, una società partecipata al 99% dalla Fondazione Banca del Monte di Lombardia, e per la restante parte dalla Provincia di Pavia, dalla Camera di commercio di Pavia, dal Comune di Mortara e da Cipal, il consorzio intercomunale Piano sviluppo Alta Lomellina. Il Polo beneficerà di una serie di importanti opere infrastrutturali che garantiranno un efficiente connessione con la rete stradale primaria e con il

territorio di Vercelli, quali, ad esempio, la connessione diretta con la prevista autostrada Broni – Mortara e il collegamento all'autostrada A26 attraverso il nuovo raccordo autostradale a Stroppiana

Figura 4.72 L'interporto di Mortara (Pavia) Fonte: Google Maps

(VC). E' inoltre previsto il completamento della tangenziale di Mortara e l'adeguamento della ex statale 596 dei Cairoli. Queste opere rappresentano un sicuro punto di forza per la logistica.

Figura 4.73 Accessibilità stradale agli interporti di Novara, Mortara, Rivalta S. e Orbassano Fonte: elaborazione Uniontrasporti e Regione



A corredo di quest'analisi condotta dalla regione e uniontrasporti deduciamo il forte interesse a risolvere un problema, il collegamento tra gli interporti, e a ridurre l'utilizzo di autostraporti su gomma per dare una soluzione alla questione. Tutto ciò sarebbe risolto con un collegamento più efficiente sostenibile e rapido come Hyperloop.

Le autostrade e il traffico di veicoli leggeri e pesante

Dai dati medi del 2015 sul trasporto sia di mezzi leggeri che pesante ricaviamo dei valori interessanti che ci mostrano la situazione dei trasporti semre in aumento per la gomma, e una lenta ripresa dei collegamenti su treni. Questo dovuto prevalentemente alla ramificazione di collegamenti infrastrutturali viarie, che ha avuto una crescita esponenziale soprattutto dal dopoguerra dove le necessità delle continue trasformazione e delle esigenze delle città si è visto in continuo ingrandimento degli assi stradali.

Anno	Autostrade e trafori	Lunghezza Km	Veicoli teorici medi giornalieri Leggeri Numero	Veicoli teorici medi giornalieri Pesanti Numero	Veicoli teorici medi giornalieri Totale Numero	Veicoli-km Leggeri in milioni	Veicoli-km Pesanti in milioni	Veicoli-km Totale in milioni
2015	Savona-Genova	45.5	42663	9323	51986	708.5	154.8	863.4
2015	Genova-Sestri Levante	48.7	40636	7126	47762	722.3	126.7	849
2015	Torino-Ivrea-Quincinetto	51.2	15619	2855	18474	291.9	53.3	345.2
2015	Torino-Milano	127	34876	11281	46157	1658.7	536.5	2195.2
2015	Torino-Savona	130.9	15730	3273	19003	751.5	156.4	907.9
2015	Voltri-GravellonaToce	161.2	13398	3282	16680	788.3	193.1	981.4
2015	Torino-Piacenza	164.9	21899	10316	32215	1333	627.9	1960.9

Figura 4.74 Traffico autostradale, veicoli teorici medi giornalieri e veicoli km – Autostrada - Fonte: Google Maps

Figura 4.75. Autostrade A4 Torino-Trieste e A21 Torino-Brescia Fonte: Autostrade per l'italia

Trasporto di persone e bacino d'utenza relativo

Nell'analisi della domanda di trasporto del quadro esigenziale si è esposto un continuo aumento dell'alta velocità al Nord Italia, soprattutto una crescita esponenziale dell'alta velocità Torino - Milano, soprattutto da quando Italo ha iniziato a proporre molta più offerta rispetto a Frecciarossa.

Legambiente con il rapporto Pendolaria annuale ci mostra come un altissima frequenza diutilizzo

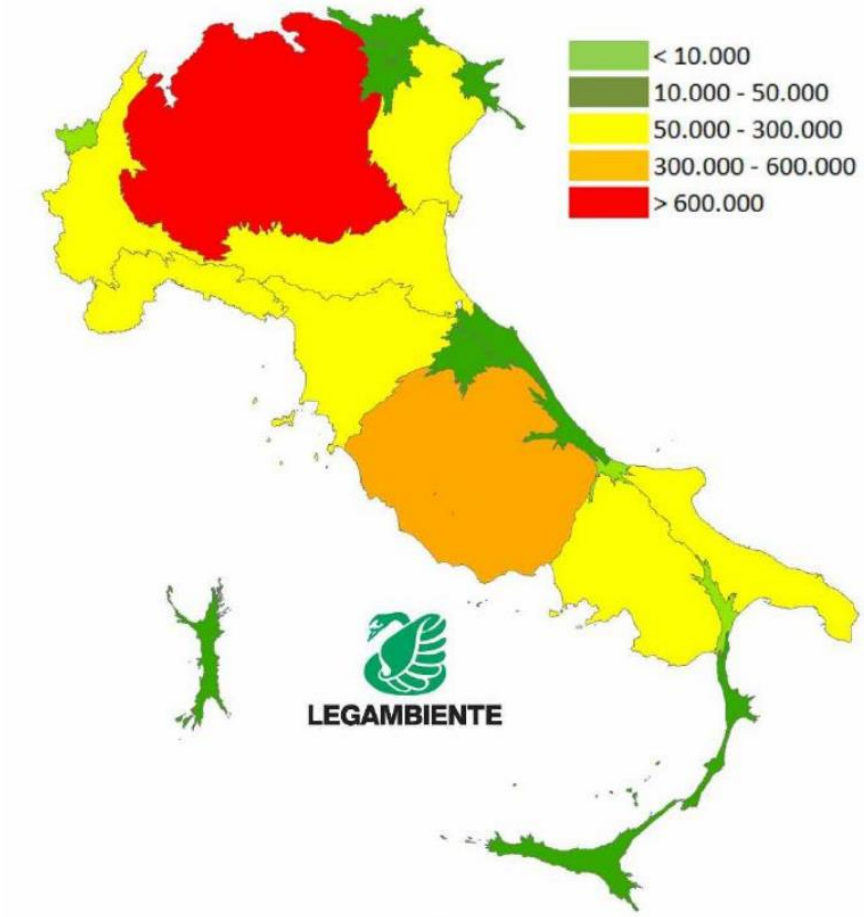


Figura 4.76 Numero di viaggiatori al giorno su treni regionali e locali, Fonte: Elaborazioni Legambiente su dati Regioni/Province Autonome, Rapporto Pendolaria 2020

del trasporto pubblico sia concentrato nell province di Torino, Biella, Vercelli, Novara, Milano, ecc… Tutte le stazioni del Progetto Hyperloop Torino Milano sfruttuerebbero proprio il fattore di andare sorreggere un sistema che in questo momento risente di tanti anni di mancato investimento e prospettive future. Al nord con le dismissioni degli ann 90, I piani strategici del 2000, le olimpiadi nel 2006 ci sono stati progetti crescita e investimento sulla velocità di comunicazione europea, e oggi troviamo infatti un asse che da Kiev passa da Venezia giunge a Torino, e con la tav Torino Lione si college alla francia fino ad arrivare in Spagna. Seppur con l'alta velocità si riesca a risolvere la stragrande parte di problemi legati all'inquinamento dell'autotrasporto, in termini di tempistiche non si riesce a ridurre il problema dei disservizi e dei ritardi.

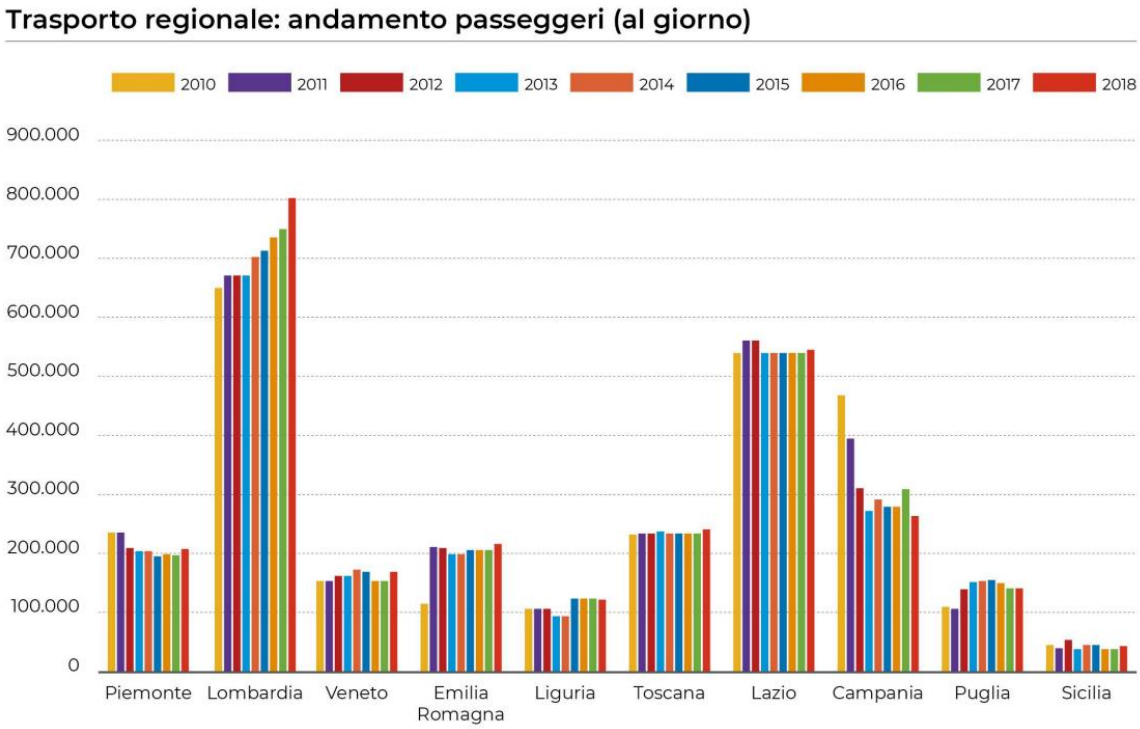


Figura 4.77 Numero di viaggiatori al giorno su treni regionali e locali, Fonte: Elaborazioni Legambiente su dati Regioni/Province Autonome, Rapporto Pendolaria 2019

Come notiamo dall'andamento annuale di viaggiatori sul sistema regionale, riscontriamo un aumento per il mercato lombardo e una diminuzione per quello Piemontese su un lasso di tempo tra il 2010 e il 2018, senza contare la stangata a ribasso del Covid-19.

È nelle grandi aree urbane dove si concentra larga parte della domanda pendolare, pari all'80% della domanda di mobilità in Italia: Milano e Roma in primo luogo, Torino, Genova, Bologna, il quadrilatero Veneto (Treviso, Padova, Vicenza, Mestre), Firenze, Napoli, Bari, Reggio Calabria e Palermo.

Ed è una domanda che sconta già gravissimi ritardi di investimenti per ferrovie regionali e metropolitane a cui si aggiungono i problemi derivanti dagli ingenti tagli al settore ferroviario degli anni passati, mentre al contrario è qui che vi è l'opportunità di far crescere la quota di trasporto su ferro riducendo così i livelli di congestione, inquinamento locale e emissioni di CO2.

Il Nodo di Milano è certamente il più importante in Italia per la quantità di persone che quotidianamente vi si recano e transitano; in Lombardia oltre 800 mila persone ogni giorno si spostano per motivi di lavoro e di studio in treno e larga parte di questi ha come destinazione proprio Milano. Si tratta di numeri impressionanti ed in crescita costante, con il capoluogo che vede flussi totali di pendolarismo secondo Istat pari a 650.000 persone.

Il Nodo di Torino è senza dubbio il centro di una vasta area a forte richiesta di mobilità pendolare. É qui, infatti, che si concentra una grossa fetta dei viaggiatori quotidiani della Regione, secondo l'Istat si tratta di circa 425.000 persone al giorno tra bus, treni ed auto private, mentre i passeggeri al giorno sui treni regionali sono oltre 176mila, ed è in quest'area che il servizio ferroviario metropolitano ha visto concentrati gli investimenti della Regione negli ultimi anni.

Si ipotizza un grande quantitativo di domanda per Hyperloop anche grazie al maggior quantitativo

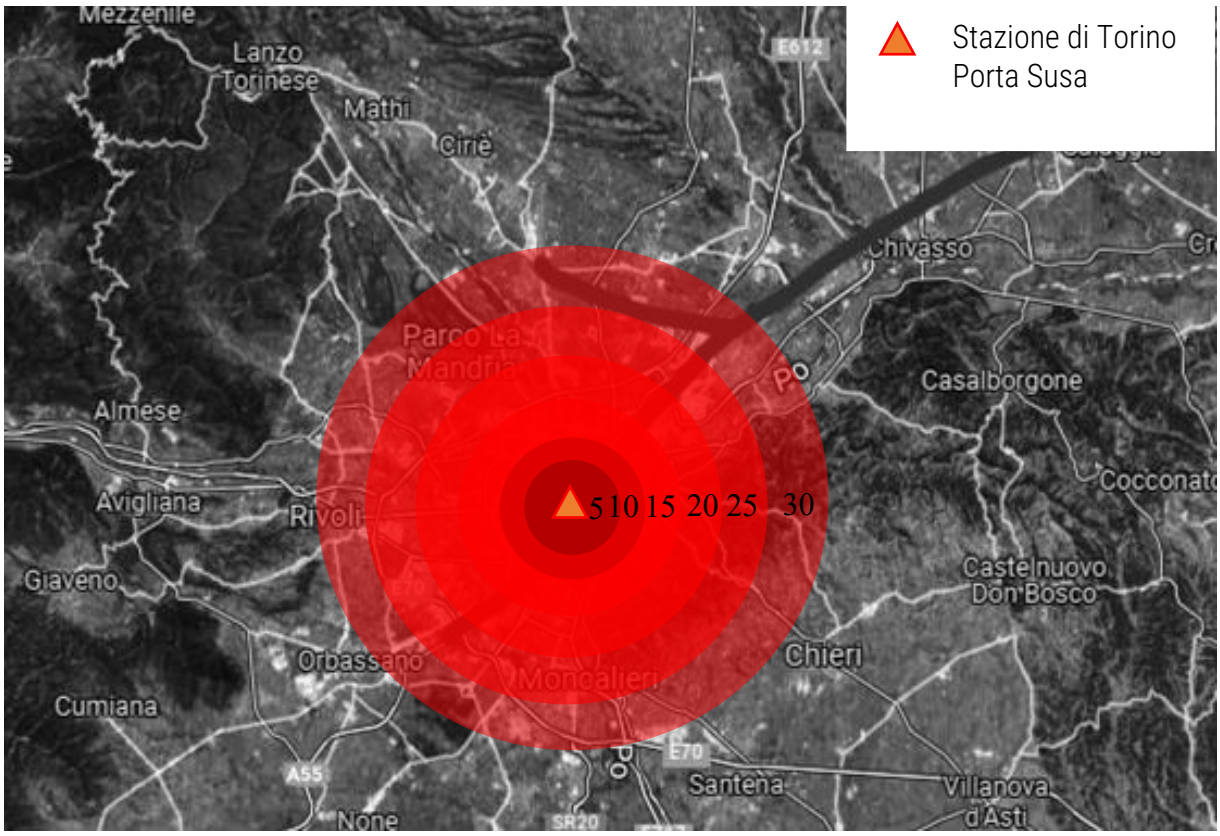


Figura 4.78 Distanza in termini orari dalla stazione di Torino Porta Susa, Fonte: Elaborazioni Legambiente su dati Regioni/Province Autonome, Rapporto Pendolaria 2019

di stazioni che consente di andare a prendere un maggior bacino d'utenza e sfruttare l'efficienza e l'ottimizzazione del sistema di intelligenza artificiale che guida le capsule di Hyperloop.

Si stima dai dati Istat che tra i 420000 pendolari quotidiani della regione Piemonte e i 100000 che quotidianamente prendono auto per poter spostarsi con maggior flessibilità d'orario, o perché l'offerta dell'alta velocità non è disponibile siano i potenziali fruitori di una tratta Hyperloop Torino Milano.

Al quale andrebbe aggiunta una grande porzione di utenti che al diminuire del tempo di viaggio vedrebbero un incremento di utilizzo del proprio tempo in maniera più ottimizzata con un servizio in grado di ridurre le tempistiche della giornata lavorativa.

STEP 2.3

Analisi sociale

Target del bacino d'utenza: i profili maggiormente interessati

Premessa

Se la strategia di questo corridoio dicessimo che ha trovato terreno fertile grazie alla pandemia da Covid-19 penseremmo che si stia dicendo una gran fesseria, ma non è così. Proprio durante il lockdown con la stragrande popolazione chiusa in casa si è visto l'effetto dei trasporti nelle città e in particolar modo a Torino e Milano, 2 città che per conformazione geomorfologica non fanno circolare l'aria ma semmai la fanno ristagnare creando delle isole di aria inquinata. Ciò ha fatto capire come il sistema dei trasporti sia vecchio, non di età anagrafica ma di benefici per il contesto ambientale. A Torino se si inquina l'aria, per molti giorni a meno che ci sia il phon l'aria rimarrà inquinata; dunque, si è potuto notare con le colonnine dell'Arpa Piemonte l'abbassamento dei valori del PM 10 e del PM 2,5 al diminuire del traffico cittadino. Questo ha portato a riflettere su come abitualmente passavamo le ore della giornata, ci si è resi conto che la maggior parte delle persone nel mondo faceva cose insane lamentandosi di un mondo sporco.

Dunque, alla luce di queste basilari considerazioni, il target per il trasporto del futuro non sarà una fascia di prezzo all'ora per la quale dare un servizio a qualsiasi costo pur di far girare l'economia come succede ancor oggi per molte modalità di spostamento, ma deve prendere in considerazione anche la fattibilità di un determinato sistema in un'ottica di circolarità e di sostenibilità nella maniera più efficace ed efficiente possibile.

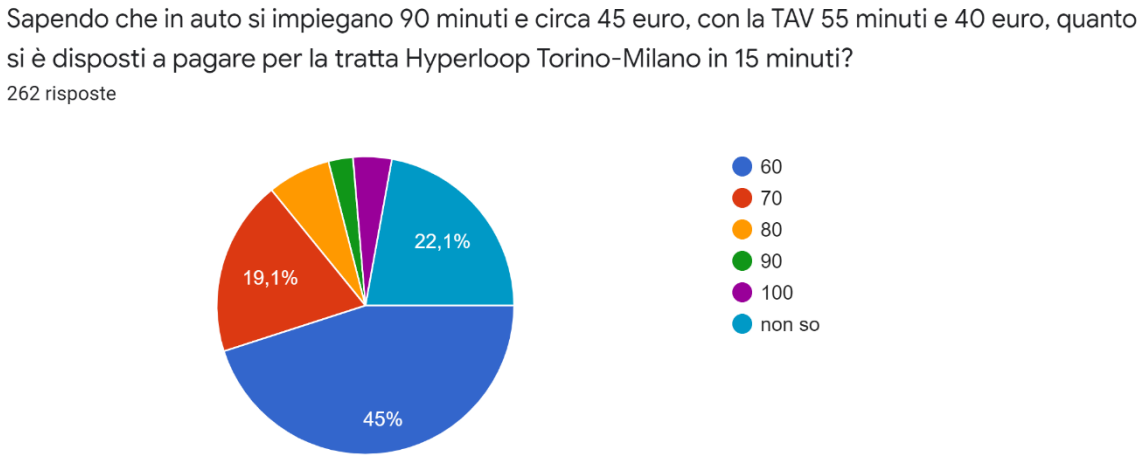
Nell'individuazione del target che potrà utilizzare Hyperloop, penso di poter affermare che il bacino di utenza supererà qualsiasi conteggio statistico che si farà perché per la ragioni pocanzi citate, Hyperloop soddisferà le esigenze del mercato salvaguardando la sostenibilità ambientale con le tecnologie del 21° secolo, con l'intelligenza artificiale rendendo il viaggio un esperienza ad hoc per ogni passeggero sulla base delle sue caratteristiche e volontà e soprattutto utilizzando efficacemente l'energia mirando ad una sostenibilità globale del viaggio, sia in termini economici, ambientali e sociali.

I target dei possibili fruitori della tecnologia Hyperloop che riteniamo saranno le più interessate sia in termini pratico economici per risparmio di tempo e sicurezza, sia per necessità lavorative e di urgenze di pubblica utilità in qualsiasi condizione meteorologica sono:

- Imprenditori, liberi professionisti
- Politici, uomini di finanza, persone di pubblico interesse
- Medici, infermieri equipe di pronto soccorso
- Militari, forze armate, impiegati nel pubblico
- Turisti, eventi occasionali
- Pendolari, viaggiatori internazionali
- Docenti, dottorandi, ricercatori, studenti

Penso possano essere le categorie più propense a pagare un costo per il biglietto più alto rispetto ai normali treni alta velocità o alle flotte automobilistiche veloci, per ridurre il tempo impiegato per percorrere la stessa tratta.

Nel contesto più torinese che milanese, lo potremmo tradurre in un'alta percentuale di persone che quotidianamente usufruiscono del treno alta velocità Torino-Milano e rimangono insoddisfatti del servizio ottenuto per, ritardi, guasti



A tal proposito di seguito riporto i dati relativi ad un questionario da me svolto per l'analisi di possibili fruitori e al lavoro che essi svolgono, ne è emerso che la maggior parte di fruitori fortemente convinti e interessati alla costruzione del corridoio Hyperloop, siano Imprenditori liberi professionisti, pagati prevalentemente a tempo, o che il tempo che hanno a disposizione più viene sapientemente ottimizzato e maggiore è l'introito finanziario per la commessa svolta.

Su un campione di 260 persone, ne avremmo 120 disposti a pagare 60 euro, 71 a pagare 70 euro, 21 a pagare 80 euro, 7 a pagare 90 euro e 11 a pagare 100 euro.

Nel prezzo di 60 euro troviamo prevalentemente studenti, a 70 euro troviamo molti lavoratori dipendenti e impiegati, al prezzo medio di 80 euro, il 97 percento appartiene a imprenditori e liberi professionisti in generale, a 90 euro imprenditori e dirigenti d'aziende o impieghi pubblici di rilievo, e a 100 euro solamente importanti manager che spendono molto in viaggi di lavoro.

Un esempio dei casi emersi tramite intervista era proprio quella di un primario, residente a Torino, utente quotidiano del treno alta velocità Torino Milano, parte la mattina alle 7: 20, dalle 9 alle 16 in ospedale, dalle 16:30 alle 20 lavora in uno studio medico privato come professionista. Ritorna a Torino la sera con il treno delle 20:12 a Milano Centrale, e molte volte rischia di perderlo per prolungamento di visite specialistiche o ritardi con pazienti, dovendo attendere un'ora in più, rischiando di avere anche ulteriori ritardi o guasti tecnici, e avendo 2 giorni su 5 problemi e rientro dopo le 22:30 a Torino. Questo lo ha condotto da investire su un'auto per poter avere la libertà di finire prima o dopo e avere la garanzia di tornare a casa senza problemi aggiuntivi. Il risultato di questa scelta lo ha portato a spendere molto di più per una questione meramente legata alla rigidità del sistema ferroviario attuale, legate ancor' oggi a modalità ottocentesche.

Nell'intervista il medico dice che se il biglietto Hyperloop costasse 80 euro, sarebbe disposto a spenderli in primis per la questione tempo, perché un'ora di prestazioni mediche di un primario vale circa 200 euro, e dunque poter allungare di 40 minuti le visite significherebbe pagare il viaggio di andata e di ritorno di una giornata intera.

1.1 Analisi degli Stakeholders

Al fine di determinare in via preliminare i benefici per gli stakeholder rispetto ai quali i progetti possono essere valutati al di là degli indicatori di fattibilità finanziaria ed economica, lo scopo di questo paragrafo è di identificare i principali stakeholder potenzialmente coinvolti nello sviluppo del corridoio Hyperloop Torino-Milano e registrare la loro prospettiva su tale progetto.
Il project management Institute definisce le parti interessate come "individui" e organizzazioni che sono attivamente coinvolti nel progetto o i cui interessi possono essere influenzati positivamente o negativamente a seguito dell'esecuzione del progetto o del completamento del "progetto".

Partendo da questa definizione, in questo paragrafo ci si pone l'obbiettivo di rilevare gli stakeholder e proporre un potenziale piano per il loro coinvolgimento nel progetto.
Considerando la tratta Torino-Milano, tra i beneficiari e i principali stakeholder di Hyperloop troveremo i "pendolari" che di solito percorrevano il percorso per il lavoro. L'impatto del progetto su questa categoria di stakeholder avrà sicuramente un feedback positivo: il tempo di viaggio sarà ridotto notevolmente e il prezzo del biglietto sarà probabilmente significativamente inferiore. Inoltre, se si considera il potere e l'influenza che questa classe di parti interessate sul progetto ha, e si può dire che è relativamente alta: in realtà costituiscono la maggior parte della domanda di trasporto di Hyperloop.

Un'altra categoria di parti interessate da prendere in considerazione sono quelle che vivono nelle immediate vicinanze del percorso. Questa categoria, che spesso rappresenta un potenziale ostacolo alla realizzazione di progetti ferroviari, potrebbe essere più facile da coinvolgere nel caso di Hyperloop. Per quanto riguarda il rumore, infatti, si presume che Hyperloop non produca rumori a livelli tali da essere percepito dalla popolazione che vive vicino alla pista. Ciò è prevalentemente dovuto al fatto che Hyperloop non è a contatto con il tubo e quindi non vi è alcun trasferimento di vibrazioni. Qualsiasi rumore proveniente dalla capsula non verrà percepito all'esterno. L'unica fonte potenziale di rumore potrebbero essere le pompe per il vuoto, ma sarebbe comunque un rumore trascurabile o ammortizzabile con dei sistemi di assorbimento acustico.

Certo, dal punto di vista paesaggistico, l'impatto visivo delle tubature, che possono essere sospese o sotterranee a seconda della morfologia del territorio, è un aspetto da non sottovalutare nella progettazione dell'impianto. Trovandoci nel primo caso, per una questione di costi e di velocità di cantierizzazione, un progetto ad hoc riguarderà l'abbattimento visivo con vegetazione e sistemi di mimetizzazione nel contesto.

Tra gli altri Stakeholder che possono essere inseriti come direttamente o indirettamente interessati dall'implementazione della linea Hyperloop Torino-Milano, possiamo citare le seguenti categorie:

- Enti pubblici:
  - Stato
  - Ministero dell'interno
  - Ministero della difesa
  - Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili
  - Funzionari
  - Consorzi costruttori
  - Consorzi gestori
  - Regione Piemonte

  - Regione Lombardia
  - Città Metropolitana di Torino
  - Città Metropolitana di Milano
  - Città di Torino
  - Città di Milano
  - Città ospitanti il corridoio
- Organizzazioni pubbliche e private, ordini, istituzioni e aziende
  - Camere di Commercio
  - Business Leaders
  - Ordini professionali degli ingegneri civili, edili,ambientali
  - Ordini professionali degli architetti, urbanisti e paesaggisti
  - Istituzioni educativo-accademici e della ricerca (distretti scolastici, università)
  - Viaggiatori d'affari e logistica
  - Agenzie e Aziende commerciali e tecnologiche
- Hyperloop Italia
- Transpod Hyperloop
- Virgin Hyperloop
- Zaha Hidd Architects

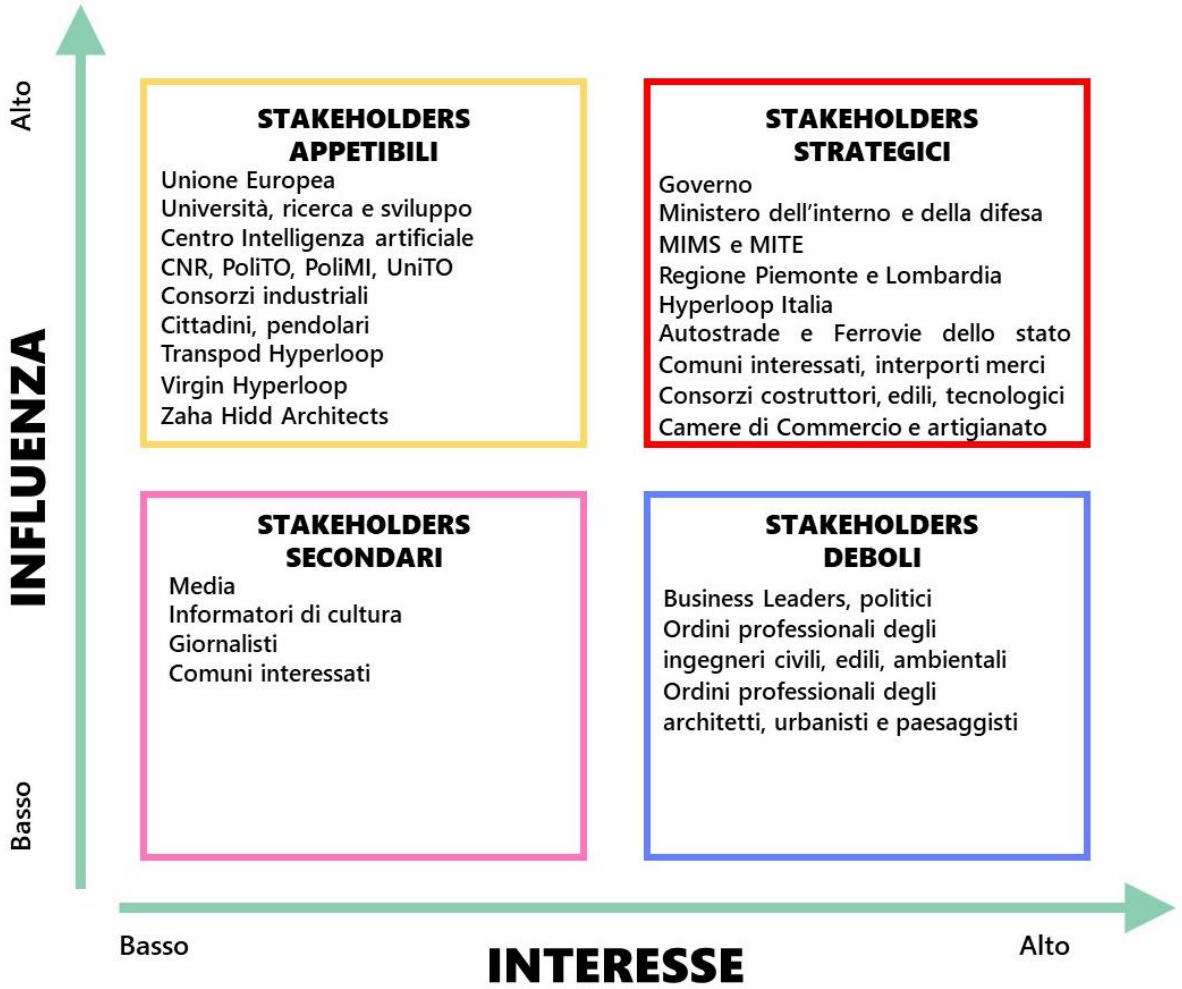


Figura 4.79. Analisi Stakeholders della tratta Torino - Milano, in base all'influenza e all'interesse. Fonte: Elaborazioni dell'autore

Analisi sociale

Introduzione

L'intento di un'analisi sociale è stato innanzitutto indagare il pensiero della società rispetto ad un'innovazione così forte come potrebbe essere Hyperloop. Tutto ha avuto inizio con una bozza preliminare di domande da porre a dei singoli esperti o meno, ma potenzialmente possibili fruitori di Hyperloop chiedendo loro una serie di domande a risposta aperta.

Ci si è presto resi conto della potenzialità di quest'infrastruttura e dei possibili risvolti in campo economico, dunque, si è optato per una modalità più interscambiabile con la società mettendo un questionario a risposta multipla sui social e iniziando a promuoverlo.

Il risultato in termini di raggiungimento di tutte le fasce della popolazione è stato ottimo, e soprattutto le fasce di più grande interesse sono stato raggiunte senza nessun problema grazie al passaparola e la ricondivisione online.

Scopi e obbiettivi

Il questionario che ho composto è stato pensato per individuare il pensiero di una linea Hyperloop Torino Milano con le seguenti caratteristiche:

- Trasporto merci e persone
- 15 minuti da Torino Porta Susa a Milano City Life
- Collegamento con aeroporti di Caselle e Malpensa
- Zero emissioni di CO2 , Zero impatto sonoro [0 dB]
- 10000 passeggeri al giorno, 1500 cargo al giorno
- tubi ricoperti da pannelli solari, 15 % in più del fabbisogno energetico della tratta
- piantumazione di 11000 alberi paralleli ad Hyperloop, riduzione emissioni di CO2 dell'autostrada

Gli obbiettivi di un questionario da somministrare a pendolari della torino Milano, del trasporto auto e merci su questa tratta era quello di, poste le basi e le caratteristiche di un progetto, individuare quali aspetti potrebbero essere un ostacolo per la collettività.

Struttura delle domande

Per dar risposta a questa domanda si è optato per una classificazione esigenziale dei quesiti e una caratterizzazione delle persone che rispondevano per fascia di età, tipologia di mezzo utilizzato per il trasporto e fascia di lavoro di appartenenza.

Come possiamo vedere nellimmagine a fianco, troviamo la struttura principale divisa in 4 macrotemi che conformano il questionario. Esso è composto dai temi sociali- psicologici- economici ed ambientali che sono di essenzale finalità per individuare le necessità dei fruitori futuri

1 - Tipologia di intervistati

- Fasce di utente fruitore
- Fasce di età
- Tipologia di lavoro

2 - Questionario Socio-Psicologico

- Interesse intervistati
- Dubbi

3 - Questionario Socio-Economico

- Prezzo disposti a pagare
- Lavori del futuro, contrari/d'accordo

4 – Questionario Socio-Ambientale

- Impatto visivo infrastrutture

Metodologia di composizione

Il questionario è stato composto seguendo gli obbiettivi di raggiungere un parere delle persone che tutt'ora utilizzano l'alta velocità, l'autostrada A4, i Bus, e non solo, anche altri possibili e futuri passeggeri che vorrebbero sfruttare un collegamento alta velocità.

Dunque, per comporre il questionario si è partiti dall'individuare la tipologia di persone alla quale indirizzarci, capendo le questioni principali che potrebbero smuovere critiche sul progetto per poterlo modificare e migliorare anche dall'apporto delle persone.

Per far si che si potesse arrivare a fare ciò, si è ritenuto opportuno seguire la modalità della domanda chiusa, metodo proposto da Bishop e Nelsch nel 1993, in cui viene avanzata la multirisposta.

Con la Dottoressa Torabi, abbiamo ritenuto importante individuare una scala di valutazione metodologica, che potesse essere utilizzata anche in futuro per possibili un grade e ulteriori analisi. Di seguito viene riportato un esempio di com'è stato fatto.

7. Per niente preoccupato
8. Non preoccupato
9. Neutrale
10. Sarei preoccupato
11. Molto preoccupato
12. Non so

Tecnica di somministrazione

Per quanto riguarda la somministrazione, vista la situazione dovuta al covid e alla pandemia, e vista l'impossibilità di poter lasciare volantini con QRCode in stazione e sui treni, abbiamo optato per diffonderlo sui social di maggior interesse, in particolare su gruppi specifici relativi a questa tratta.

Proprio da queste esigenze pandemiche e quelle citate poc'anzi, si è deciso di puntare su un questionario di auto compilazione in forma anonima.

Per l'individuazione dei corridoi di comunicazione virtuale più corretti possibile, per lo sviluppo del questionario sono stati scelti;

- Facebook, sulla ho postato in diverse pagine di pendolari della tratta Torino-Milano, gruppi di Imprenditori delle diverse province interessate.
- Linkedin, grazie all'azienda partener, Hyperloop Italia, sono riuscito ad avere molte risposte da manager e non solo di taratura internazionale
- Whats app, post ricondiviso da studenti, di differenti atenei universitari italiani e no

Disegno campionario

Dopo solo 10 giorni di rimbalzo sui social, è stata raggiunta la modica cifra di oltre 266 risposte al questionario.

Di seguito, viene analizzato il Questionario nelle sue parti e domande, per individuare la risposta degli intervistati e poter fare una serie di analisi e confronti tra i dati ottenuti ed individuare le richieste, i punti in accordo e i punti in disaccordo da me individuati.

Analisi del Questionario: I risultati

1 - Tipologia di intervistati

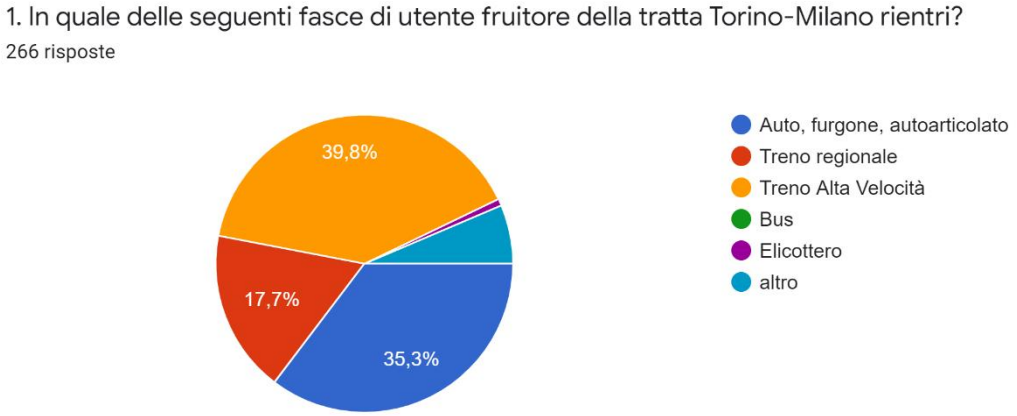


Figura 4.80 *Questionario Hyperloop, quesito n°1* Fonte: Elaborazioni dell'autore *con Google Docs*

Come possiamo notare in 266 hanno risposto alla domanda, ripartiti nelle percentuali descritte dal grafico a torta. La maggior parte delle persone che ha risposto sono pendolari del treno alta velocità, mentre l'altra grande fetta che si contende la seconda posizione fa parte degli autoveicoli.

Questo di dovrebbe far riflettere su chi è la str grande maggioranza di persone che percorre questa tratta. Individuiamo da questa analisi implicitamente che il 50 % di persone che percorre questa tratta appartiene a una fascia economica più alta che si sposta da Torino a Milano per lavorare con la finalità di uno stipendio più vantaggioso. Un'altra grande fetta riguarda i treni regionali,e in fine persone che si muovono con altre modalità.

E' interessante che 2 persone intervistate abbiano scelto l'elicottero come mezzo di spostamento in questa tratta.

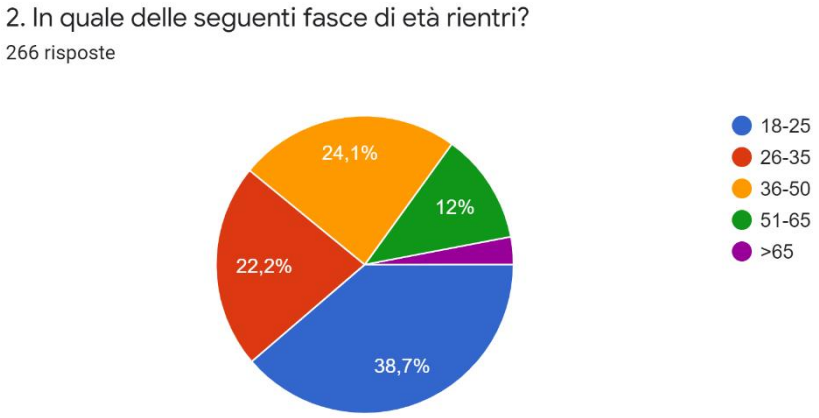


Figura 4.81 *Questionario Hyperloop, quesito n°2* Fonte: Elaborazioni dell'autore *con Google Docs*

In questa seconda domanda di individuazione dei fruitori individuiamo la fascia di età delle persone intervistate. La maggior parte per facilità di comunicazione e utilizzo dei social, sono i giovani tra i

18 e i 25, ma possiamo notare come anche le ulteriori fasce comprese tra i 25-36 e 36-50 quasi si equivalgano in termini percentuali e in fondo come si poteva prospettare data la scelta di comunicazione via social, un basso raggiungimento delle persone tra i 51 anni e i over 65.

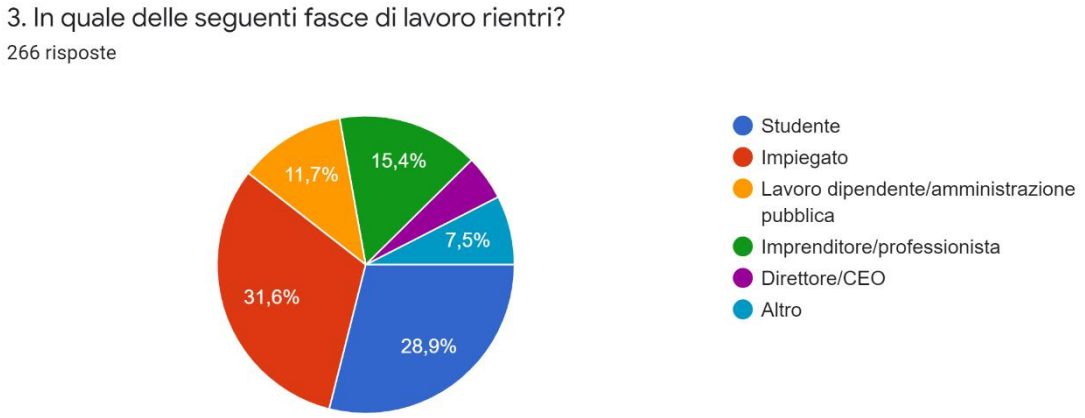


Figura 4.82 *Questionario Hyperloop, quesito n°3* Fonte: Elaborazioni dell'autore *con Google Docs*

Andando ad analizzare le fasce di lavoro degli intervistati, possiamo notare come si individuino e si dividano in percentuali disomogenee le differenti categorie, ma questo è imprevedibile poterlo sapere anticipatamente dal momento che differenti sono i fattori che ci permettono di avere interviste su tutti i fronti.

Partendo dalla stragrande maggioranza con il 31% di impiegati che è un dato molto elevato, subito seguito da un 28 % composto da studenti. Questi primi 2 risultati sono in linea con i valori che si ipotizzava di ottenere.

Un dato sbalorditivo è il 15.4 % di Imprenditori e liberi professionisti che sbalordisce la normalità dei questionari che normalmente vengono condotti. Il valore altrettanto interessante da osservare e il 5 % di Direttori/CEO che ha dedicato del tempo a questo questionario, ma sono 13 persone che hanno trovato 5 minuti per compilarlo; è un primo segnale che questo progetto sta destando interesse nella comunità.

Da non sottovalutare anche un 7.5 % di persone che svolge altre mansioni che per difficoltà nella cernita delle mansioni non sono stati considerati.

2 – Questionario Socio-Psicologico

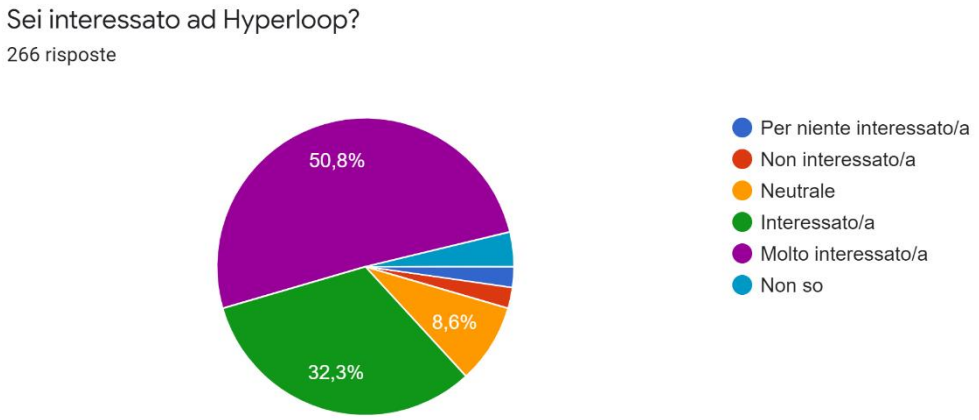


Figura 4.83 *Questionario Hyperloop, quesito n°4* Fonte: Elaborazioni dell'autore *con Google Docs*

Come possiamo vedere da questa 1° domanda inerente all'interesse per quanto riguarda questa nuova tecnologia, si riscontra un grande interesse dalla comunità intervistata, tant'è che confermano un trend che io all'inizio di questo progetto mi permise di rimanere folgorato e mi affascinò. Guardando nello specifico, l'83 % è interessato alla tecnologia Hyperloop, l'8,6% è neutrale, mentre il restante 9% è diviso in 3 fasce, gli indecisi al 5 %, i non interessati al 1.8% e il restante 2% fortemente convinti di non voler interessarsi.

Da propositore mi sento molto soddisfatto di questo risultato che potrebbe essere scontato, ma significa avere solamente il 3% di persone non interessate alla tecnologia, e vista la moltitudine di tecnologie in aggiornamento oggi giorno, fa sorridere un dato così positivo.

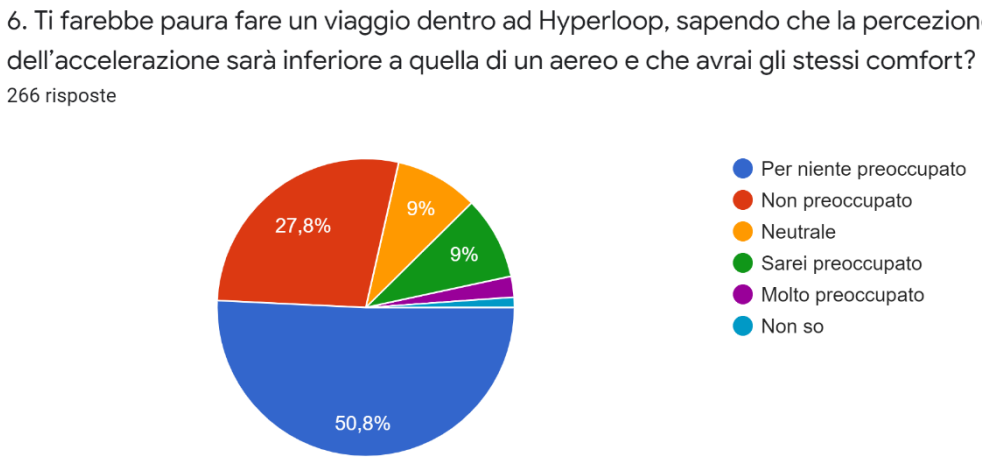


Figura 4.84 *Questionario Hyperloop, quesito n°5* Fonte: Elaborazioni dell'autore *con Google Docs*

Questa domanda sembrava potesse essere quella che avrebbe distrutto tutte le statistiche del questionario, e invece a quanto sembra, la scetticità e la paura per l'innovazione tecnologica non spaventa come sembrava. Il 50 % non dimostra nessuna preoccupazione e dunque si fida della tecnologia, il 27.5 % dimostra la sua non preoccupazione al viaggiare in una capsula.

A pari merito al 9 % troviamo persone che sarebbero preoccupate e persona che invece si sentono neutrali. Anche qui dobbiamo sentirci sollevati dai risultati ottenuti e soddisfatti di un bassissimo 3 % che dimostra la sua non convinzione a viaggiare in capsule senza finestrini ma con schermi ad alta risoluzione.

3 – Questionario Socio-Economico

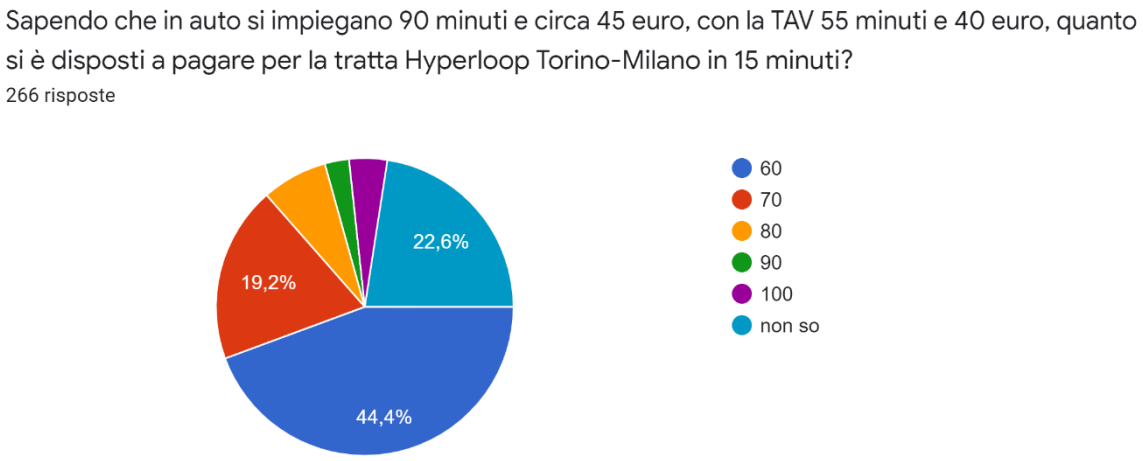


Figura 4.85. *Questionario Hyperloop, quesito n°6* Fonte: Elaborazioni dell'autore *con Google Docs*

Ci chiedevamo che prezzo sarebbe stati disposti a pagare i clienti per questo servizio che unirebbe Torino a Milano in soli 15 minuti.

Siamo giunti ad un quadro molto chiaro rispetto a dei valori economici più precisi. Il 44% come era scontato che fosse ha scelto il valore più basso, analizzando parte delle risposte la maggior parte è composta da studenti e impiegati che quotidianamente sono pendolari e vorrebbero spendere il meno possibile.

Salendo a quota 70 euro troviamo una fetta di quasi 20 punti percentuali, composta per lo più da dipendenti pubblici professionisti e una parte di impiegati. Spostandoci a quota 80 euro, troviamo

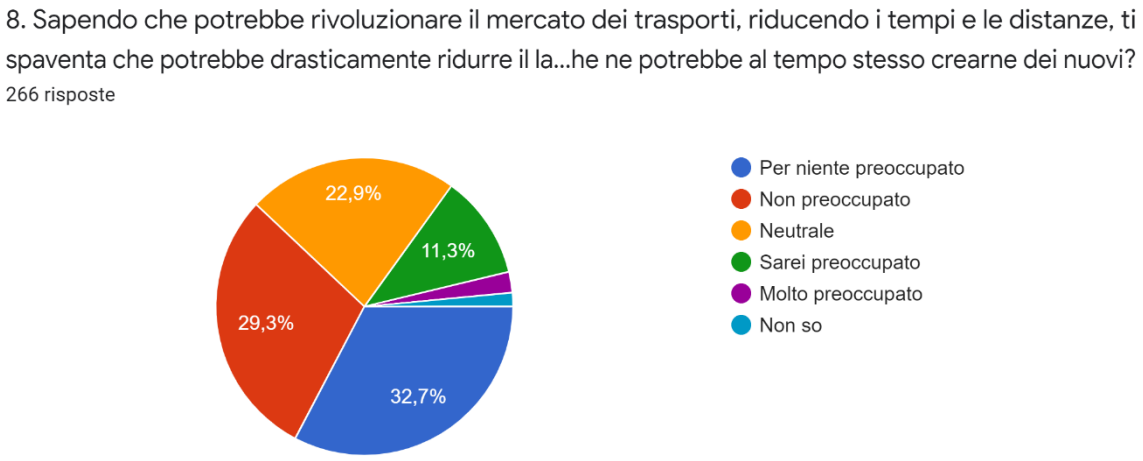


Figura 4.86 *Questionario Hyperloop, quesito n°7* Fonte: Elaborazioni dell'autore *con Google Docs*

prevalentemente professionisti e lavoratori autonomi con oltre il 7% che sarebbero molto bene disposti a pagare il doppio del costo del biglietto di un treno alta velocità.

A quota 90 troviamo un 2.6 % di persone disposte a pagare tale somma, e in questo caso si conferma una platea di nicchia riservata prevalentemente a manager/CEO e professionisti. A quota 100 troviamo Direttori/CEO e coloro che prevalentemente utilizzano la macchina o l'elicottero per spostarsi tra Torino e Milano. Questo quadro fa riflettere sulla tipologia di utenti sulla quale si intende puntare dal punto di vista del marketing dell'azienda Hyperloop.

In questo punto ci si aspettava una rottura che invece non si è presentata. Nella normalità dei questionari che ho studiato in questi mesi, mi sono accorto che quando si chiede se si ha paura dinnanzi a cambiamenti sul posto di lavoro le persone si trovano sempre incerte e spaventate.

Di buon auspicio a questa domanda penso sia il grande pacchetto di riforme del mondo del lavoro che si sono avviate in italia nell'ultimo periodo, moltissimi lavori sono stati spazzati via dalla pandemia, e dunque le persone forse sono molto più pronte.

Dobbiamo anche considerare che nel 32,4 % troviamo la stra-grande maggioranza di studenti, che se lavorano, sanno che il lavoro attuale nella maggior parte dei casi non sarà quello definitivo per la vita. Nella seconda grande fascia rossa, un 29,2% composto da lavoratori autonomi e dipendenti pubblici, Direttori/CEO e liberi professionisti, abituati, soprattutto in quest'ultimo periodo a lavorare in qualsiasi condizione, e con la forma contrattuale dello smart working sono nate nuove modalità molto apprezzate dai giovani di lavorare in team direttamente da casa o da uffici coworking che offrono servizi a basso costo.

Un 22% di personale amministrativo impiegati, e tutte professioni che sono mestieri che si riadattano sempre ma che rimangono sempre perché ultra utili. Ma passiamo alle fette di torta insoddisfatte per capire chi sono.

Ecco in questa fascia di persone troviamo prevalentemente persone in fascia d'età superiore ai 50, che non ricoprono incarichi dirigenziali, e che stanno risentendo nell'ultimo periodo degli aggiornamenti sul lavoro, smart working e tutte queste modalità differenti rispetto a quelle considerate da loro tipicamente normali. Una bassa fetta di insicuri è al 2%.

4 – Questionario Socio-Ambientale

9. Quest'infrastruttura è agli arbori, e per questo richiede sperimentazione. In fase iniziale i tubi saranno collocati su pali e si adatteranno al contesto territoriale esistente. Quanto peso daresti all'impatto visivo di quest'infrastruttura che poggia su pali rialzati a 5 metri da terra con un'altezza massima di 10 metri con sopra pannelli solari per la produzione energetica, al quale corre parallela un corridoio di 8000 betulle alte 20 m circa a distanza di 15 metri?

266 risposte

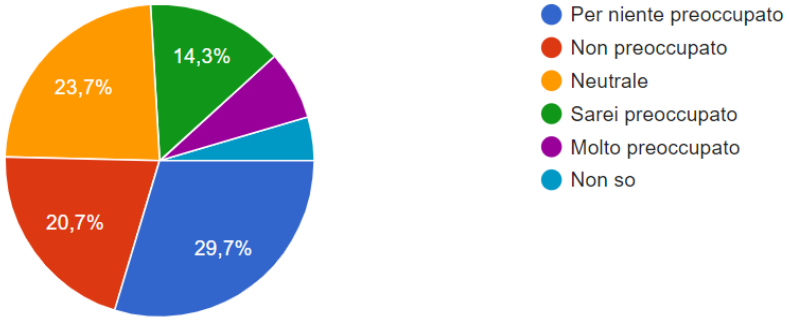


Figura 4.87 *Questionario Hyperloop, quesito n°8* Fonte: Elaborazioni dell'autore *con Google Docs*

E' stato difficile comporre questa domanda, perché vuol essere un modello esportabile tratto dal progetto di studio per Torino Milano. In questo frangente essendo una questione ambientale, e prevalentemente legato all'aspetto percettivo e all'impatto visivo dell'infrastruttura.

Ci si immaginava un 90 % di persone contrarie e preoccupatissime per questo aspetto e invece trapela da questo grafico come le persone abbiamo ben chiaro che l'impatto visivo ci sarebbe a fronte però di un infrastruttura in grado di sostenersi in maniera pienamente autonoma e senza dover far affidamento a nuove linee a centrali di produzione di corrente per farla funzionare per il semplice fatto che essa stessa è un infrastruttura che produce corrente elettrica sufficiente per il suo funzionamento.

Partendo come sempre da coloro che ritengono essere un'opera positiva, troviamo un 30 % che esprime serenità sull'impatto che avrebbe un'infrastruttura di questo tipo. Un ulteriore 20,7% che sostiene di non essere preoccupato, e che dunque in termini assoluti disponiamo gia del 50% degli intervistati altamente a favore.

Un 20,7% di persone che si sentono neutrali e se li aggiungiamo al 50% di persone fino ad ora intervistate ricaviamo un 70% di persone che appoggerebbe il corridoio. Sostandoci nel restante 30 % di contro sostenitori, troviamo un 14 % che sarebbe preoccupato, una fetta del 7% molto preoccupata e un altro 5% di insicuri e incerti.

Una prima analisi dei dati ottenuti dal questionario ci forniscono molti punti a favore per questo progetto. Dunque, se guardiamo il diagramma di metodologia di sviluppo utilizzato, intuiamo che di fronte a dati positivi non ci sono ulteriori accorgimenti da attuare al progetto, ma si può proseguire e analizzare in maniera razionale gli altri aspetti, sfruttando i risultati importanti emersi dal questionario.

STEP 2.4

Analisi tecnico procedurale

Analisi tecnico procedurale

In questa parte si va a valutare tutte le caratteristiche del sito oggetto di intervento facendo delle considerazioni generali e specifiche a livello tecnico per quanto riguarda la progettazione dell'infrastruttura e dal punto di vista procedurale per quanto riguarda le linee guida da seguire per la sua realizzazione nel contesto italiano.

Ritengo fondamentale dunque partire da una rappresentazione complessiva delle innumerevoli caratteristiche tecniche da non sottovalutare per la costruzione di un'infrastruttura così altamente sofisticata e complessa.

Requisiti e prestazioni tecniche del sistema Hyperloop

Prima di addentrarci in aspetti quantitativi e qualitativi di paragone con le altre metodologie di trasporto dei passeggeri, occorre individuare i requisiti per far si che l'infrastruttura Hyperloop trovi la sua applicazione. Dunque, di seguito troviamo i principali elementi chiave e le relative caratteristiche, di cui si è tenuto conto nella progettazione.

1.1 Elementi tecnici fondamentali per la progettazione di Hyperloop

Elementi tecnici chiave	Analisi caratteristiche input
Allineamento verticale	Terreno pianeggiante - le elevazioni variano da 300 m a 124 m lungo 1.200 km. la pendenza media è dello 0,3%, essendo la massima del 3,0%. Hyperloop ammette una pendenza massima del 7,0%.
Allineamento orizzontale	Il raggio minimo della curva orizzontale è di 10 km per una velocità massima di 700 km/h. Questo è molto più grande di quelli delle autostrade o delle rotaie ad alta velocità. L'impatto sull'acquisizione di terreni dovrà essere ulteriormente valutato.
Geografia	Terreni prevalentemente in piano e ridotte quantità di avvallamenti, colline o dislivelli eccessivi. L'inserimento nei 2 centri urbani molto probabilmente avverrà con galleria sotterranea, il che produrrà notevole aumento dei costi per via delle gallerie da scavare e del collegamento con altre infrastrutture già esistenti.
Aspetti geotecnica	Il tubo sarebbe sospeso da terra per minimizzare gli scavi. A studio dettagliato delle proprietà geotecniche del suolo è fondamentale per definire il tipo di fondazioni necessarie per sostenere il tubo.
Ambiente	Nessuna area naturale protetta (riserva naturale o parco nazionale) lungo il corridoio.
Rischi naturali	In passato, terremoti da leggeri a moderati hanno colpito il sud e il centro del paese. Inoltre, intorno alle regioni interessate, sono stati registrati smottamenti negli ultimi anni, a causa all'aumento dello scioglimento dei ghiacciai nelle montagne delle Alpi. Una struttura rinforzata dovrà essere considerata per far fronte a entrambi i rischi.
Materiali da costruzioni	I materiali da costruzione essenziali come il cemento e l'acciaio e sono ampiamente disponibili nella comunità europea e in italia.
Disponibilità di energia	

	C'è una buona offerta di connettività elettrica, soprattutto nelle aree urbane attraversate dal corridoio (Torino-Milano). Queste connessioni sarebbero utilizzate solo come energia supplementare, poiché parte dell'energia potrebbe essere fornita da pannelli solari su tutta la tratta.
Analisi termico/solare	Al nord, la pianura padano-veneta ha un clima moderatamente continentale. L'umidità dell'aria è elevata tutto l'anno, e la ventilazione debole, soprattutto nella parte centro-occidentale: chiusa com'è da tre lati, la pianura padana è una delle zone meno ventose del mondo. Le piogge sono moderate (con un totale annuo di precipitazioni compreso tra i 650 e i 1.000 millimetri), in genere con due massimi primaverile e autunnale e due minimi relativi in inverno e in estate. La temperatura media di gennaio, il mese più freddo, sfiora lo zero nei punti più freddi (basso Piemonte, Alessandria, Asti), è intorno a 1/2 gradi sopra lo zero in gran parte della pianura padana, per arrivare a 2/3 gradi nella parte orientale. Durante l'inverno qualche volta in pianura padana può cadere la neve, soprattutto nella parte occidentale (Piemonte, Lombardia) e ai piedi dell'Appennino, dove cadono dai 20 ai 40 centimetri di neve all'anno. L'estate in pianura padana è calda e afosa, con medie intorno ai 23/24 gradi, ma con un riscaldamento progressivo nei periodi di bel tempo stabile, che porta le massime intorno ai 35/36 gradi. I temporali sono abbastanza frequenti da maggio ad agosto nelle zone pedemontane di Piemonte e Lombardia, un po' meno nel resto della pianura. Il nord Italia è protetto dai venti freddi del nord Europa dalle Alpi: i venti da nord riescono a spazzare la cappa di nebbia e foschia quando sono intensi, ma scendendo dalle montagne si riscaldano per compressione, dando luogo al föhn, un vento relativamente caldo e secco che può soffiare anche nelle vallate alpine. Pertanto, come accennato le ondate di freddo nel nord Italia provengono dall'Europa orientale.
Tecnologia	Propulsione aerodinamica con levitazione attrattiva. Motori elettrici con recupero dell'energia, batterie ad alto rendimento nelle capsule, gestione delle capsule e delle stazioni con intelligenza artificiale
Dimensioni Capsula	4m di larghezza e 30m di lunghezza.
Capacità Capsula	Ogni capsula trasporta un massimo di 200 persone o 20 tonnellate di carico.
Frequenza di passaggio Caspula	2:30 min sono considerati un tempo minimo per le riprese consecutive delle aperture e chiusure delle sale cinesche, pressurizzazione e depressurizzazione.

Configurazioni Hyperloop

Di seguito vengono proposte le configurazioni disponibili dell'infrastruttura Hyperloop.
Ecco le 3 principali:

- Hyperloop passeggeri
- Hyperloop merci
- Urban Hyperloop

Le prime due si somigliano in tutte le caratteristiche, differenziandosi esclusivamente per il diametro del tubo, e per il differente tipologia di trasporto, una passeggeri l'altra merci.

La terza configurazione, per un uso Urbano, si differenzia per la velocità non elevata e la mancanza del sistema di depressurizzazione del tubo e la mancanza di levitazione dal momento che la velocità è ritenuta bassa per il funzionamento del sistema.

Configurazione del sistema Hyperloop			
	Hyperloop passeggeri	Hyperloop merci	Urban Hyperloop
Tubi	*V*	*V*	*V*
Levitazione magnetica passiva	*V*	*V*	Non necessaria
System track positioning	*V*	*V*	*V*
Trazione interna	*V*	*V*	*V*
Sistema di depressurizzazione	*V*	*V*	*V*
Energia da fonti rinnovabili	*V*	*V*	Opzionale
Velocità	1200 Km/h	1200 Km/h	200 Km/h
Diametro tubo	4 [m]	variabile [m]	4 [m]

Design e funzionalità

Dalle tabelle emergono dunque le esigenze di progettazione tecnica, di cui bisogna tener conto per far si che non vengano tralasciati aspetti che possono poi creare problemi in fase di progettazione definitiva ed in esecuzione dei lavori, che sarebbero tradotti poi in aumento dei costi.

La realizzazione del corridoio comporterà tre fasi sequenziali, che si stima possano durare almeno 10 anni in totale:

1) Definizione del gruppo di lavoro e disegno del progetto (5 anni): studio completo e discussione con l'amministrazione italiana sulla proposta del corridoio, tecnologia, caratteristiche del progetto e design.
2) Binario di prova (2 anni): costruzione di un binario pilota di prova a Milano Rho fiera, con una lunghezza minima di 2 km (la lunghezza ottimale sarebbe tra 5 e 10 km).
3) Sviluppo del corridoio (5 anni): mobilitazione del sito, lavori civili, certificazioni e inizio delle operazioni.

Capacità tecnica

Addentrandoci sulla questione relativa alle prestazioni operative del sistema HL, l'autore si permette si seguire le linee tracciate da "I.Hansen, ricercatore dell'università di tecnologia Delft, un lavoro che mira ad analizzare le metodologie di calcolo per paragonare le diverse tecnologie di trasporto dell'Ita velocità con Hyperloop."

Cercando di definire le prestazioni operative di Hyperloop si può dire che essi comprendono prevalentemente la capacità del sistema e la qualità dei servizi. La prima è principalmente rilevante per gli operatori, e la seconda per gli utenti/clienti.

Analogamente alle sue controparti, HSR e APT, il sistema HL è caratterizzato dal suo traffico e trasporto della "capacità ultima". La capacità 'ultima' è la capacità nel caso in cui il caso che tutto funzioni perfettamente. In pratica, se questa condizione non è soddisfatta, la capacità "pratica" sarà un po' più bassa della capacità "ultima".

Capacità di traffico

La capacità 'ultima' di traffico è definita dal numero massimo di veicoli che possono passare attraverso la "luogo di riferimento" per il loro conteggio in una direzione durante un dato periodo di tempo in condizioni di domanda

domanda di servizio. Nel caso del sistema HL, questa è in realtà la capacità dell'infrastruttura, cioè le stazioni, segmenti tra le stazioni, e la linea/tubo nel suo insieme.

Stazioni

La capacità 'ultima' della stazione (i) di una data linea/tubo HL può essere 'statica' e 'dinamica'. La capacità 'statica può essere definita dal numero di binari/posti della stazione. La capacità statica che è necessaria per gestire i veicoli dei sistemi di trasporto guidato durante il dato periodo (T) in condizioni di domanda costante di servizio può essere generalmente stimata come segue:

Figura 4.88 Render stazione di Amsterdam multimodale, che prevede l'unione di differenti modalità di trasporto, tutte con l'obbiettivo di ridurre le emissioni di CO2 e i tempi di attesa,

$$n_{s/i} = \mu i\text{-}1(T) \cdot \tau_{s/i} \qquad (1)$$

dove:
μi-1(T) è la capacità sul segmento (i-1) della linea/tubo in termini di frequenza massima del servizio di trasporto durante il periodo di tempo (T) (veicoli/min o h);
τs/i è il tempo medio di occupazione di un binario/posto in una stazione (i) da parte del veicolo Hyperloop (min, h/traccia).

Nel caso del sistema HL la relazione tra tempo di occupazione e capacità è più complessa. I veicoli passano attraverso le tre camere (citate nel capitolo 2), una camera di arrivo, una camera per lo sbarco e l'imbarco dei passeggeri, e una camera di partenza. Le camere di arrivo e di partenza funzionano come serrature. La capacità statica non è legata alla somma di questi tempi di occupazione tempi di occupazione di un veicolo delle tre camere (τs/i), perché a) i tempi di occupazione possono sovrapporsi (per esempio il veicolo 1 può entrare nella camera di arrivo mentre il veicolo 2 sta ancora occupando la piattaforma nella camera 2) -questo allarga la capacità, e b) le camere di arrivo e di partenza sono per un certo tempo occupate mentre sono vuote (adattando la pressione dell'aria per il prossimo veicolo) -questo abbassa la capacità. La capacità statica di HL può essere stimata come:

$$n_{s/i} = \mu i\text{-}1(T) \cdot \max(\tau_{ca/i}; \tau_{p/i}; \tau_{cd/i}) \qquad (2)$$

dove:
τca/i è il tempo medio di occupazione della camera in arrivo nella stazione (i) per un veicolo (min); τp/i è il tempo medio di occupazione della piattaforma di una stazione (i) per un veicolo (min); τcd/i è il tempo medio di occupazione della camera di partenza della stazione (i) per un veicolo (min).

Supponendo che i tempi di occupazione delle due camere che funzionano come una serratura sono uguali (τca/i = τcd/i), l'equazione può essere riscritta come:

$$n_{s/i} = \mu i\text{-}1(T) \cdot \max(\tau_{c/i}; \tau_{p/i}) \qquad (3)$$

dove:
τc/i è il tempo medio di occupazione di una camera di blocco della stazione i per un veicolo (min). Il significato delle eq. (1) e (3) è che il numero di binari sarà sufficienti per gestire i veicoli quando essi corrono a una frequenza che è uguale alla capacità del segmento. Questo implica che la capacità della stazione non sarà critica per la capacità del traffico.

Figura 4.89 Render delle differenti camere di depressurizzazione, con apertura e chiusura nei diversi settori.

Tuttavia, ci possono essere limitazioni spaziali o finanziari per il numero di binari. Si dovrebbe notare che un binario include tre camere e ogni binario significa costruire tre camere aggiuntive. In questo caso la capacità della stazione può essere critica. La capacità "dinamica" della stazione (i) può essere definita dal numero massimo di veicoli HL che possono essere gestiti in un dato numero di binari/spazi della stazione (i) durante un dato periodo (T) in condizioni di domanda di servizio costante. Sulla base dell'Eq. (3), questo può essere
stimato come segue:

$$\mu i\text{-}1(T) = n_{s/i} / \max(\tau_{c/i}\,;\,\tau_{p/i}) \qquad (4)$$

dove tutti i simboli sono analoghi a quelli dell'Eq. (3).
Il tempo di occupazione di una camera di blocco (τc/i) in Eq. (4) può essere stimato come segue:

$$\tau c/i = 2 * \frac{(Vi - kc * Vc) * \ln\left(\frac{P1i}{P2i}\right)}{ni * Ci} + \tau O/i \qquad (5)$$

dove
Vi è il volume spaziale della prima ("in arrivo") e della terza camera ('in partenza') alla stazione (i) della linea/tubo (i = 1,2,..., N) (ft^3 o m^3); kc è una variabile binaria che assume il valore "1" se un veicolo è nella camera e il valore "0" se la camera è vuota; durante il ciclo di aspirazione e depressione, entrambi i valori si applicano una sola volta; Vc è il volume spaziale di un veicolo (ft^3 o m^3); P_{1i}, P_{2i} è la pressione iniziale e finale durante il devacuuming e l'aspirazione della prima ('in arrivo') e della terza camera ("in partenza") della stazione (i), rispettivamente (mmHg o Pa (Pascal)); n_i è il numero di pompe a vuoto in una camera di blocco della stazione (i); C_i è la capacità di una pompa a vuoto alla prima e alla terza camera della stazione (i) (ft^3/min o m^3/min); eτ_{0i} è il tempo medio di apertura e chiusura dei cancelli della chiusa e lo sbarco e l'imbarco del veicolo HL nella camera della stazione (i) (min). Nell'ipotesi che la prima e la terza camera in ogni stazione siano dello stesso volume, questo volume di esse alla stazione (i) in Eq. 3 può essere stimato come segue:

$$Vi = Ai \cdot (m \cdot d + B) = \pi \cdot (\Delta/2)^2 \cdot (m \cdot d + B) \qquad (6)$$

Dove:
Ai è l'area del profilo verticale della prima ('in arrivo') e della terza camera ("in partenza") (m2); m è il numero massimo di capsule che costituiscono il veicolo HL per singola partenza; d è la lunghezza della capsula HL (m);
B è la distanza 'cuscinetto' tra le estremità del veicolo HL e la porta di ingresso e di uscita, rispettivamente, della prima e seconda camera (m); Δ è il diametro della camera (m).
Il volume del veicolo può essere stimato come:

$$Vc = Ac \cdot m \cdot d \qquad (7)$$

dove:
Ac è l'area frontale della capsula (m^2).

Il tempo di occupazione della piattaforma può essere descritto come;

$$\tau_{p/i} = \tau_{ab/i} + \tau_{e/i} \qquad (8)$$

dove:
$\tau_{ab/i}$ è il tempo medio di permanenza di un veicolo sulla piattaforma per salire e scendere;
$\tau_{e/i}$ è il tempo minimo tra l'uscita di un veicolo e l'ingresso del successivo al binario.

Segmento del tunnel

La capacità "ultima" del segmento (i-1) davanti alla stazione (i) di una data linea/tubo HL durante il periodo (T) in Eq. (1) può essere stimata come segue:

$$\mu i\text{-}1(T) = 1/\ \tau_{min/i-1} \qquad (9)$$
$$= a^{-}_{max/i-1} / V_{max/i-1} \quad f \text{ con } i \in N$$

dove:
τmin/i-1 è l'intervallo di tempo minimo tra l'invio di successivi treni Hyperloop lungo il (i)-esimo segmento della linea/tubo nella singola direzione (min o h); vmax/i-1 è la massima velocità operativa di un veicolo Hyperloop sul (i)-esimo segmento della linea/tubo (km/h); e a-max=i-1 è il massimo tasso di decelerazione sicura del veicolo Hyperloop sul (i)-esimo segmento della linea/tubo (m/s2).
L'eq. (9) assume che per ragioni di sicurezza in ogni coppia di veicoli HL successivi che si muovono nella stessa direzione il veicolo di testa deve essere separato da almeno la distanza minima di frenata del veicolo successivo.

Linea/tubo

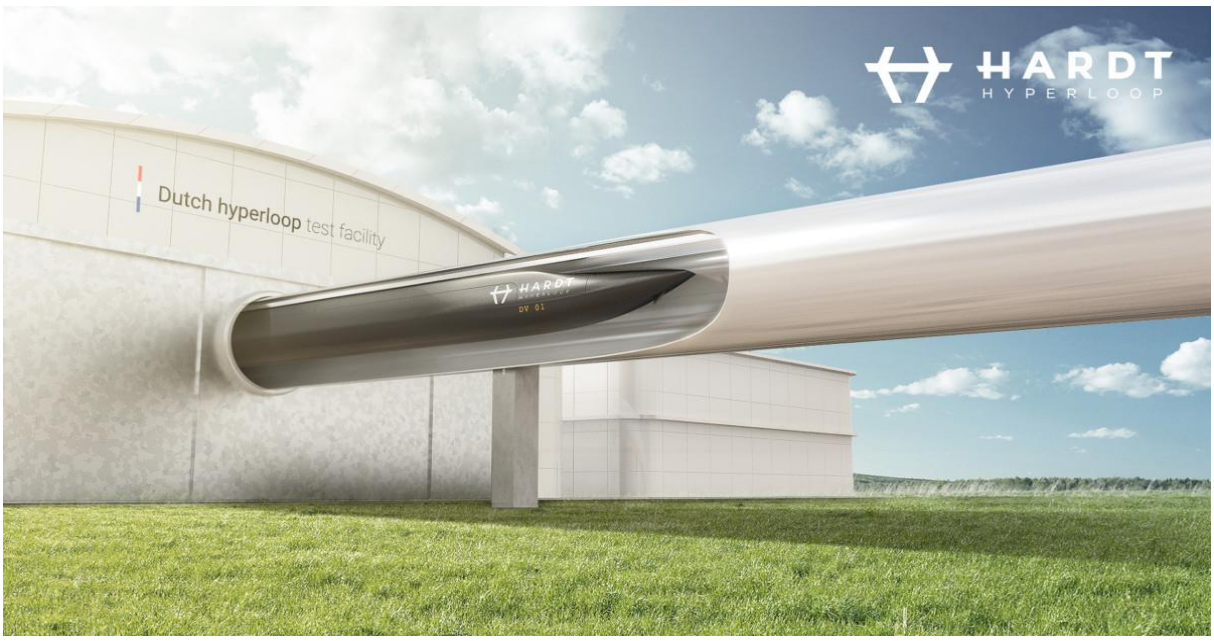


Figura 4.90 Fonte Hardt, Render di Hardt Hyperloop, mostra l'unione tra la stazione e il tubo in uscita

La capacità della linea/tubo è la capacità di traffico del sistema HL ed è definita come la più bassa delle capacità di stazione e capacità dei segmenti. Dalle Eq. 4 e 9, la capacità "ultima di una data linea/tubo HL nella singola direzione può essere stimata come segue:

$$\mu(T) = \min[\ \mu_{s/i}(T);\ \mu_{i-1}(T)\ ] \text{ per } i \in N \qquad (10)$$

dove:
tutti i simboli sono analoghi a quelli delle precedenti Eq.
L'Eq. 10 indica che la capacità 'ultima' di una data linea/tubo HL linea/tubo è determinata dalla capacità "ultima" minima dei suoi segmenti ("critici") e/o delle stazioni. Il sito capacità "ultima" è superiore alla capacità "pratica".

Quest'ultima può essere descritta come:

$$\mu(T)^* = \mu(T)\ .\ U_i \qquad (11)$$

dove:
$\mu(T)^*$ è la capacità di traffico pratica;
Ui è il tasso di utilizzo della capacità di traffico finale.

Capacità di trasporto

La capacità "ultima" di trasporto di una data linea/tubo HL può essere espressa dal numero massimo di posti offerti posti nella singola direzione durante il periodo di tempo specificato tempo (T).

Figura 4.91 Fonte Hyperloop TT, Render della capienza interna alle capsule Hyperloop Transportation Technologies

Sulla base dell'Eq. 10, può essere stimata come segue:

$$C(T) = \mu(T) \cdot m \cdot S \qquad (12)$$

dove:
S è il numero di posti per capsula (posti/capsula). Gli altri simboli sono analoghi a quelli delle Eq. 6 e 10. La capacità pratica di trasporto può essere descritta come:

$$C(T)^* = \mu(T)^* \cdot m \cdot S \cdot \theta \qquad (13)$$

dove:
C(T)* è la capacità pratica di trasporto;
θ è il fattore di carico medio dei veicoli (il "tasso di utilizzo" della capacità finale del veicolo). Per le applicazioni pratiche, l'effettiva frequenza del servizio di trasporto invece della capacità di trasporto "finale" di una linea/tubo
HL nell'Eq. 10 deve essere considerata. Questa frequenza dipende generalmente dai volumi di domanda, la capacità media di posti a sedere del veicolo HL per partenza, e il fattore di carico medio preferito fattore di carico medio preferito, come segue:

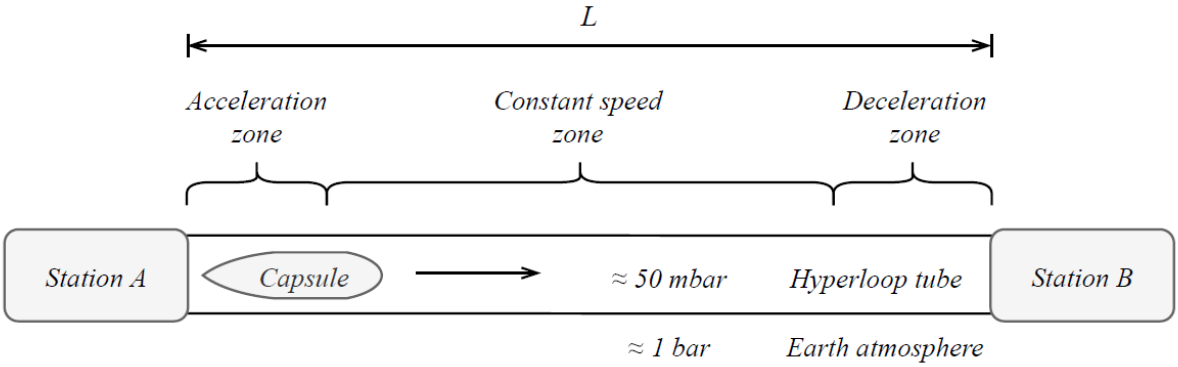
$$f(T, Q) = \min\left[\mu(T)^*; Q(T)/m \cdot S \cdot \theta\right] \quad (14)$$

dove:
Q(T) è la domanda di utenti/passeggeri durante il periodo (T) in una sola direzione (pass/h o pass/giorno); Gli altri simboli sono analoghi a quelli dell'Eq. 13. Il significato dell'Eq. 14 è che se la frequenza è impostata uguale alla capacità pratica di traffico (μ(T)*), la capacità di trasporto può essere superflua rispetto alla domanda. Questo potrebbe essere un motivo per fornire servizi con una frequenza. In questo caso, la frequenza (programmata) del servizio
può in alcuni casi dipendere da una politica riguardante la "decenza frequenza" del servizio di trasporto.

Produttività tecnica

Specifiche tecniche per l'accelerazione

Velocità massima	Accelerazione massima	Tempo di accelerazione	Lunghezza di accelerazione	Forza massima	Massa
700 km/h (194 m/s)	2 m/s2	97 s	10 km	100 kN	40 t



Moltiplicato per la velocità media di funzionamento dei veicoli lungo la linea/tubo la capacità di trasporto dà una stima della produttività tecnica di un sistema HL in condizioni date. Dalle Eq. 10 e 14, questa massima produttività tecnica massima è uguale a:

$$TP(T) = \min[\mu(T); f(T, Q)] \cdot v \quad (15)$$

dove:
v è la velocità media del veicolo/i HL lungo la linea/tubo nella singola direzione (km/h). Gli altri simboli sono analoghi a quelli delle precedenti Eq. Si può dedurre dalle Eq. 11 e 14 che f(T,Q) non può mai superare μ(T). L'Eq. 15 può quindi essere riscritto come:

$$TP(T) = f(T, Q) \cdot v \qquad (16)$$

La velocità media (v) del veicolo/i HL in Eq. 16 può essere stimata come segue:

$$v = 2 \cdot L / \tau \qquad (17)$$

dove:
L è la lunghezza di una data linea/tubo HL (km); e τ è il tempo medio di rotazione dei veicoli/capsule (min). Gli altri simboli sono analoghi a quelli delle precedenti. Anche la produttività tecnica in Eq. 16 può essere stimata analogamente.

Dimensione della capsula

Figura 4.92 Fonte Hyperloop TT Prospetto laterale Capsula 01 Quintero di Hyperloop Transportation Technologies

30

Sulla base dell'Eq. 3, il tempo totale che i veicoli HL passerebbero in tutte le stazioni lungo la linea mentre si muovono nella stessa direzione, è stimato come:

$$\tau_S = \tau_{S/1} + \sum_{i=2}^{N-1} \tau_{S/i} + \tau_{S/N} \qquad (18)$$

dove:
N è il numero di stazioni lungo la linea/tubo che include la stazione iniziale e finale (terminali); e $\tau_{S/1}$, $\tau_{S/N}$ è il tempo medio che il veicolo HL trascorre alla stazione iniziale e finale (capolinea), rispettivamente (min/veh); $\tau_{S/i}$ è il tempo di passaggio di un veicolo attraverso la stazione (vedi anche Eq. 1), Questo tempo è uguale a:

$$\tau_{S/i} = 2 \cdot \tau_{C/i} + \tau_{P/i} \qquad (19)$$

Gli altri simboli sono analoghi a quelli dell'Eq. 3.

Il tempo di percorrenza del veicolo (o dei veicoli) HL lungo la linea/tubo nella singola direzione è stimato come segue:

$$tL = \sum_{i=1}^{N-1} * \left(\frac{1}{2} \frac{vmax/i}{ai+} + \frac{Li}{\frac{vmax}{i}} + \frac{1}{2} \frac{vmax/i}{ai-} \right)$$

dove

vmax/i è la massima velocità operativa del veicolo lungo il (i)- segmento della linea (km/h); e a_i-, a_i+ sono la decelerazione e l'accelerazione massima di sicurezza, rispettivamente, del veicolo HL sul (i)- segmento della linea (m/s) segmento della linea (m/s2). Il tempo totale di inversione del veicolo HL lungo la linea può essere stimato sulla base delle Eq. (18) e (20) come segue:

$$\tau = 2 \cdot (\tau_{S/i} + \tau_L) \qquad (21)$$

Data la capacità 'ultima' di trasporto di una data linea/tubo (μ(T)) nell'Eq. 10 o la frequenza del servizio di trasporto nell'Eq. 14, e il tempo medio di rotazione per veicolo (τ) nell'Eq. 21, la dimensione richiesta della flotta HL (Numero totale numero di capsule) può essere stimata come segue:

$$M(T) = \min[\mu(T); f(T, Q)] \cdot \tau \cdot m \qquad (22)$$

dove tutti i simboli sono analoghi a quelli delle precedenti Eq.

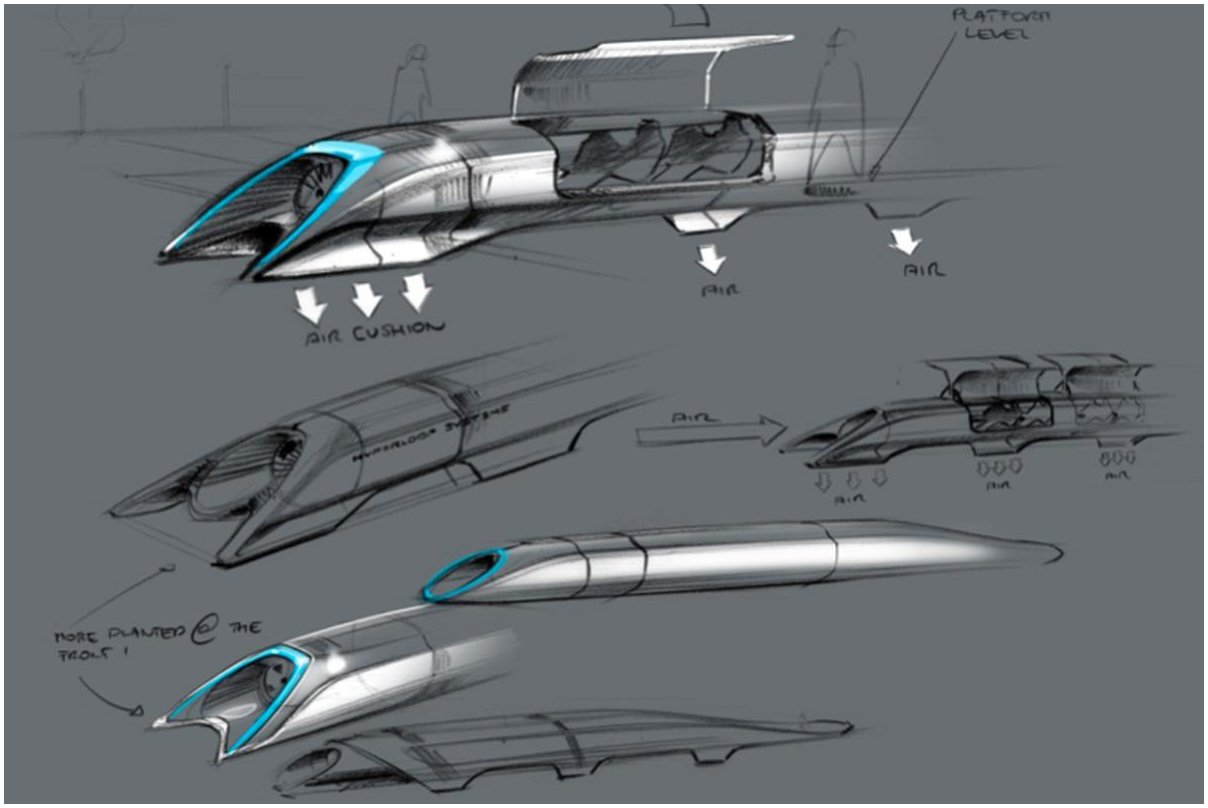


Figura 4.93 Fonte Alpha X, Concorso indetto da Elon Musk per la progettazione di capsule innovative a basso consumo energetico e di design innovativo, del 2014

2. Qualità dei servizi

La qualità dei servizi influenza (oltre alle tariffe) l'attrattiva dei servizi del sistema HL e come tale indica il suo vantaggio/svantaggio relativo rispetto alle modalità concorrenti come HSR e APT. Il vantaggio relativo può essere visto come il grado in cui un'innovazione è percepita migliore del prodotto che sostituisce o con cui compete con [18]. Il vantaggio relativo è considerato essere uno dei più forti predittori del risultato della decisione di adottare o meno l'innovazione. In generale, un nuovo sistema di trasporto non ha bisogno di essere meglio su tutti gli aspetti, ma nel complesso - tenendo conto di tutte le caratteristiche rilevanti del servizio - dovrebbe offrire un certo valore aggiunto, cioè dei benefici per i suoi utenti/passeggeri. In questo contesto, gli attributi del servizio di qualità del sistema HL come a) tempo di viaggio da porta a porta; b) frequenza del servizio; e c) affidabilità dei servizi sono considerati rilevanti per l'eventuale scelta del modo/sistema.

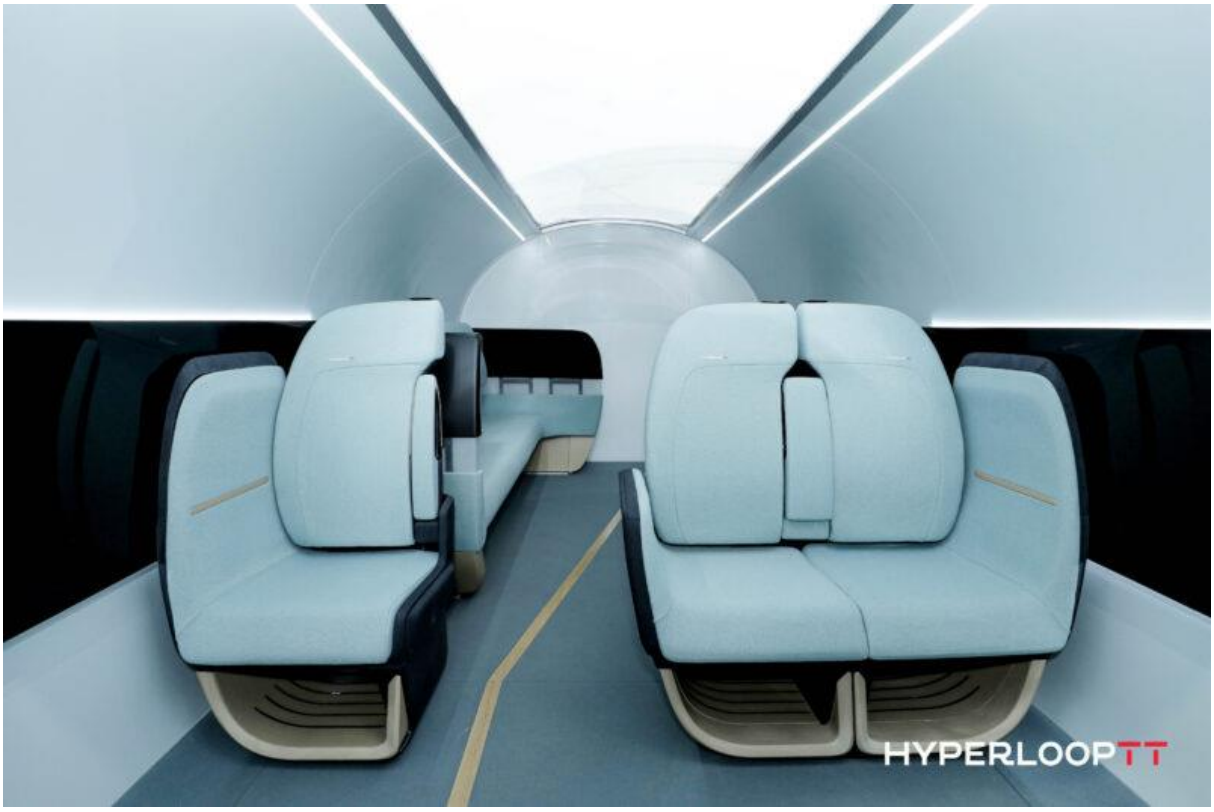


Figura 4.94 Fonte Hyperloop TT, Render interni realizzato da ICONA DESIGN per Hyperloop TT

Tempo di viaggio door-to-door

Il tempo di viaggio da porta a porta consiste nel tempo di accesso e di uscita, il ritardo del programma (compreso l'eventuale tempo per il controllo dei bagagli) alle stazioni di imbarco e stazioni, il tempo a bordo del veicolo e il tempo di interscambio tra i diversi veicoli HL e i loro particolari servizi nelle stazioni intermedie e finali.

Il tempo di accesso e di uscita

Il tempo di accesso e di uscita dipende dall'interconnettività tra il sistema HL e i sistemi di pre e post trasporto sistemi, dalla densità delle stazioni HL e dalla velocità dei sistemi di pre e post-trasporto (dalle porte degli utenti alla stazione HL e viceversa). Il tempo di accesso e di uscita generalmente varia in particolari stazioni HL a seconda delle condizioni spaziali e di traffico locali.

Il tempo di attesa

Il tempo di attesa dipende dalla frequenza dei servizi di HL accessibili. Se non ci sono limitazioni all'accessibilità, il tempo di attesa è determinato dal ritardo dell'orario. Sulla base dell'Eq. 14, il ritardo del programma può essere stimato come segue:

$$SD(T) = \frac{1}{2}.\left(\frac{T}{\mathrm{f\,(T,Q)}}\right) \qquad (23)$$

dove tutti i simboli sono come nelle precedenti Eq.
Nel caso di piena accessibilità e di servizi frequenti e puntuali, il tempo di attesa sarà uguale al ritardo dell'orario. Se la frequenza è inferiore a 6/h, il tempo medio di attesa alla stazione tenderà ad essere più piccolo del ritardo dell'orario [19], ma allora ci sarà un certo tempo di attesa "nascosto" nel luogo di partenza. Se la prenotazione del posto a sedere è obbligatoria, il che è comune per le lunga distanza, i passeggeri possono usare solo il servizio per il quale hanno prenotato un posto; in questo caso, la frequenza dei servizi accessibili è solo 1. In particolare nel caso di basse frequenze, gli orari dei sistemi di collegamento di linea sistemi di collegamento e l'avversione al rischio dei viaggiatori di perdere il servizio previsto possono influenzare il tempo di attesa. Una bassa puntualità aumenta il tempo di attesa. La puntualità del sistema HL è correlata all'omogeneità dei servizi successivi (per quanto riguarda la destinazione/il percorso, le fermate intermedie) e i tempi di buffer programmati. Nel caso di una rete in cui alcuni passeggeri effettuano anche interscambi, la politica su se/quanto tempo aspettare i servizi di collegamento in ritardo servizi in ritardo possono influenzare ulteriormente la puntualità e il tempo di attesa.

Tempo di percorrenza e tempo di interscambio

Il tempo di percorrenza del sistema HL dipende dalla distanza di viaggio distanza di viaggio, dalla velocità media e dal tempo di sosta alle particolari stazioni. Se il sistema HL è impostato come una rete in cui alcuni viaggiatori fanno anche interscambi al suo interno, il tempo di interscambio dipenderà dalla frequenza dei servizi, dalla corrispondenza degli orari, dalla puntualità e dalla politica di attesa di servizi di collegamento in ritardo. Il tempo a bordo del veicolo e il tempo di interscambio sono correlati con la distanza porta a porta. I tempi di accesso/ingresso e tempi di attesa sono tempi "fissi" a questo riguardo. I valori relativi valori degli ultimi due componenti del tempo diminuiranno quando le distanze di viaggio aumentano.

Interscambi

La necessità di fare interscambi generalmente diminuisce la qualità complessiva del servizio perché questi possono estendere tempi di viaggio e rendere i viaggi meno convenienti. Nei mercati dei viaggi a lunga distanza, che il sistema HL dovrebbe penetrare, gli utenti/passeggeri di solito hanno bagagli con loro. Generalmente dovranno fare almeno due almeno due interscambi (tra la modalità di accesso e l'HL, e tra l'HL e la modalità di uscita). In alcuni casi devono fare interscambi all'interno del sistema. L'opportunità di interscambi nei viaggi di accesso e di uscita è legata alla densità delle stazioni HL. L'opportunità di interscambi all'interno del sistema HL è legata alla progettazione della rete HL.

Frequenza del servizio di trasporto

La rilevanza della frequenza del servizio come percepita dal viaggiatore dipenderà dal piano aziendale previsto di HL: o come servizio 'walk up' (cioè accesso diretto senza prenotazione in anticipo) o attraverso una prenotazione obbligatoria del posto. In uno scenario con la prenotazione anticipata prenotazione di posti, da un lato una frequenza inferiore (cioè 3-4 dep/h) sarebbe ben accetta, mentre dall'altro la frequenza di servizio offerta al momento della prenotazione sarà inferiore alla frequenza programmata nel caso in cui i servizi siano completamente prenotati. In caso di servizi "walk up" la frequenza del servizio può anche essere inferiore alla frequenza programmata, cioè quando la domanda supera temporalmente la capacità offerta; allora lo squilibrio tra domanda e offerta aumenterà i tempi di attesa [20].

Affidabilità del servizio

Il sistema HL ha due caratteristiche principali che permettono una potenziale alta affidabilità dei suoi servizi. Si tratta di un sistema completamente automatizzato, che come tale, per definizione esclude ritardi dovuti a errori umani. Inoltre, HL funziona in un ambiente chiuso che lo rende resiliente alle condizioni atmosferiche. Naturalmente, come qualsiasi altro sistema di trasporto, l'affidabilità dei servizi di trasporto HL dipenderà dall'affidabilità tecnica di tutte le parti del sistema (cioè capsule, infrastruttura e sistema di controllo).

Stime di alcuni indicatori delle performance tecniche del sistema HL e delle sue controparti - HSR e APT

Indicatori	HL	HSR	APT	Unità di misura
Cpacità di traffico (vel/h)				
Segmento	12 (a)			
Stazione	p.m. (b)			
Linea	12	12		
Frequenza massima dei servizi	12(d)	12	3	[partenze/h]
Capacità veicoli	28	1000	130	[posti a sedere/h]
Capcità di trasporto	269 (e)	9600	312	[passeg./h]
Produttività tecnica	327936(f)	3360000(g)	258968 (h)	[passeg.-km/h^2]
Lunghezza della linea	600	600	600	[km]
Velocità operativa di crociera	965	264	407	[km/h]
Tempo di percorrenza	37.3	136.4	88.5	[min]
Ritardo nelle partenze(i)	2.5	2.5	10	[min]
Tempo totale tra stazioni-stazioni	40.3	138.9	98.5	[min]

Nella tabella qui sopra vengono fornite le stime preliminari dei suddetti indicatori di prestazioni operative per tre sistemi considerati - HL, HSR e APT usando i modelli analitici sopra menzionati. Modalità specifiche sono presentate sotto la tabella sotto forma di note. Come si può vedere, sulla base delle caratteristiche tecniche di HL, la sua frequenza di servizio di trasporto è stimata a 12 partenze/h, che è paragonabile a quella dell'HSR. Inoltre, in determinate condizioni, il sistema HL avrebbe prestazioni migliori della sua controparte HSR e APT solo in termini dell'indicatore - il tempo totale di viaggio stazione-stazione. La capacità della stazione dipende dalle scelte della capacità di pompaggio capacità di pompaggio e dal numero di binari.

Sicurezza: Hyperloop e i test con i passeggeri

Era il novembre del 2020 in cui l'innovativa Capsula prodotta dalla Virgin Hyperloop, dimostrò di poter viaggiare, in sicurezza, nel test track di Las Vegas, senza creare disagi o problemi ai passeggeri.

Figura 4.95 Fonte Hyperloop TT, Render interni realizzato da ICONA DESIGN per Hyperloop TT

La capsula di Virgin Hyperloop ha compiuto un viaggio con a bordo due passeggeri. Anche se il test è durato poco poiché il percorso costruito per il test track è lungo soli 500 metri; il veicolo ha raggiunto subito velocità elevatissime, superando anche i 200 km/h.
I passeggeri a bordo del modulo hanno dichiarato di non aver avvertito alcun tipo di fastidio o problema legato alla velocità ed accelerazione. Inoltre, il test è servito per testare i sistemi di sicurezza di Hyperloop ed essere riconosciuti dal dipartimento dei trasporti americano.
Infatti, l'anno scorso, il Dipartimento dei trasporti degli Stati Uniti ha emanato linee guida di riferimento per la regolamentazione sulla tecnologia Hyperloop. In Europa, la commissione europea ha formato un comitato tecnico congiunto per supervisionare lo sviluppo di standard comuni sulle basi per la progettazione Hyperloop. Si può desumere da ciò, che questa tecnologia avrà sviluppi nell'immediato data la pressione in continuo aumento per le nuove modalità di trasporto sostenibili.
Le autorità di regolamentazione e gli sviluppatori stanno puntando a trovare un giusto compromesso tra la standardizzazione, "in modo da non finire nella situazione ferroviaria del 19 ° e 20 ° secolo in cui non si può andare in un altro paese per differenze di passi tra rotaie e l'innovazione che invece vorrebbe un continuo up grade sotto tutti i parametri di controllo dell'infrastruttura.
Se in America si punta ad uno snellimento tecnico, in Europa si cerca di non limitare l'innovazione proprio in questa fase iniziale. Dunque, da quanto possiamo immaginare negli anni a venire, probabilmente avremo una situazione in cui, tutti, comprese aziende, costruttori, clienti e governanti cercheranno di presentare le loro soluzioni per vedere cosa è meglio per ogni caso d'uso in maniera tale da poter approvare in tempi brevi e certi un documento di riferimento per tutti i paesi del mondo per metterli in rete tra di loro.

La sicurezza è fondamentale per Hyperloop, infatti, Delft Hyperloop ha pubblicato un rapporto nel luglio 2020, in cui viene affermato che il sistema europeo Hyperloop, richiede almeno il livello di sicurezza delle compagnie aeree commerciali europee in termini di decessi per passeggero per chilometro.

Il report pubblicato dall'azienda danese è indipendente dalla progettazione di un corridoio Hyperloop e approfondisce i potenziali scenari di sicurezza nei seguenti termini:

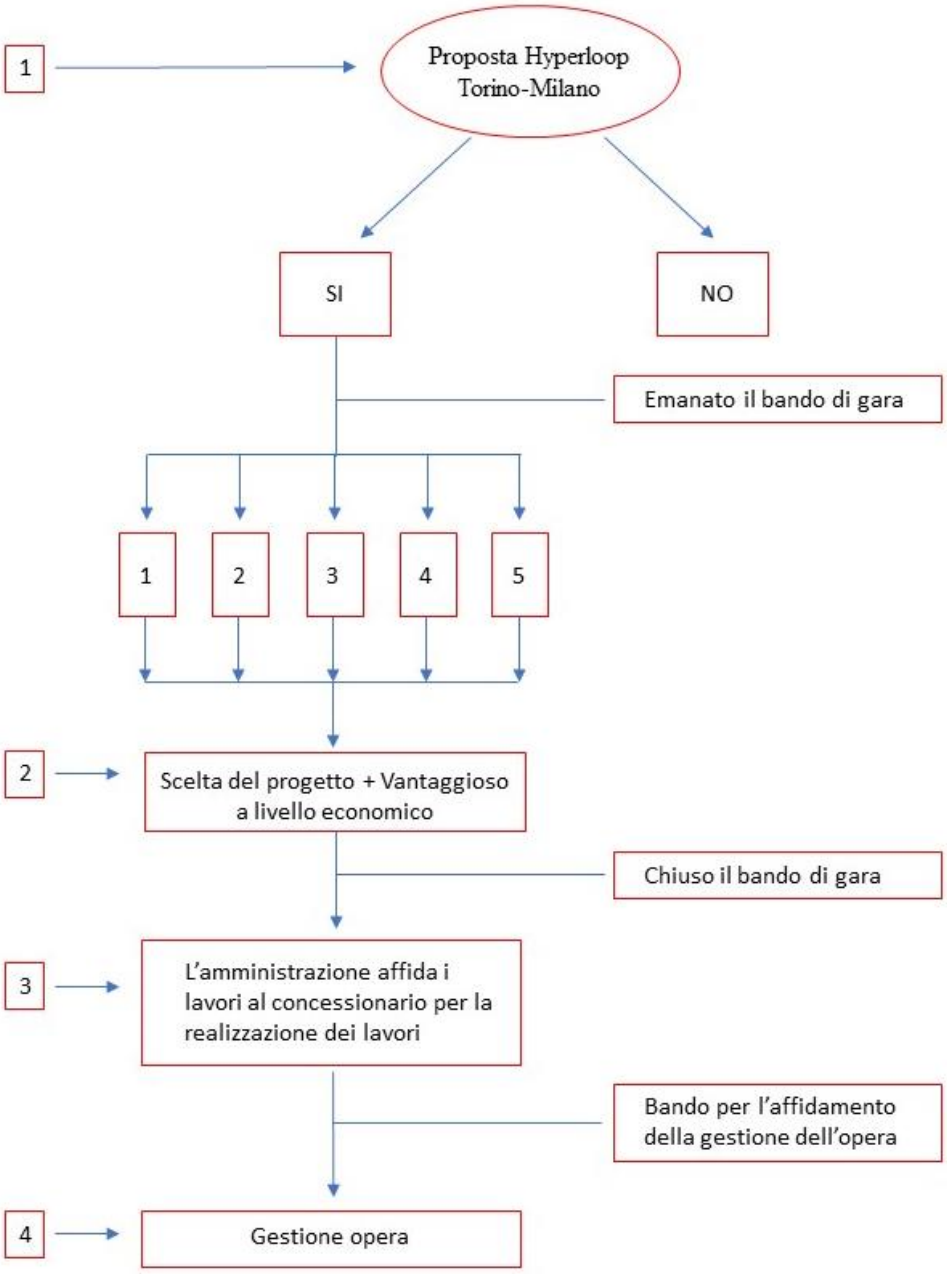
- Protezione antincendio: Mentre l'ambiente interno è a bassa pressione e dunque impedisce lo scoppio del fuoco nei tubi, un incendio all'interno di una capsula potrebbe essere una vera minaccia. Il rapporto infatti raccomanda un sistema che rilasci automaticamente la nebbia e l'agente chimico estinguente per quando il sistema rileva il fumo nella capsula.

- Sfide del sistema di comunicazione: Come si comunica all'interno di una capsula e come si dialoga con una capsula Hyperloop?
  Domanda lecita secondo il rapporto, poiché Il tubo in acciaio impedisce ai segnali wireless di raggiungere le capsule.
  Inoltre, a causa delle loro elevate velocità, le capsule passano spesso da una cella di comunicazione all'altra, aumentando la probabilità di un errore di passaggio e di una temporanea perdita di comunicazione.
  Una possibilità è Li-FI, una tecnologia cellulare che utilizza la luce invece delle frequenze radio per trasmettere i dati. Li-Fi è più modalità di connessione più semplice della comunicazione in radiofrequenza, poiché utilizza una modulazione diretta simile ai telecomandi. Le lampadine a LED hanno intensità elevate e possono quindi raggiungere velocità di trasmissione dati considerevoli. Li-Fi è utile proprio in ambienti che non supportano il Wi-Fi, come le cabine degli aerei, gli ospedali e gli ambienti pericolosi. Tuttavia, la sicurezza informatica è una minaccia significativa per la tecnologia Hyperloop. L'uso della fibra ottica potrebbe impedire agli hacker di intercettare fisicamente i segnali di comunicazione.
- Evacuazione di emergenza: L'evacuazione di un Hyperloop è difficile perché i tubi sono progettati per un numero limitato di uscite. Lo scopo dell'evacuazione è consentire ai passeggeri di poter uscire in piena sicurezza dalla capsula e dal tubo Hyperloop.
  Si postulano due idee:
  1. Evacuazione in-tube, che richiede un tubo pressurizzato localmente attraverso il quale i passeggeri possono andare all'uscita di emergenza più vicina.
  2. I pod vicini possono ospitare i passeggeri per accelerare il processo di evacuazione.
  3. un'evacuazione combinata che combina rifugi sicuri interni ed evacuazioni nel tubo.
- Sicurezza e passeggeri
  I produttori delle tecnologie Hyperloop si aspettano capsule che verranno tutte riempite e svuotate tra i 30 secondi e i 2 minuti. Tuttavia, prendendo in considerazione l'equazione del rischio di incidenti, minore è la distanza tra le discese delle capsule, maggiore è il rischio di un possibile ingorgo in caso di incidente. Al tempo stesso un flusso continuo di partenza delle capsule, richiedono un flusso costante di passeggeri. Ciò rende difficili i severi controlli di passeggeri e bagagli.

Requisiti procedurali

Essendo il contesto di applicazione in territorio Italiano si prenderanno in considerazione l'iter di approvazione di una proposta progettuale.

Per l'approvazione di infrastruttura di così tanta importanza, bisogna fare delle valutazioni molto importanti, e soprattutto molte persone devono valutare la fattibilità di quest'opera in maniera tale che vengano analizzati tutti i punti salienti prima che possano dare problemi.



Temi fondamentali sono anche il finanziamento Europeo "Nex Generation UE "e il PNRR 2021 italiano, 2 grandi leve finanziarie che potrebbero essere utilizzate dal momento che questo Progetto contiene un analisi costi benefici, ovvero il parametron fondamentale di finanziamento per opera infrastrutturali.

Perché Next Generation EU è un'opportunità per il trasporto ad Alta Velocità?

Il nuovo programma europeo può essere davvero una svolta per il trasporto su rotaia nel nostro Paese. In primo luogo, per l'impostazione, che rappresenta una vera discontinuità per l'Italia. Gli interventi dovranno accelerare la decarbonizzazione del settore e rispettare il principio del do no significant harm (dunque non arrecare danni significativi all'ambiente), avere un impatto occupazionale positivo e rispondere ai criteri della tassonomia europei. In sostanza, la realizzazione di grandi progetti stradali o autostradali sarebbe automaticamente esclusa. Ma importante è anche l'entità delle risorse, considerando che nella bozza di Recovery Plan italiano ai trasporti sono destinati oltre 35 miliardi di euro. Inoltre, e forse più significativo, al nostro Paese è chiesto di presentare un programma di riforme per fare in modo che qui come negli altri settori strategici, questa prospettiva sia accompagnata da interventi normativi che permetteranno di dare continuità a investimenti e innovazioni nel servizio. La bozza approvata dal Consiglio dei Ministri il 12 Gennaio, ed inviata alla Camera, prevede di destinare complessivamente 7,55 miliardi di euro della missione 2 (Rivoluzione verde e transizione ecologica) a interventi che riguardano il trasporto locale sostenibile, le ciclovie ed il rinnovo del parco rotabile, ma soprattutto 28,3 miliardi per interventi che riguardano "Alta velocità ferroviaria e manutenzione stradale 4.0", nell'ambito della missione 3 (Infrastrutture per una mobilità sostenibile). Nell'elenco degli interventi previsti manca il dettaglio della divisione delle risorse ma si trova una descrizione di massima, da cui si comprende l'impostazione ed i possibili risultati. Inoltre, si chiarisce che queste risorse sono in parte aggiuntive ed in parte sostitutive – anche perché le risorse europee sono in prevalenza dei prestiti a tassi agevolati, e la selezione degli interventi ha portato ad individuare progetti che dovranno essere appaltabili entro il 2023 e completati entro il 2026.

Cosa si trova nel piano nell'ambito della missione 3 del PNRR?

Nel piano troviamo un elenco di interventi condivisibili ma senza una visione di come potranno cambiare e migliorare la mobilità del Paese, non si spiega come gli interventi si integrino con le politiche ordinarie di investimento e perché sono indispensabili. Né si spiega in che modo contribuiranno a conseguire gli obiettivi di riduzione delle emissioni di CO2 del settore dei trasporti, mai calate dal 1990 ad oggi. Inoltre, alcuni interventi possono essere ridotti e stralciati, per destinarli ad altri più utili. Un esempio è la previsione di acquistare 21 treni a idrogeno completi delle infrastrutture e di 7 stazioni di rifornimento. È una scelta che in questa scala non convince, visto che oggi è una tecnologia ancora costosa ed inefficiente, con idrogeno prodotto da fonti fossili. Mentre ha senso come sperimentazione su una linea specifica della nuova tecnologia Hyperloop, che non richiederebbe ulteriore consumo di energia elettrica e di produzione di emissioni CO2, dal momento che sarebbe alimentato dai pannelli solari posti sul tubo entro la quale viaggia.

Individuazione generale degli obbiettivi

Sono dunque evidenti le ragioni per cui la discussione che si andrà ad aprire ora rappresenti un passaggio fondamentale per fare di Next Generation EU la leva della rivoluzione della mobilità di cui il nostro Paese ha bisogno. Non si può sprecare questa occasione per migliorare quanto previsto e, soprattutto, inquadrarlo dentro una visione di cambiamento del sistema dei trasporti da ora al 2030. È quanto l'Europa chiede all'Italia, ed è quanto dovrà essere inserito nella revisione del

Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (per rientrare nei nuovi e più ambiziosi targets europei) e dove la mobilità svolgerà un ruolo decisivo per raggiungere i nuovi obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra. L'Italia deve scegliere di fare della mobilità sostenibile la leva per riqualificare e innovare le città, per creare una forte filiera logistica integrata di trasporto merci a emissioni zero.

Hyperloop possiede oggi tutte le migliori tecnologie del del XXI secolo in campo trasportistico per l'azzeramento delle emissioni di CO2 e la riduzione di consumo energetico. È senza dubbio un'enorme sfida industriale e di organizzazione dei servizi di mobilità, di innovazione e riqualificazione delle città. Può diventare una grande opportunità se il nostro Paese saprà accompagnare il sistema delle imprese ed i Sindaci nell'utilizzare queste innovazioni per migliorare l'accessibilità per le persone e la logistica delle merci in una prospettiva ad emissioni zero.

STEP 2.5

Analisi ambientale

Analisi ambientale

L'intento è quello di indagare e valutare le scelte fatte nel progetto del corridoio Hyperloop Torino Milano, fornendo indicazioni tecniche e soluzioni più vantaggiose in termini ambientali socioeconomiche.

Ma partiamo per gradi, dando un inquadramento del contesto nella quale si cala il progetto.

Descrizione del progetto

Come detto nei paragrafi precedenti, il progetto prevede la costruzione di un corridoio Hyperloop tra Torino e Milano, nei corridoi relitto per la tratta in rilevato, da Settimo a Rho Fiera Milano, dunque per oltre 110 km, mentre per i tratti Settimo-Interporto e Rho fiera Milano – Milano City Life, essendo tratti cittadini con alta densità abitativa, si prevedono molti tratti in galleria sotterranea e dunque anche soluzioni per la produzione di corrente elettrica. Per quanto riguarda le bretelle di unione con l'aeroporto di Caselle per Settimo e di Malpensa con Novara, saranno tratti in rilevato.

- Innovazioni tecnologiche green

Zero consumo energetico da fonti non rinnovabili: da progetto è prevista la disposizione di pannelli solari lungo tutta la tratta per il funzionamento e mantenimento energetico dell'infrastruttura.

Zero emissioni di CO_2 dal momento che le capsule per funzionare utilizzano un motore lineare elettrico e il consumo energetico viene completamente coperto dalla produzione di energia elettrica prodotta,.

Zero impatto sonoro (0 dB) perché non vi è contatto tra le capsule e i tubi; dunque, non ci sarà propagazione all'esterno dell'onda sonora prodotta della capsula internamente.

Ridotto impatto visivo grazie alla piantumazione di 11000 alberi che corrono paralleli all'infrastruttura, riducendo la quantità di CO_2 e polveri sottili prodotti dalle infrastrutture esistenti restituendo la quantità di area verde coperta in quantità di chioma verde che verrebbe sottratta dai pannelli solari.

Riduzione di trasporto merci e passeggeri dalle reti stradali

Intelligenza artificiale per l'ottimizzazione dei consumi e la risoluzione dei problemi odierni dei trasporti.

Ridotto consumo di suolo perché utilizzo di corridoi relitto oggi sede di percorsi per la manutenzione o aree prossime alla costruzione di nuove corsie autostradali.

Zero impronta di consumo aree verdi poicheè viene restituita dalla chioma delle piante per mitigrare il cambio stagioni e ridurre l'innalzamento climatico dei corridoi infrastrutturali.

Costruzione dell'opera pensato già con il riutilizzo di tutti i suoi componenti.

- Costruzione del progetto

Trasporti per il cantiere con motorizzazioni elettriche

Cantiere a consumo di energie di consumo rinnovabili

Materiali riciclati dove possibile utilizzarli

I materiali maggiormente utilizzati per la costruzione dell'infrastruttura saranno i seguenti:

Acciaio per i tubi e tutte le parti di unione

Calcestruzzo armato per fondazioni, pilastri e travi della struttura

Vetro per la copertura dei pannelli solari

Alluminio per la costruzione interna delle corsie

Scenario di base

La tratta Torino Milano è una delle arterie viarie più colpita dall'inquinamento stradale, sia per quanto riguarda l'aria, l'acustica, la sfera ecologica, l'acqua e non solo. Insomma, necessità di una ristrutturazione complessiva a livello ambientale proprio perché negli ultimi 30 anni ci si è concentrati sull'aumento di capacità di questa tralasciando aspetti ambientali per una questione di budget. Senza dubbio, oggi grazie alla pandemia, alla crisi nel comparto dell'auto e per certi versi anche alla ripresa economica del paese che si è vista in quest'ultimo periodo, si intravvedono molti progetti per la monitorazione ambientale a livello autostradale, oltre a progetti di miglioramento della ferrovia alta velocità. Le località scelte, ovvero Torino e Milano sono 2 località di fondo valle che sono prettamente riconosciute come sviluppatori di infrastruttura lineari come autostrade e ferrovie alta velocità poiché come detto anticipatamente, la pianura padana consente la ripetizione di strutture lineari senza grandi differenze costruttive.

Torino, presenta i più alti tassi di inquinamento come città europea prevalentemente dovuto al fatto che la città capoluogo piemontese si trova ai piedi delle vallate, e protetta dalla catena montuosa alpina. Fattore di protezione da correnti cicloniche provenienti dal Sud ovest fino al nord est, al tempo stesso però non permette un cambio dell'aria e dunque ciò che rilasciamo nell'aria permane per diverse settimane. Dunque, considerato il crocevia infrastrutturale e la sua conformazione geografica leggermente sfavorevole, Torino risulta essere molto inquinata e dunque necessità di una revisione dei sistemi inquinanti.

Milano è una delle capitali economiche a livello mondiale, basti pensare alla moda che vede Milano e Parigi al centro del mondo, a livello ambientale come nella moda, da qualche anno a questa parte inizia a veder nascere molte iniziative a favore della sostenibilità ambientale e della riqualificazione di un asset verde come bacino di assorbimento di CO2. Ma Milano, rispetto a Torino detiene un alto tasso di inquinamento, che ogni giorno quasi supera del doppio Torino, ma grazie al fatto che si trova a metà pianura padana ha una maggior quantità di venti che circolano a una superficie sul livello del mare più bassa.

Le autostrade e il traffico di veicoli leggeri e pesante

Dai dati medi del 2015 sul trasporto sia di mezzi leggeri che pesante ricaviamo dei valori interessanti che ci mostrano la situazione dei trasporti semre in aumento per la gomma, e una lenta ripresa dei collegamenti su treni. Questo dovuto prevalentemente alla ramificazione di

collegamenti infrastrutturali viarie, che ha avuto una crescita esponenziale soprattutto dal dopoguerra dove le necessità delle continue trasformazione e delle esigenze delle città si è visto in continuo ingrandimento degli assi stradali.

Figura 4.96 Traffico autostradale, veicoli teorici medi giornalieri e veicoli km – Autostrada - Fonte: Google Maps

Anno	Autostrade e trafori	Lunghezza Km	Veicoli teorici medi giornalieri Leggeri Numero	Veicoli teorici medi giornalieri Pesanti Numero	Veicoli teorici medi giornalieri Totale Numero	Veicoli-km Leggeri in milioni	Veicoli-km Pesanti in milioni	Veicoli-km Totale in milioni
2015	Savona-Genova	45.5	42663	9323	51986	708.5	154.8	863.4
2015	Genova-Sestri Levante	48.7	40636	7126	47762	722.3	126.7	849
2015	Torino-Ivrea-Quincinetto	51.2	15619	2855	18474	291.9	53.3	345.2
2015	Torino-Milano	127	34876	11281	46157	1658.7	536.5	2195.2
2015	Torino-Savona	130.9	15730	3273	19003	751.5	156.4	907.9
2015	Voltri-GravellonaToce	161.2	13398	3282	16680	788.3	193.1	981.4
2015	Torino-Piacenza	164.9	21899	10316	32215	1333	627.9	1960.9

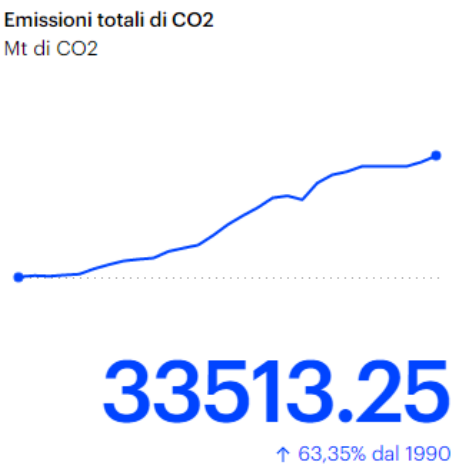
Ora se prendessimo in esame i dati ricavati da autostrade per l'Italia, potremmo fare un rapido calcolo sui consumi e sulla produzione di CO2 sulla tratta Torino Milano.

Ovviamente sarebbero dei valori medi quantitativi che ci fanno capire la condizione attuale che è molto allarmante.

	Kg di CO2 prodotti 1 anno/ 1 auto	N°auto su A4	tCO2 TOT prodotta
CO2 prodotta dal traffico auto	14.850,00	12.555.360,00	186.447.096,00
CO2 prodotta dal traffico merci	35.640,00	4.061.160,00	144.739.742,40

Solo dal traffico auto troviamo oltre 180 milioni di tonnellate di CO2 prodotta annualmente, e oltre 144 milioni di tonnellate di CO2 prodotti dal traffico Merci.

Come possiamo vedere nel grafico qui sotto in Italia le emissioni totali di CO2 sono oltre 34000 milioni di Tonnellate; dunque, sembrerà poco quanto incida sull'Italia una riduzione della percentuale di CO2, ma non è così se invece considerazione il fattore geomorfologico del Piemonte e della Lombardia, che sono 2 regioni coperte per gran parte dalle Alpi e dunque ristagno degli agenti inquinanti nell'ambiente.



Fattori ambientali interessati

In questo caso possiamo tralasciare il consumo di suolo dal momento che si utilizzerà per la maggior parte dell'intervento suolo già adibito a possibili ingrandimenti infrastrutturali della rete autostradale o della ferrovia alta velocità. Dal punto di vista dell'inquinamento acustico possiamo evitare di effettuare calcoli sul disturbo sonoro prodotto da una rete Hyperloop per il semplice fatto che non sarà una sorgente di emissioni sonore. Si potrebbe effettuare delle analisi su come impatterà sua volumetria rispetto ai sistemi già in opera oggi stesso, ma sarà opportuno farlo una volta che il progetto avrà sviluppo.

Sembra interessante invece visto il grande materiale prodotto dalle agenzie ambientale considerare il cambiamento della situazione attuale allo sviluppo di una possibile linea Hyperloop sulla tratta.

Considererò la capacità di poter assorbire la CO2 prodotta dalle autostrade oggi, e un valido e strutturale sistemi per l'assorbimento di essa e una modalità per il suo assorbimento sul breve e sul lungo periodo.

Effetti sull'ambiente

Il progetto del corridoio Hyperloop tra Torino Milano si pensa possa avere moltissimi benefici e bassissime quantità di effetti considerati negativi sull'ambiente.

Per prima cosa ritengo importante considerare i fattori ambientali sulla quale voglio concentrare la mia analisi di impatto ambientale.

Il primo parametro e forse il più importante oggi a livello mondiale è proprio la CO2, e dunque tutto ciò che concerne l'analisi della produzione di anidride carbonica. Dal momento che abbiamo notato la grande incidenza dei trasporti su questo fattore sembra necessario analizzare una sua possibile riduzione nel tempo e dei possibili benefici che ne trarrebbe il territorio da essa.

Dal progetto si evince il desiderio di continuare il lavoro iniziato dall'Arch.Boeri in tal senso e dunque riforestare la tratta Torino Milano per creare un grande bosco orizzontale che faccia fa grande spugna assorbente del traffico che oggi continua il suo processo inquinatorio nell'ambiente circorstante.

11000 betulle ad alto fusto, che si prevede possano diventare alte circ 18-25 metri con una chioma di 6 metri di diametro circolare.

Questo inserimento di betulle sulla tratta Torino Milano e le 2 bretelle per gli aeroporti consentirebbe di assorbire oltre 2000 tonnellate di CO2 ogni anno con grandi benefici per quanto riguarda l'impatto visivo.

Oltre a questo fattore, c'è una parte di traffico che penso si sottrarrà dalle strade considerando il fatto che molte persone stanno abbandonando l'utilizzo dell'auto e si stanno spostando all'utilizzo sempre più frequente dei mezzi pubblici. Essendo oggi molto sottoproduttiva la fascia di trasporti alta velocità per trasporto di persone e di merci, non si riuscirà nei anni a venire a coprire questo aumento se non si costruirà una linea Hyperloop.

A tal proposito bisogna prendere in considerazione il fatto che nel 2030 la zona euro dovrà aver messo in atto una grande percentuale di elettrificazione del parco auto esistente oggi.

Nel 2050 si è fissato una data per l'azzeramento delle emissioni per il trasporto. Dunque, per essere ottimisti dovremmo immaginarci zero produzione di CO2 nel 2050. Ritengo dunque che per una questione di credibilità dei calcoli, sia meglio considerare che Hyperloop riuscirà a ridurre del 10% l'afflusso di mezzi leggeri e di mezzi pesanti. Primo perché il traffico per comè conformato oggi non si potrà modificare in poco tempo, ma dovremo aspettare qualche decennio per far capire la convenienza a trasportare su Hyperloop le merci di bassa conservazione o urgenti come il cibo o i medicinali. Ritengo sia anche azzardato considerare troppe positività sul lungo periodo perché si rischierebbe di fare un salto nel vuoto.

L'impatto sonoro come detto anticipatamente non verrà considerato nella stima degli impatti dal momento che non ha particolari incidenze da essere considerate. Questo proprio per il semplice fatto che la capsula, sarebbe l'unica sorgente emettitrice di onde sonore, che non verrebbero percepite fuori dal tubo perché non essendoci contatto tra la capsula e il tubo non si verificherebbe il passaggio di vibrazioni e trasmissioni dell'onda d'urto.

L'impatto visivo è un fattore che sicuramente potrebbe destare sospetto. Dunque, per questo aspetto si è optato per un analisi sul pensiero della società tramite questionario. I risultati ottenuti sono molto positivi e quasi inaspettati.

9. Quest'infrastruttura è agli arbori, e per questo richiede sperimentazione. In fase iniziale i tubi saranno collocati su pali e si adatteranno al contesto territoriale esistente. Quanto peso daresti all'impatto visivo di quest'infrastruttura che poggia su pali rialzati a 5 metri da terra con un'altezza massima di 10 metri con sopra pannelli solari per la produzione energetica, al quale corre parallela un corridoio di 8000 betulle alte 20 m circa a distanza di 15 metri?

266 risposte

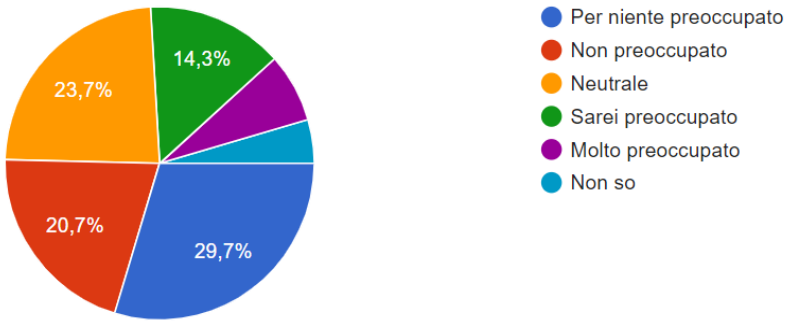


Figura 4.97 *Questionario Hyperloop, quesito n°8* Fonte: Elaborazioni dell'autore *con Google Docs*

In questo frangente essendo una questione ambientale, e prevalentemente legato all'aspetto percettivo e all'impatto visivo dell'infrastruttura. Ci si immaginava un 90 % di persone contrarie e preoccupatissime per questo aspetto e invece trapela da questo grafico come le persone abbiamo ben chiaro che l'impatto visivo ci sarebbe a fronte però di un infrastruttura in grado di sostenersi in maniera pienamente autonoma e senza dover far affidamento a nuove linee a centrali di produzione di corrente per farla funzionare per il semplice fatto che essa stessa è un infrastruttura che produce corrente elettrica sufficiente per il suo funzionamento. Partendo come sempre da coloro che ritengono essere un'opera positiva, troviamo un 30 % che esprime serenità sull'impatto che avrebbe un'infrastruttura di questo tipo. Un ulteriore 20,7% che sostiene di non essere preoccupato, e che dunque in termini assoluti disponiamo gia del 50% degli intervistati altamente a favore. Un 20,7% di persone che si sentono neutrali e se li aggiungiamo al 50% di persone fino ad ora intervistate ricaviamo un 70% di persone che appoggerebbe il corridoio. Sostandoci nel restante 30 % di contro sostenitori, troviamo un 14 % che sarebbe preoccupato, una fetta del 7% molto preoccupata e un altro 5% di insicuri e incerti.

Proprio questo aspetto sembrava fosse quello che poteva dare possibili problemi o incertezze complessive.

Analisi dell'impatto sonoro

Il rumore prodotto dai veicoli di trasporto può causare fastidio ed effetti nocivi per le persone che vivono e/o lavorano alle vie di trasporto. Inoltre, il rumore del traffico limita il possibile uso dello spazio lungo i percorsi, e quindi può causare un costo di opportunità per quanto riguarda l'uso del terreno.

L'impatto sonoro dipende da:

- dai livelli di rumore alle fonti,
- dal numero di persone esposte ad essi
- dalla durata dell'esposizione al rumore.

Ciò implica che questa prestazione ai sistemi considerati dipende principalmente dal percorso delle linee di trasporto e dalla velocità e dal numero di passaggi dei veicoli.

Si suppone, dai dati ottenuti dall'azienda che Hyperloop non produca quasi nessun rumore esterno che colpisce la popolazione relativamente vicina.

Questo come accennavamo poche pagine fa, è dovuto al fatto che Hyperloop non è in contatto con il tubo e quindi non c'è trasferimento di vibrazioni. Qualsiasi rumore dalla capsula stessa non sarà sentito al di fuori del tubo e la bassa pressione dell'aria all'interno del tubo impedisce il rumore dal movimento della capsula.

L'unica fonte potenziale di rumore potrebbero essere le pompe a vuoto, ma si evince dai dati tecnici dell'azienda Hyperloop Italia ha dedotto dai Test effettuati in laboratorio che queste possano produrre un rumore trascurabile e controllabile.

Consumo energetico ed emissioni di GHG (gas serra)

Il sistema HL dovrebbe essere meno esigente dal punto di vista energetico rispetto all'HSR principalmente a causa di un minore attrito con i binari e alla bassa resistenza dell'aria dovuta alla bassa pressione nel tubo. Alcune stime preliminari hanno suggerito che il sistema HL può essere circa 2-3 volte più efficiente dal punto di vista energetico rispetto all'HSR, e a seconda delle distanze di trasporto, circa 3-6 volte più efficiente dal punto di vista energetico di APT [20]. Questo è principalmente perché il sistema HL è destinato ad essere spinto completamente dall'energia elettrica ottenuta dai pannelli solari in cima al tubo (o dei tubi). Si sostiene che questi siano in grado di generare più dell'energia necessaria per far funzionare il sistema. Questo tiene conto anche del fatto che l'energia sufficiente può essere rimmagazzinata (per esempio, nelle batterie a bordo dei veicoli) per far funzionare il sistema di notte, in periodi di tempo nuvoloso, e nelle gallerie [4]. In generale, le emissioni di gas serra sono direttamente collegate al consumo di energia. Se si considerano solo le emissioni di gas serra dovute alle operazioni sono considerate, per quanto riguarda la suddetta fonte di energia primaria, il sistema AV non ne farà di esse. Tuttavia, le emissioni indirette dalla costruzione dell'infrastruttura (linee e stazioni/terminali), del materiale rotabile (capsule) e altre attrezzature dovrebbero essere prese in considerazione nei casi in cui si trattano le emissioni del ciclo di vita del sistema delle emissioni di gas serra.

Uso del suolo

In generale, il terreno utilizzato per facilitare i sistemi di trasporto non può, tranne che per il trasporto sotterraneo, essere usato per altri scopi, creando così un costo opportuno. La valutazione del terreno occupato dal sistema HL sarà una funzione dello spazio necessario (larghezza e lunghezza dell'infrastruttura) e del valore del terreno. Quest'ultimo dipenderà molto dal percorso specifico della linea. Da un lato, il sistema HL è progettato per essere elevato su pilastri, quindi l'effettiva occupazione di terreno a terra (area netta di terreno necessaria) può essere limitata. D'altra parte, resta da vedere se lo spazio vedere tra i pilastri può essere usato in modo significativo. Inoltre, la costruzione sopraelevata può portare inquinamento visivo. In generale la quantità totale di terreno (area lorda di terra) richiesto per le nuove infrastrutture di trasporto può essere minimizzata mantenendo il percorso il più vicino possibile all'infrastruttura di trasporto esistente, come nel nostro caso, tra l'autostratrada Torino – Milano e l'altavelocità. I tubi del sistema HL saranno montati uno accanto all'altro su pilastri sopraelevati. Per i tubi piccoli - progettati solo per il trasporto passeggeri - la dimensione del pilastro che porta due tubi è di circa 3,5 m di larghezza [21]. I tubi per il traffico misto (passeggeri e merci) sono più grandi e quindi i pilastri per questi tubi

Table 5 Indicators of performances of the HL system and its APT and HSR counterparts

Performance	Unit	HL	HSR	APT
Considered distance	Km	600	600	600
Operational performance				
Capacity	Seats/veh	28	1000	130
	Veh/h	12	12	3
	Seat/h	336	12,000	390
Technical productivity[a)]	Seat-km/h^2	409,920	4,200,000	323,710
Quality of service[b)]				
- travel time	Min	40.3	138.9	98.5
- frequency	Dep/h	12	12	3
- interconnectivity		+	++	++
- reliability		+++	++	+
Financial performance				
Costs				
- Line infrastructure	k€/year/km double track	825–2300	883.4	600
- Access points	k€/year/access point	4000	–	–
- Vehicles	k€/year/seat	29	2–4.7[c)]	48.8–65.4[c)]
	€/seat-km	0.008	0.031[d)]	0.033–0.035[d)]
Revenues/fares (€/p-km)	€/p-km	> 0.30	0.174	0.183
Social/Environmental performance				
Energy consumption[e)]	kWh/p-km	< 177	177	591
GHG (CO_2) emissions[f)]	g/p-km	0	40	120
Noise[g)]		+++	+	++
Safety[h)]		+++	+++	+++
Land use[i)]	ha/km (net)	0.5	3.2–3.5	15
	ha/km (gross)	1.0	3.2	–

+: low performance; ++: moderate performance; +++: high performance

[a)] HL: 28 seats · 10 dep/h · 1220 km/h; APT: 130 seats · 3 dep/h · 830 km/h; HSR: 1000 seats ·12 dep/h ·350 km/h [20]

[b)] See Table 2; As reliability is concerned, both HSR and APT can be affected by weather conditions (e.g. ice, snow), but APT seems more vulnerable than HSR

[c)] Boeing 737 and Airbus A320 aircraft; Siemens Velaro HS train (http://www.railway-technology.com/projects/siemens-velaro-high-speed-trains/) (Amortization period: 25 years)

[d)] European airlines [36]; European HSR [37] (Load factor: $\theta = 0{,}80$)

[e)] The values for the HSR relate to the European context, and are based on a mix of the energy sources

[f)] Emission of CO2 by HSR could actually also drop to zero if electricity is produced the emission free. The emissions of CO2 by APT reflect those of the flight of length of 500–600 km (120 gCO2/p-km) by an Airbus A320 aircraft [38]

[g)] The noise exposure of an observer at 25 m distance of a passing by HS train (depends on the train's speed) is in the range of 84–105 dBA; noise exposure by APT locally (at the airport noise measurement locations) is in the range of 46–92,5 dBA

[h)] The number of traffic incidents/accidents and related personal injuries and deaths is expected to be at the comparable high level [14]

[i)] Only the land use regarding the line infrastructure; (A different values can emerge when the suprastructure (i.e., stations, airports) is considered; Airports need much space compared to the HSR and HL stations)

dovrebbero essere anch'essi più grandi, cioè 5,2 m. Poiché i pilastri saranno distanziati in media di 30 m e le possibilità di utilizzare efficacemente lo spazio a terra è limitato, l'area netta necessaria per 1 km di linea del sistema HL sarà di circa 0,5 ettari. La media l'area lorda media di terra occupata dalla linea è stimata a essere circa 1,0 ha/km. Nonostante un uso più efficiente del terreno del sistema HL, è probabile che avrà un costo più alto di terreno rispetto, per esempio, alla sua controparte HSR. Questo è perché il sistema HL è meno flessibile del sistema HSR nel tracciato della linea, in particolare in termini di adattamento alle curve strette.

Valutazione delle alternative

Essendo l'analisi condatta sul progetto che ne è uscito vincente dal DOCFAP, ritengo sia opportuno dire che le alternative dal punto di vista progettuale sia ancora prematuro effettuarle. Un confronto che invece potremmo fare è quella del "Non intervento". A non intervenire e lasciare tutto com'è c'è il rischio che i corridoi relitto vengano utilizzati di nuovo per un inutile ingrandimento delle carreggiate autostradali, a discapito di un aumento del manto asfaltato che produrrebbe un innalzamento della temperatura su questo importante asse infrastrutturale.

Misure di mitigazione o compensazione

Soluzioni invece interessanti da prendere in considerazioni sono rispetto ai materiali da costruzione impiegati per la costruzione dell'infrastruttura. L'Italia ha una grande quantità di materiale di scarto prodotto dai tanti cantieri in Italia oggi e dunque potremmo pensare di sfruttare tutta la percentuale consentita per il suo riutilizzo e riciclo prevalentemente per la produzione di Calcestruzzo armato. Per quanto riguarda l'acciaio che è il componente più utilizzato potremmo esprimere un filo di sorriso, dal momento che l'industria dell'acciaio in Italia è molto sviluppata e sta sfornando grandi quantità di riutilizzo di questo, con processi che poco alla volta si stanno convertendo in sempre più convenienti e sicuri per l'ambiente. La produzione di pannelli solari in Italia è molto avanzata e porterebbe un ulteriore slancio di innovazione tecnologica su tutto il comparto, il vetro per sua natura ha un alta percentuale di riutilizzo oltre ad avere una grandissima varietà di modifiche e riutilizzi. Grazie alla produzione autonoma di pannelli solari consentirebbe di ottenere un grande vantaggio nel risparmio di possibili allacciamenti alle reti nazionali con il consumo di energia da fonti non rinnovabili.

Per quanto riguarda il trasporto dei materiali dai poli di costruzione ai poli cantieristici, si ipotizza che sia fondamentale dar un'immagine di rilancio dell'innovazione del paese Italia e dunque optare su veicoli a batterie elettriche, in prima maniera per abbattere i grandi impatti che hanno i cantieri in termini di inquinamento dell'aria; in seconda battuta dell'inquinamento acustico. Questo a favore di un impatto sull'ecosistema che si abbassi e che tenda a rivoluzionare l'impatto dei cantieri sull'ecosistema in maniera positiva.

Monitoraggio

Al fine di collaborare con i progetti che autostrade per l'Italia e ferrovie dello stato hanno in atto in questo periodo in visione dell'agenda 2030 i programmi Horizon, ritengo fondamentale che Hyperloop come infrastruttura possa dare il suo contributo con l'intelligenza artificiale e che riesca a risollevare un'economia atrofizzata nell'ultimo periodo dalla pandemia. Economia, ambiente, società, tecnologia e cultura sono i pilastri per lo sviluppo tecnologico sostenibile per tutti e per tutto. L'intelligenza artificiale sarà il legante ottimizzatore del funzionamento di questa innovativa tecnologia e che saprà evitare gli sprechi di energia e saprà utilizzarla in altre maniere non dispendiose ma utili al sistema al fine di recuperare sempre l'energia prodotta.

STEP 2.6

Analisi Economico Finanziaria

Analisi Economica-finanziaria

L'analisi Costi Benefici: disciplina generale ancor prima che metodologia di analisi

L'analisi Costi Benefici come possiamo notare quotidianamente, tiene banco sui media poiché è la prova di tenuta di tutti i governi che puntano a fare investimenti in grandi opere infrastrutturali e non solo. Per alcuni è solo una metodologia di analisi di un investimento pubblico, per altri è una disciplina per effettuare investimenti.

Dopo alcune ricerche bibliografiche mi sono reso conto, con il supporto delle professoresse che mi hanno aiutato nella stesura dell'elaborato della tesi di laurea, della sua intrinseca ed estrinseca potenzialità sotto tutti i punti di vista.

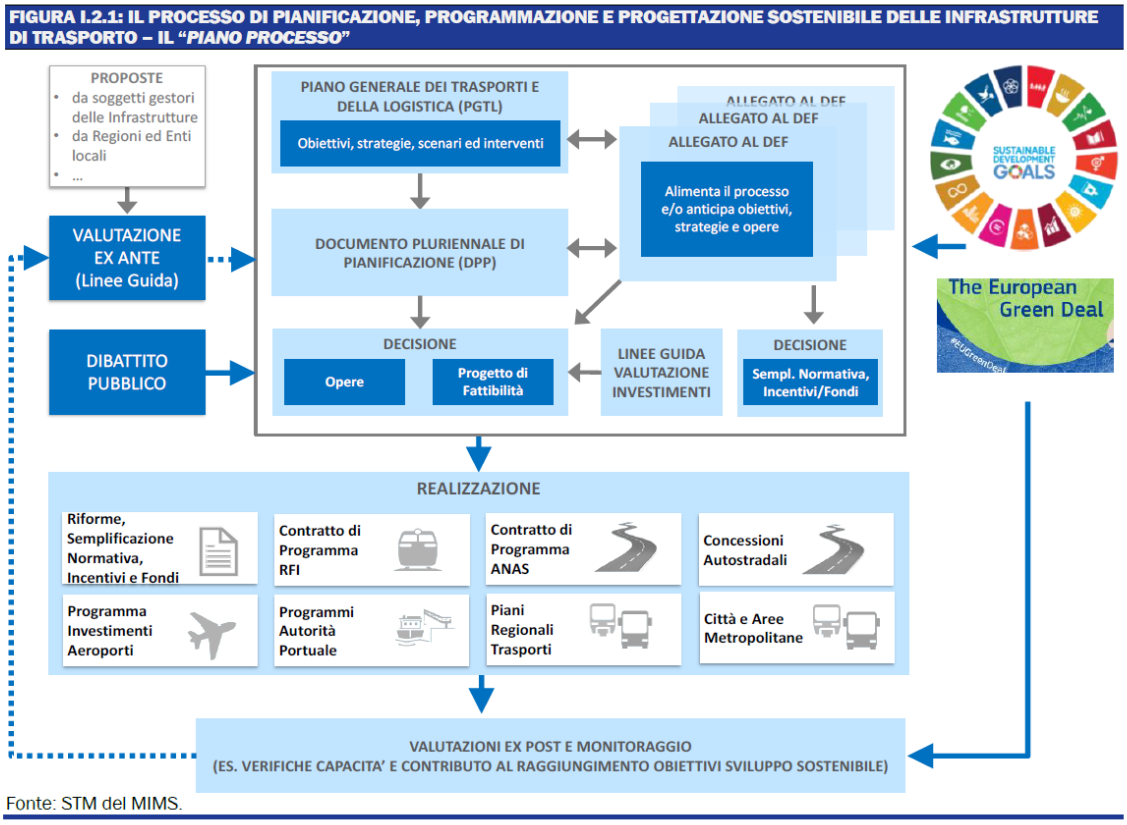


Figura 4.98 Fonte MIMS, Processo di pianificazione e programmazione interventi infrastrutturali

Dalle linee guida del MIMS, si nota come sia di fondamentale importanza nella definizione del DOCFAP e del PFTE la verifica dell'investimento con l'analisi Costi Benefici poiché risulta essere la metodologia di calcolo più utilizzata a livello scientifico e istituzionale poiché molto cara agli apparati politici.

A livello politico consente di effettuare analisi parametriche sia sui costi che sui benefici di un intervento oltre che di vederne i risvolti in termini futuri. Questo perché avendo una struttura molto

complicata e complessa, frutto di stratificazioni e sofisticate soluzioni tecniche al fine di renderla poco malleabile, ha un percorso fatto di step procedurali noti e dunque riconducibili sempre a un risultato.
A livello tecnico se non vengono inseriti dei parametri di bontà delle cifre messe legate alle tecnologie non consente di avere un monito chiaro, ma avendo la finalità di ottenere dei benefici in quantità superiori ai costi, permette anche in questo caso di ottenere delle constatazioni corpose. Senza dubbio però, la letteratura scientifica ne è testimone, risulta tutt'ora l'unica e la più semplice metodologia riconosciuta a livello istituzionale per quanto riguarda l'approvazione da istituti di credito di possibili investimenti su progetti per la collettività.

Valutando bene le linee guida per il Progetto di fattibilità tecnica economica, ci si accorgerà di una cornica metodologica innovativa che sfrutta i vantaggi dell'analisi costi benefici, nonostante sia una metodologia ormai consolidata. Infatti, proprio la Legge 109 ci indica, per la stesura dell'analisi Cost Benefit, di seguire le linee guida della Commissione Europea.

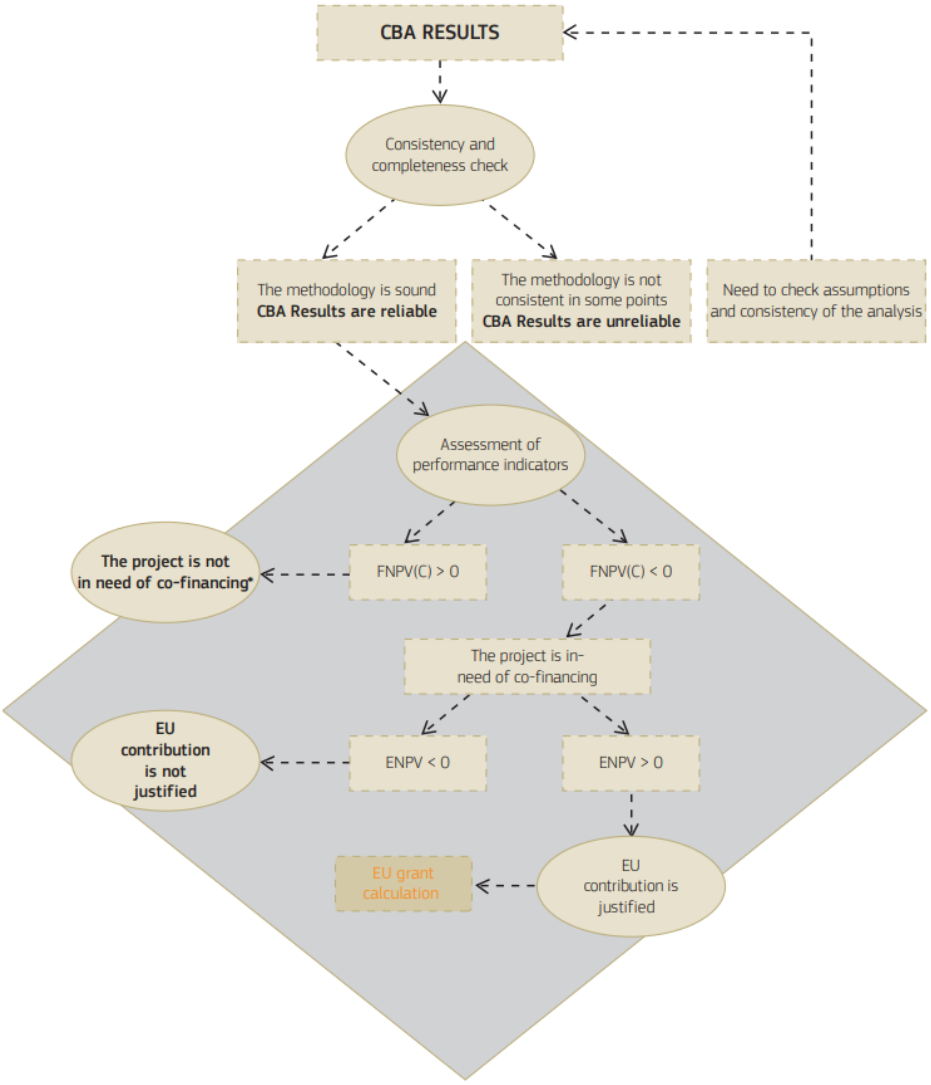


Figura 4.99 Fonte European Commission, Processo di pianificazione e programmazione interventi infrastrutturali

Una lettura approfondita di esse ci porta a individuare uno scherma fondamentale da tenere sempre a mente per non perdersi in un percorso lungo, complesso e complicato, come d'altronde solo l'analisi Costi Benefici sa essere.

L'impostazione è molto chiara. L'obbiettivo è arrivare ad avere un progetto che abbia tutti i parametri corrispondenti alle linee guida della commissione europea per poter ottenere un progetto corposo e sulla quale non ci siano problematiche nel valutare la sua fattibilità.

A livello economico finanziario consente di sviluppare un tassello che è mancante nell'analisi costi ricavi, proprio perché essa si limita ad analizzare i flussi di cassa e i ricavi dalle vendite; mentre l'analisi costi benefici si prefigge l'obbiettivo di individuare dei benefici diretti e indiretti che hanno il loro sviluppo nel tempo prevedibile solo se fatto per la collettività.

La grande differenza, dunque, consta nell'individuazione di tutti i possibili costi da sostenere che caratterizzano principalmente la buona riuscita o meno di questa analisi.

I benefici, dunque, sono la somma dei ricavi finanziari e dei benefici, che vengono quantificati economicamente sulla base di dati ricavati dalla letteratura internazionale come un forfait.

Ciò che si tenterà di compiere in questo caso sarà di individuare tutti i costi della costruzione del corridoio Hyperloop Torino Milano con le bretelle agli aeroporti di Caselle e Malpensa.

Individuare i benefici in maniera in più possibile reale, e se così si può dire pessimista, al fine di poter individuare veramente la sua sostenibilità in termini economico finanziari al variare del mutamento delle variabili che decidono la sua positività.

Per fare ciò anche in questo caso ci si affida scrupolosamente alla normativa tecnico economica di riferimento che a livello italiano sono Guide to Cost Benefit della Commissione Europea.

Si parte dalla consapevolezza che il progetto contiene un livello di progettazione di vasta scala, poiché in questa parte sarebbe prematuro identificare un alto grado di progettazione supportato da una bassa verifica di sostenibilità corposa a livello economico ambientale sociale.

Gli STEP 1, 2, 3, 4, vanno a comporre i primi 4 punti richiesti dalla normativa Europea, e questo, ovvero il 5° invece si occupa della parte economica finanziaria nonostante nella normativa si suddivisa in 2 fasi.

Questa motivazione di accorpare la parte economica e finanziaria trova il suo fondamento proprio della definizione di infrastruttura data dall'Enciclopedia Treccani.

> "In senso più ampio, nel linguaggio economico, per infrastruttura si intende tutto quell'insieme di opere pubbliche, cui si dà anche il nome di capitale fisso sociale (per es., strade, acquedotti, fognature, opere igieniche e sanitarie), che costituiscono la base dello sviluppo economico-sociale di un paese e, per analogia, anche quelle attività che si traducono in formazione di capitale personale (per es., l'istruzione pubblica, soprattutto professionale, o la ricerca scientifica intesa come supporto per le innovazioni tecnologiche)."

Essendo l'infrastruttura un bene della popolazione, riteniamo che tutto il processo di analisi sia economico, poiché in ogni sua parte, i valori finanziari sono soggetti a un impatto economico sociale.

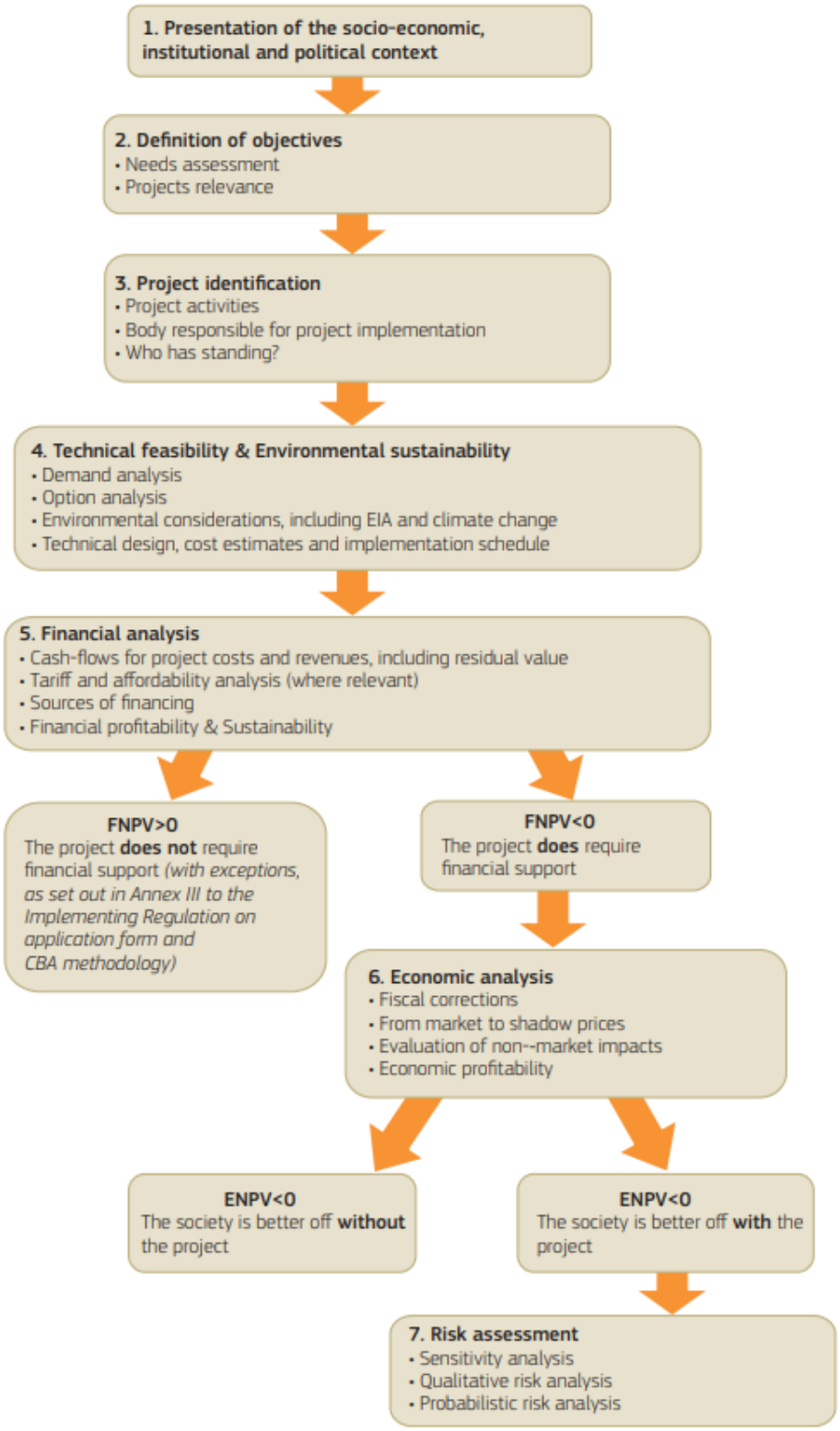


Figura 4.100 Fonte European Commission, Processo di pianificazione e programmazione dell'ACB per interventi infrastrutturali.

Le condizioni dell'ACB

L'Analisi costi benefici richiede di effettuare un paragone con un condizione di senza intervento per valutare veramente i benefici che apporterebbe il progetto.

SITUAZIONE CON INTERVENTO
COSTI
Costi di investimento
Costi di esercizio
Costi di manutenzione e rinnovi
Costi ambientali
Costi esterni per privati
Costi esterni per le imprese
Costi di investimento
Costi di investimento
Costi di investimento
BENEFICI
Rientri finanziari tariffari
Rientri finanziari non tariffari
Sovvenzioni
valore residuo
Benefici economici esterni

SITUAZIONE "SENZA" INTERVENTO
COSTI
Costi di investimento
Costi di esercizio
Costi di manutenzione e rinnovi
Costi ambientali
Costi esterni per privati
Costi esterni per le imprese
Costi di investimento
Costi di investimento
Costi di investimento
BENEFICI
Rientri finanziari tariffari
Rientri finanziari non tariffari
Sovvenzioni
valore residuo
Benefici economici esterni

Figura 4.101 Fonte European Commission, Processo di pianificazione e programmazione dell'ACB per interventi infrastrutturali. Situazione con intervento e senza intervento

La stima dei costi: una visione complessiva a livello internazionale

I costi consistono in costi di costruzione, costi operativi-gestionali e costi di manutenzione. I costi di capitale sono i costi del denaro, ovvero gli oneri finanziari, che sono essenziali per costruire l'infrastruttura (binari, stazioni) alla quale si vanno ad aggiungere ai costi per l'acquisto dei veicoli. I costi operativi riguardano il costo per il funzionamento dell'infrastruttura e dei veicoli e delle stazioni. I costi generali comprendono il capitale e la manutenzione, costo degli immobili e i costi del personale. La stima dei costi di un sistema non ancora esistente è un compito piuttosto complesso. Pertanto, nel contesto dato, questi costi sono stimati sulla base delle cifre pubblicate riguardanti i costi effettivi del sistema Maglev [21] e dei costi forniti dai primi studi di fattibilità del corridoio Hyperloop dei grandi laghi per Los Angeles, che sono - in una certa misura - paragonabili a quelli del sistema HL in Europa. Il livello di costo è definito dal valore del costo, dalla valuta e dal tempo. Un euro nel 2010 riflette un diverso livello di costo che un dollaro USA nel 2010 o un euro

Figura 4.102 Fonte Tokyo Shangai Maglev Train Map

nel 2020. Per ragioni di comparabilità, verranno convertite le cifre in euro del 2020.

Il costo di capitale per la costruzione di 1 km di linea/tubo probabilmente dipendere in gran parte dalle condizioni locali. Costruire in una zona vuota su terreno piatto e sabbioso sarà più economico che costruire in un'area altamente urbanizzata, in brughiera o in montagna.
L'attraversamento di ampi fiumi o la necessità di costruire gallerie aumenteranno i costi. Musk [4] ha stimato i costi di tubi su tralicci e tubi in galleria, che ammontano a 10,3 milioni di euro/km e 34,0 milioni di euro/km, rispettivamente, per la variante passeggeri + merci (convertito in € nel 2015).

Il collegamento Maglev ad alta velocità tra Shanghai aeroporto di Pudong e la periferia della città sotto forma di un doppio binario della lunghezza di 30 km e due stazioni (inizio e fine). I costi pubblicati sono 1,2 miliardi di dollari e 1,33 miliardi di dollari [22, 23] (2002$US). Una possibile spiegazione della differenza è l'esclusione/inclusione delle due stazioni. Entrambi gli importi includevano il costo di acquisto dei veicoli. Escludendo i costi delle stazioni e dei veicoli, i costi di investimento sarebbero stati di circa 41 milioni di euro per km di binario (€2015). Le stime dei costi per un'estensione della linea fino all'aeroporto di Shanghai Hongqiao erano appena la metà: circa 20 milioni di €/km [24]. Una ragione riferita per i costi più bassi è stato l'uso di un design modulare tutto in calcestruzzo che avrebbe ridotto il costo del 30%.

Una seconda possibile ragione per il minor costo è stato un terreno più solido. La pista attuale è stata costruita in una zona con attività sismica e terreno alluvionale debole. Questo ha richiesto la costruzione su pali, il che ha aumentato i costi. Un'altra stima dei costi di 34 milioni di AU$/km (2008) o 26 milioni di €/km (2015) si riferisce alla linea Maglev proposta nell'area di Melbourne [25]. Questa stima è un po più alta di quella per l'estensione di Shanghai. Considerando che le stime dei costi sono generalmente troppo basse e quindi la stima di Melbourne potrebbe essere più realistica di quella di Shanghai, si presume che i costi del binario a levitazione magnetica siano dell'ordine di 25 milioni di €/km in condizioni favorevoli. I costi di 1 km della linea/tubo HL saranno probabilmente un po' più alto del costo di Maglev perché quest'ultimo sistema non ha i costi per la costruzione del tubo e i costi per le pompe a vuoto.
D'altra parte, l'HL non ha bisogno della guida in cemento a differenza del Maglev. Di conseguenza, si assume che i costi di costruzione dei due sistemi siano simili e quindi adottati per essere 25 milioni di €/km per il sistema HL costruito su suolo solido. Questo appare più del

Figura 4.103 Fonte Melbourne Maglev, Rappresentazione del funzionamento sistema MAGLEV di Melbourne

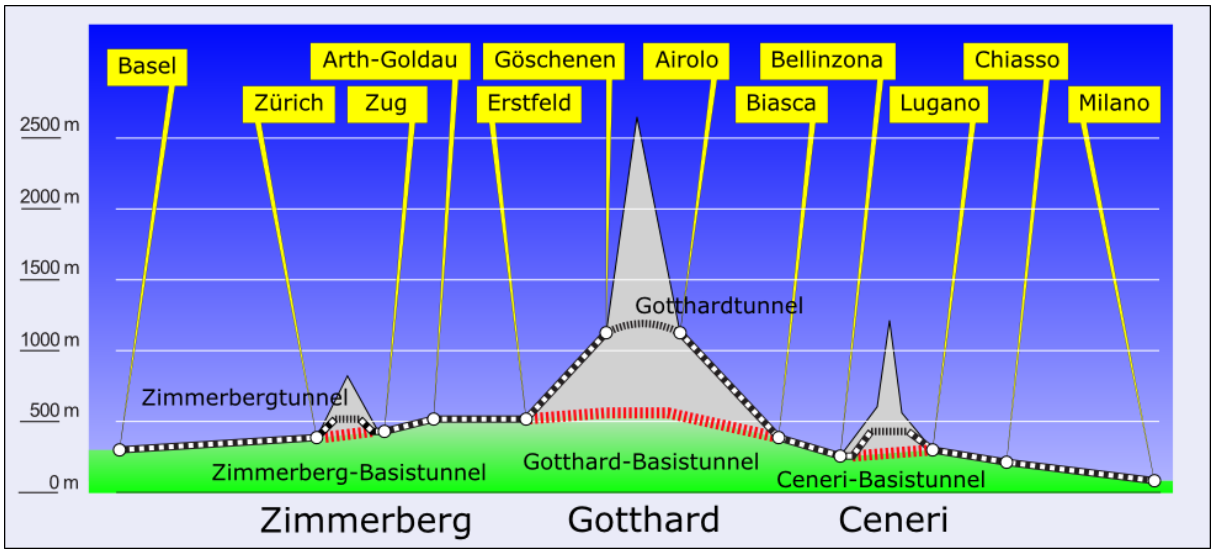


Figura 4.104 Fonte Tunnel del san Gottardo, in rosso il profilo altimetrico della nuova galleria del Gottardo, mentre in nero il vecchio passaggio.

doppio dei costi che sono stati stimati da Musk [4] . Supponendo che il costo effettivo di 40 milioni di €/km per l'attuale binario Maglev costruito su suolo debole avrebbe potuto essere ridotto a circa 35 milioni di €/km usando un design modulare, quest'ultima cifra è adottata per il sistema HL anche per il sistema HL. I costi stimati per la costruzione di gallerie al sistema HL di 34,0 milioni di €/km [4] possono essere confrontati solo con i costi corrispondenti delle gallerie ferroviarie o stradali – il tunnel di base del Gottardo composto da due gallerie a binario unico: 200 milioni €/km [26]; la linea ferroviaria Chuo Shinkansen in Giappone tra Tokyo e Nagoya dove il 60% della linea passa in galleria: 160 milioni €/km [27]; il tunnel della Manica tra Francia e Gran Bretagna della lunghezza di 50,5 km: 4,65 miliardi di £/km (1990) o 190 milioni di €/km (2015) [28]. Queste cifre indicano che i costi del tunnel per una linea ferroviaria a doppio binario sono dell'ordine di 200 milioni €/km. Questo è probabilmente molto più alto dei costi corrispondenti al sistema HL. Una delle principali ragioni è un diametro molto più piccolo del tubo HL – per esempio, i due tunnel a binario unico del

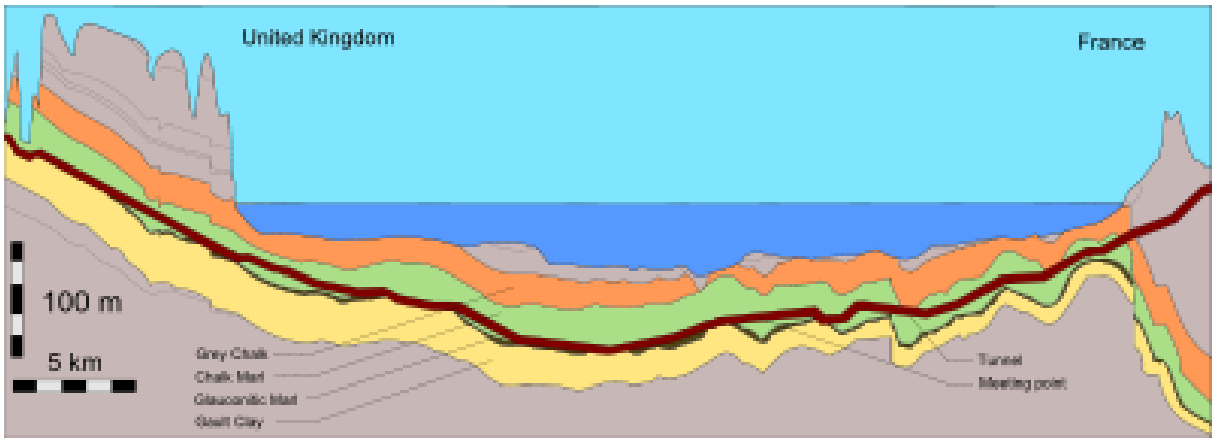


Figura 4.105 Fonte Tunnel della manica, Sezione tra Gran Bretagna e Francia.

Gottardo hanno diametri di circa 9 m contro una canna HL di 3,3 m. I costi di costruzione dei tunnel costi di costruzione dei tunnel per due tubi HL potrebbero anche essere un po' più bassi dei costi per un tunnel ferroviario a binario unico. Se si presume che i costi siano stati sottostimati di circa un fattore 2, proprio come la sottostima sostenuta per il tubo su piloni, i costi reali per due tubi paralleli sarebbero dell'ordine di 70 milioni di €/km.

La stima del costo di costruzione infrastruttura Hyperloop
Fondazioni e pilastri in Calcestruzzo armato

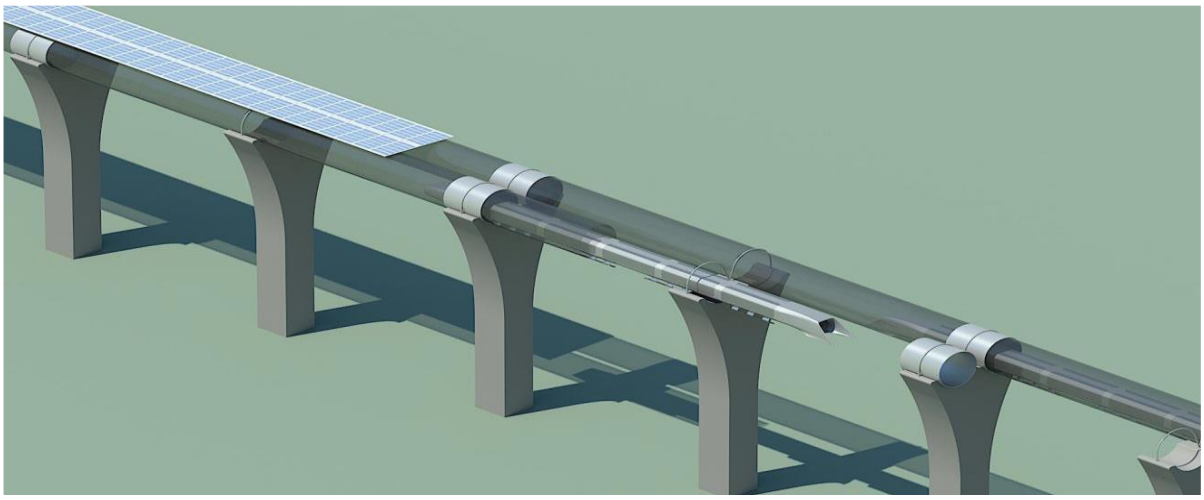


Figura 4.106 Fonte Hyperloop Virgin, disposizione Piloni infrastruttura Hyperloop

Il primo costo stimato è quello dei piloni in calcestruzzo che supporteranno l'infrastruttura. Dovrebbero essere abbastanza forti da sopportare il peso del tubo e il passaggio delle capsule. Nel terreno devono essere costruite fondazioni adeguate. Sono state fatte le seguenti ipotesi sui costi: il costo della fondazione è di 750 € per pilone (20 m x 0,2 m); Il calcestruzzo costa 250 €/m3, con 24 m3 e se considerato per pilone il costo è di 6000 €; L'altezza è di 5 m; L'area dell'impianto è di 4 m2; L'intervallo tra i piloni è di 30 m. Il tubo Hyperloop sarebbe sostenuto da pilastri entro la media spaziatura di circa ogni 30 m, poiché il pilastro sarebbe alto 5 m. In tal caso, la breve distanza tra i pilastri manterrebbe la capsula più stabile e il viaggio più piacevole riducendo la deflessione del tubo]. I pilastri sarebbero anche regolabili collegandosi al tubo verticalmente e lateralmente come mostrato in Fig.35 per assicurare il corretto allineamento nonostante il possibile assestamento del terreno. Inoltre, ci sarebbero smorzatori incorporati tra i tubi e i pilastri per isolare i movimenti nel terreno causati dal tubo.

Costo di costruzione infrastruttura Hyperloop			
1- Fondazioni/Piloni			
Caratteristiche	h	b_1	b_2
Unità di misura	[m]	[m]	[m]
Piloni in C.L.S.	5	2.4	2
Fondazioni Piloni in C.L.S	0.5	20	0.2

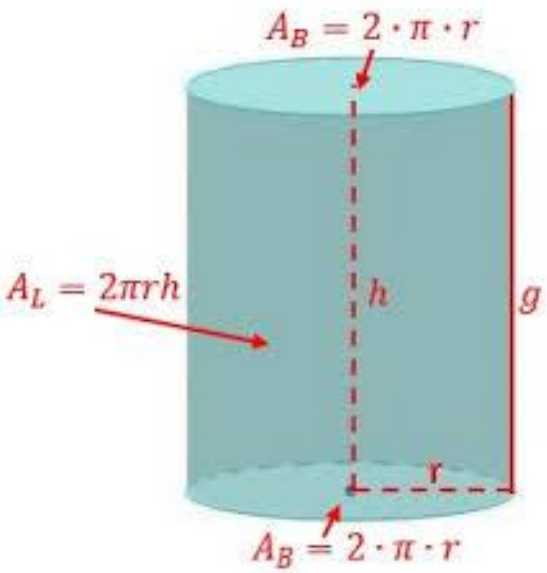
Costo di costruzione infrastruttura Hyperloop					
1.1- Fondazioni/Piloni					
Caratteristiche	Quantità	Peso C.L.S armato	Costo materiale	Costo unitario	Costo a km
Unità di misura	[m3]	[kg/m3]	[€ /m3]	[€]	[€ *km]
Piloni in C.L.S.	24	2400	250	6000	200000
Fondazioni Piloni in C.L.S	3	2400	250	750	25000

Tubi Hyperloop

Figura 4.107 Tubi, Fonte Hyperloop Italia

In secondo luogo, ad oggi, il materiale presunto per il tubo sarebbe l'acciaio, per cui sono state fatte le seguenti ipotesi per calcolare la quantità di acciaio necessaria e i relativi costi: diametro esterno di 3,3 m; Spessore 25 mm; Densità 7.860 kg/m3; Prezzo 2.5 €/kg (Prezzo ricavato dai contratti stipulati ad ottobre 2021 da Hyperloop, dal prof Favari). Di conseguenza, richiedendo 61t di acciaio il costo sarà di 152.710 € per tubo, data la necessità di costruire due tubi, uno in ogni direzione, il risultato è di 10.180.665.00 € per km per il trasporto passeggeri, e di 12.340.200.00 € per km per il trasporto cargo + passeggeri.

La produzione di una tale quantità di acciaio avrebbe gravi conseguenze ambientali e si dovrebbe tener conto anche delle difficoltà connesse al trasporto verso il cantiere. Per i motivi sopra esposti, si può dedurre che sarebbe utile trovare un materiale alternativo all'acciaio per tubi, considerando sempre le prestazioni meccaniche che il tubo deve avere, dato anche alla pressione presente in esso oltre a tutte le altre sollecitazioni interne ed esterne a cui sarebbe sottoposto. In un'intervista rilasciata da Fincantieri, uno stakeholder ha affermato per l'azienda Hyperloop Italia, che un'alternativa all'acciaio ci sarebbe, tutt'ora in fase di indagine, sarebbe un materiale composito innovativo che ridurrebbe il costo del tubo del 33% (stima approssimativa). Questa opzione, che probabilmente sarebbe, per i motivi di cui sopra, una scelta forzata dovuta alla disponibilità di acciaio; il che avrebbe anche un impatto positivo rilevante sull'indicatore economico del progetto.



Costo di costruzione infrastruttura Hyperloop					
2 - Tubi					
Caratteristiche	Ø	b_1	Spessore	Area Laterale	Area Laterale
Unità di misura	[mm]	[mm]	[mm]	[mm^2]	[m^2]
Tubo solo passeggeri	3300	30000	25	310860000	310.86
Tubo cargo e passeggeri	4000	30000	25	376800000	376.8

Costo di costruzione infrastruttura Hyperloop						
2.1 - Tubi						
Caratteristiche	Quantità	Densità acciaio	Tubo acciaio [kg] da 30	Costo materiale	Costo unitario	Costo a km*2 tubi
Unità di misura	[m3]	[kg/m3]	[m]	[€ /kg]	[€ /m]	[€ *km]
Tubo solo passeggeri	7.77	7,860.00	61,083.99	2.50	5,090.33	10,180,665.00
Tubo commerciale e passeggeri	9.42	7,860.00	74,041.20	2.50	6,170.10	12,340,200.00

Figura 4.108 Tubi, Fonte Hyperloop Italia

Indutrack

Non sono disponibili informazioni sul costo di Indutrack. Il costo è stato stimato dall'Università di Delft [46] a 918.000 €/km in base al costo dell'alluminio necessario per la sua costruzione, mentre per quanto riguarda il sistema necessario per generare il movimento della capsula si possono stimare alcuni costi. Un motore sincrono lineare (LSM) viene utilizzato sia per la propulsione che per la frenata. Si è ipotizzato di installare il motore per l'intera lunghezza del tubo. La guida magnetica costa 3.603.961 €/km, i sistemi di comunicazione 870.106 €/km, il sistema di alimentazione 1.044.126 €/km e gli inverter 932.256 €/km. Il risultato è di 6.450.450 €/km per direzione, nel caso di due tubi il risultato è di 12.900.900 €/km.

Costo di costruzione infrastruttura Hyperloop				
3 - Tubi , Indutrack e sistema di alimentazione della capsula				
Caratteristiche	Quantità	Densità materiale	Costo materiale	Costo a km
Unità di misura	[m3]	[kg/m3]	[€ /kg]	[€ *km]
Indutrack		2,800.00		918,000.00
Guida magnetica				3,603,961.00
Sistemi di comunicazione				870,106.00
Sistema di alimentazione				1,044,126.00
Inverter				932,256.00
Pompe per la depressurizzazione	2.29		10000	45800
Totale 1 Tubo				7,414,249.00
Totale 2 Tubi				14,828,498.00

Illuminazione, sicurezza, installazione

Costo di costruzione infrastruttura Hyperloop			
4 - Tubi (interno), illuminazione, sicurezza, installazione			
Caratteristiche Unità di misura	Quantità [m3]	Costo unitario [€]	Costo a km [€ *km]
Illuminazione			10,000.00
Sistemi di sicurezza,uscite di emergenza,ventilazione			100,000.00
Unità di depressurizzazione			1,000,000.00
Saldatura tubi		10%	1,482,849.80

Dopo aver analizzato in dettaglio le voci di costo degli elementi principali del sistema, è necessario stimare gli altri articoli che possono avere un impatto importante sul costo finale del lavoro; in primo luogo, è stato definito quali altri sistemi potrebbero essere necessari e, a seguito di diverse ricerche e confronti, il sistema è stato considerato coerente con le voci di costo proposte dall'Università di Delft, che hanno trovato consenso anche nella letteratura. È stato stimato un costo dell'illuminazione di 10.000 €/km; il costo per i sistemi di sicurezza, come uscite di emergenza, ventilazione e kit di pronto soccorso, è stato valutato a 100.000 €/km; l'unità di depressurizzazione ammonta totalmente a 1.000.000 €/km; infine, la saldatura è stata stimata in circa l'1% del costo totale del tubo. Il costo totale di queste voci per un tubo bidirezionale è stimato in 1.482.849.80 €/km.

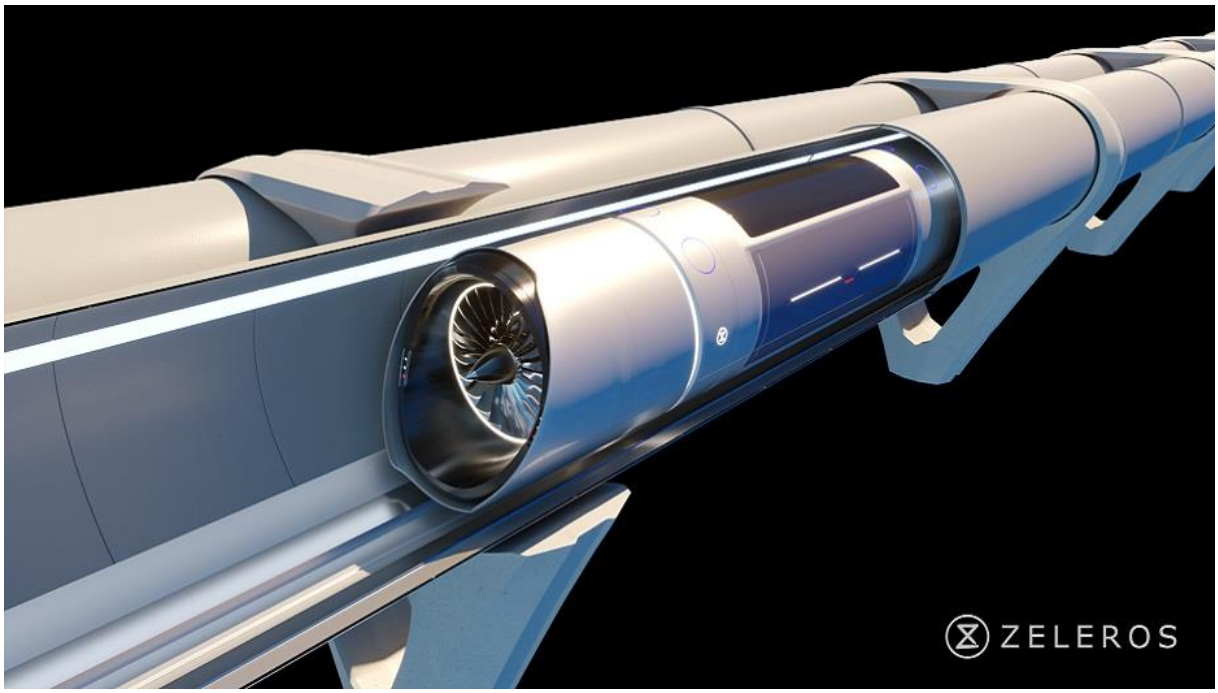


Figura 4.109 Tubi, Fonte Hyperloop Italia

Switch dei tubi per interscambi o stazioni

Per creare una rete completa, sono necessari switch da una traccia all'altra. Il sottoscritto ha fatto la seguente ipotesi: gli interruttori richiedono un tubo di larghezza uguale a quello di due tubi uni-way; la quantità totale di acciaio e alluminio viene raddoppiata in presenza di interruttori, poiché ci sono circa due tubi paralleli; l'interruttore avviene in dieci secondi, in modo da non disturbare il traffico; lo spessore dell'acciaio viene raddoppiato perché la larghezza del tubo è aumentata. Considerando tale ipotesi, ci vogliono 10 secondi per passare da una pista all'altra, assumendo una velocità di 300 m/s, l'impronta sarà di 3 km. La quantità totale di acciaio richiesta con uno spessore di 50 mm è di 422,1 m3. Il costo dell'acciaio per km di interscambi è di 6.633.840 €/km, a cui, tuttavia, data la complessità dei lavori, va aggiunto il costo del lavoro di 3.316.920 €/km, che porta il costo totale degli interruttori per km a 9.950.760 €/km.

Costo di costruzione infrastruttura Hyperloop						
5 - Tubi ,switch direzione						
Caratteristiche Unità di misura	Quantità [m3]	Densità material e [kg/m3]	Tubo acciaio [kg]	Costo materiale [€ /kg]	Costo unitario [€]	Costo a km [€ *km]
Tubo solo passeggeri	140.67	7,860.00	1,105,640.00	2.50	2,764,100.00	8,292,300.00
Tubo commerciale e passeggeri	160.00	7,861.00	1,257,760.00	2.50	3,144,400.00	9,433,200.00
Costo del lavoro					50%	4,146,150.00
Totale 2 Tubi con lavoro						13,579,350.00

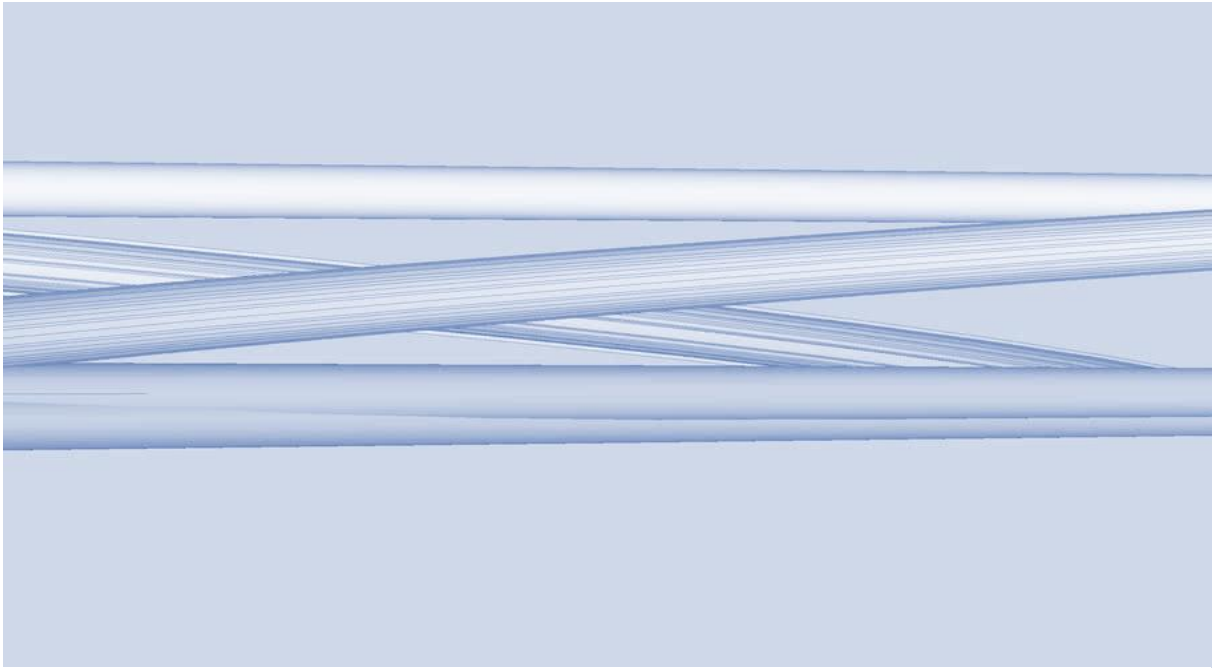


Figura 4.110 Switch Tubi, Fonte Hyperloop Italia

Gallerie

In preminenza dei centri abitati, sarà necessario prevedere gli scavi di gallerie sotterranee perché sarà molto complesso da un punto di vista legale e ambientale rimanere su pali. Allo scopo di stimare i costi della galleria, sono state fatte le seguenti ipotesi per la parte del percorso nella galleria: entrambi i tubi saranno inseriti nella stessa galleria; il tunnel è realizzato in cemento armato; il diametro è di 8,5 m. Secondo la British Tunnel Society [48], analizzando 21 tunnel nell'Unione europea, il costo di un tunnel con un diametro simile varia tra 18-39 milioni di sterline/km. Il costo per chilometro aumenta principalmente con il diametro, mentre diminuisce con l'aumentare della lunghezza totale del tunnel. Il costo minimo per un tunnel di 8,5 m di diametro è di 25,43 milioni di sterline/km, comprese tutte le attrezzature di sicurezza.

Costo di costruzione infrastruttura Hyperloop		
6 - Gallerie in CLS		
Caratteristiche	Diametro	Costo a km
Unità di misura	[m]	[€ *km]
Galleria e scavo, attrezzature di sicurezza e lavoro	8.50	30,000,000.00

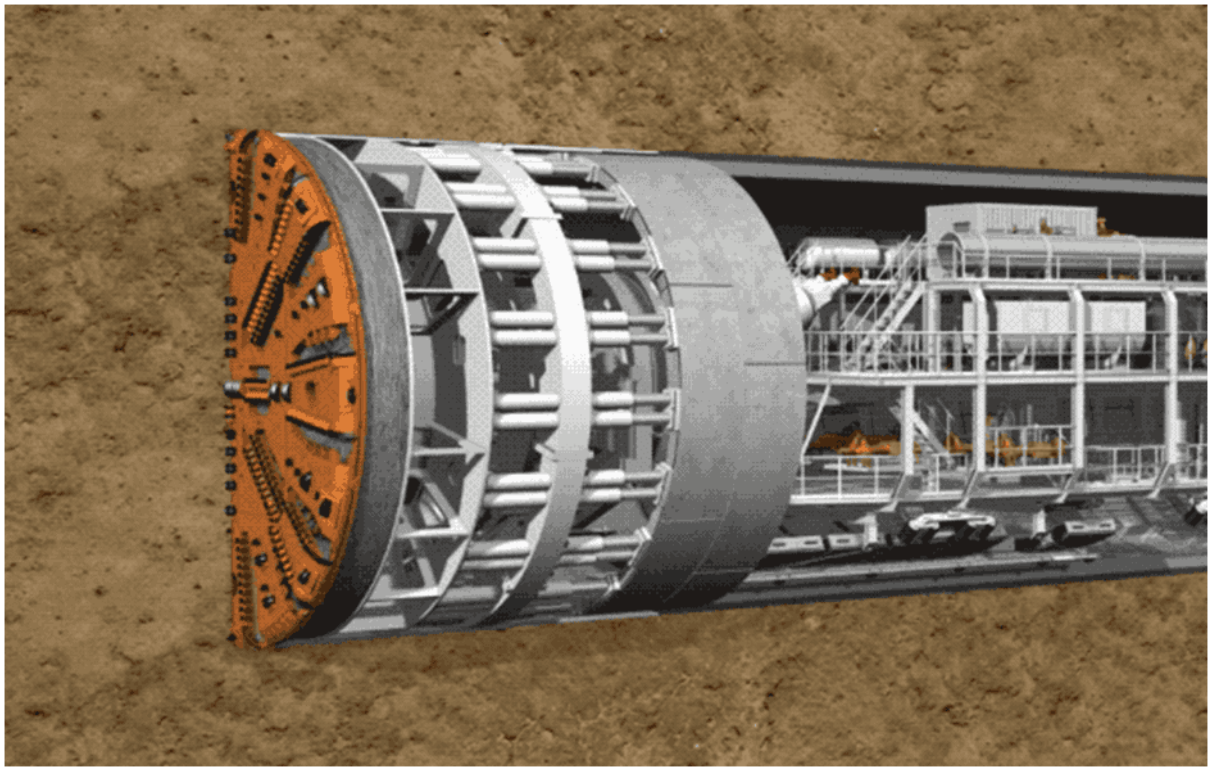


Figura 4.111 Scavatrice sotterranea denominata Talpa, Fonte Hyperloop Italia

Costi di esproprio dei terreni

I costi per la progettazione e l'espropriazione dei terreni in un progetto infrastrutturale sono una delle voci di costo più elevate. Nel settore delle ferrovie ad alta velocità si tratta di un costo totale del progetto compreso tra il 5% e il 10%. Questi costi includono studi di fattibilità (tecnici ed economici), disegno tecnico, espropriazione e altri costi aggiuntivi come costi legali e amministrativi, licenze e permessi. Per 45 progetti ferroviari ad alta velocità analizzati da Campos & De Rus [49], il costo totale dell'investimento è stato, in media, di 17,5 milioni di euro/km, che vanno da 6 milioni di euro/km a 45 milioni di euro/km. Per queste infrastrutture il costo di progettazione ed espropriazione varia tra 2,15 milioni di euro/km e 5,53 milioni di euro/km. Poiché l'iperlopo passerà anche attraverso aree densamente popolate, il costo massimo è considerato di 5,53 milioni di euro/km.

Costo di costruzione infrastruttura Hyperloop	
7 - Espropiazione e spese tecniche	
Caratteristiche	Costo a km
Unità di misura	[€ *km]
Espropriazione,progettazione dei terreni, spese legali amministrative licenze e permessi	4,000,000.00

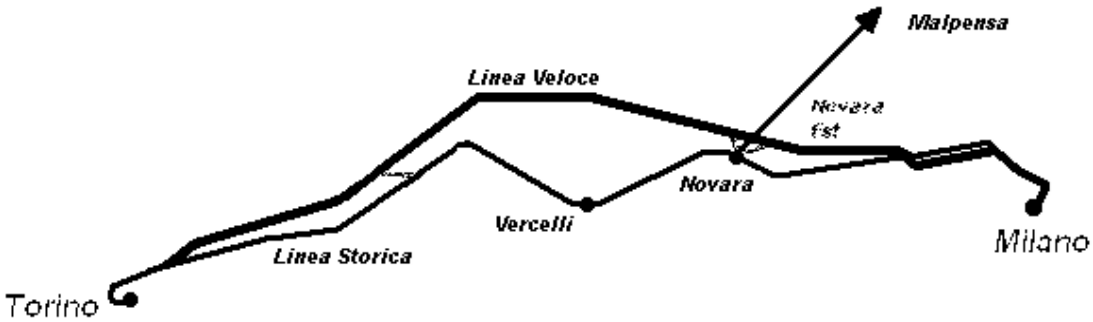


Figura 4.112 Tracciato linea per espropriazione terreni

Costi per la costruzione della capsula

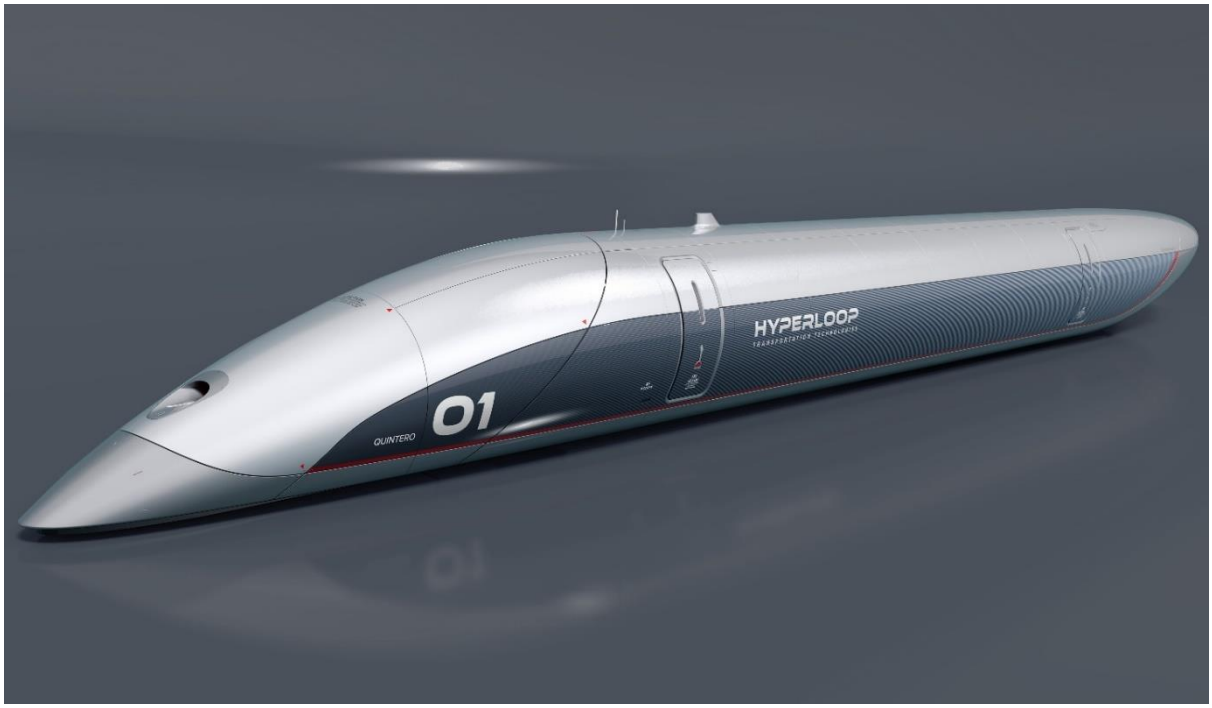


Figura 4.113 Hyperloop 01 Quintero di Hyperloop Italia

Per il costo di stima di una capsula hyperloop, a livello tecnologico questo può essere equiparato a un treno Maglev. Un treno a levitazione magnetica con una capacità di 90 posti costa tra i 12,5 e i 15 milioni di euro [46]. Poiché la struttura della capsula hyperloop richiederebbe una maggiore resistenza a causa della pressione nei tubi, il valore più alto è considerato di 15 milioni di euro per capsula. Il costo della capsula per passeggero è di 166.667 €, che porta il costo di una capsula per 40 persone a 6.666.667 €.

Costo di costruzione infrastruttura Hyperloop					
8 - Capsula					
Caratteristiche	Diametro	N°persone	Costo Maglev 90	Costo unitario	Costo a capsula
Unità di misura	[m]	[N°]	[€ /N°]	[€]	[€ *km]
Capsula	2.70	40.00	15,000,000.00	166,666.67	6,666,666.67

Costi per le stazioni

La costruzione della stazione Hyperloop sarebbe diversa nel design dalle normali stazioni ferroviarie a causa del vuoto e dei requisiti della struttura relativi alla sala di pressione. Il flusso di passeggeri sarebbe distribuito uniformemente, il che porterebbe a una minore circolazione orizzontale e verticale da e verso la piattaforma, come mostrato in figura qui sotto.

Figura 4.114 Stazione Hyperloop a rotazione.

I costi di costruzione di una stazione/terminal sono stati stimati essere di circa 125 milioni di dollari USA (116 milioni di euro). Il costo per le due stazioni dell'attuale linea Maglev vicino a Shanghai potrebbero essere 130 milioni di US$ per due stazioni (cioè 77 milioni di €/stazione), che è significativamente inferiore a dell'importo di cui sopra [43]. Tuttavia, le stazioni del sistema HL stazioni sono più complesse di quelle del sistema Maglev perché dovrebbero dare accesso ai veicoli nei tubi evacuati come menzionato sopra, oltre ad essere sotterranee, in 2 centri cittadini come Milano e Torino che sono molto pieni di infrastrutture interrate. Pertanto, si presume che il costo per stazione del sistema HL di 350 milioni di euro sia una stima abbastanza buona. Stazioni nei nodi della rete, dove diverse linee si interconnettono, saranno probabilmente più costose.

Costo di costruzione infrastruttura Hyperloop				
9 - Stazione				
Caratteristiche	Gate	Centro città	Costo unitario	Costo Stazioni
Unità di misura	[N°]	[m2]	[€]	[€]
Stazione	8.00	4,000.00	350,000,000.00	700,000,000.00

La stima dei costi di investimento

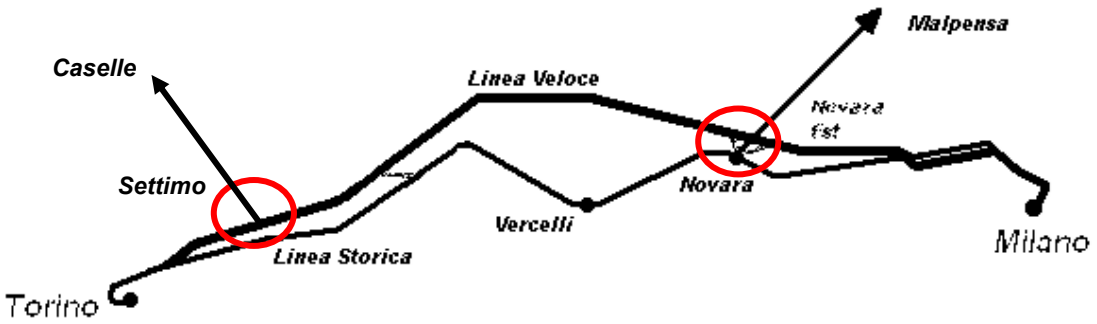
A seguito delle considerazioni fatte in merito ai principali costi di costruzione che dovranno essere sostenuti per la costruzione di Hyperloop, è stato quindi calcolato l'importo per il tratto Milano-Roma. La tratta Milano-Roma presenta le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche del percorso Hyperloop Torino-Milano e bretella Aeroporti	Unità di misura	Valori
Lunghezza traccia	[km]	165
Lunghezza tunnel interrati	[km]	26
Lunghezza switch	[km]	3
Numero di capsule	[N°]	27
Numero di stazioni	[N°]	7

Nella prima individuazione dei costi di investimento, troviamo i terreni da espropriare sulla quale occorre fare alcune precisazioni.

- 119 km di tratta parallela all'autostrada saranno corridoi relitto, dunque corridoi già destinati a possibili up grade infrastrutturali, che sarebbero da comprare ai consorzi proprietari.
- 20 km le tratte da espropriare per la progettazione dei tratti che collegano le stazioni provinciali(Settimo e Novara) con gli aeroporti di Caselle e Malpensa.
- 26 km di tratta in galleria che richiederà maggior quantità di tempo sia per l'espropriazione e i diritti di passaggio, che a livello tecnico istituzionale procedere all'esecuzione dei lavori.

Costo del terreno	[mq]	[km]	[€ /km]	[€]
Espropriazione dei terreni,spese legali, spese tecniche	2.400.000,00	165	4.000.000,00	660.000.000,00



La stima dei costi di costruzione

La seconda voce dei costi di investimento sono i costi di costruzione che vanno a formare i valori complessivi di tutte le opere necessarie per il funzionamento delle diverse tratte. A tal proposito ritengo fondamentale precisare che i valori ottenuti sono stati il frutto di moltissime ore di ricerca da fonti scientifiche comprovate a livello internazionale, seguendo anche i valori forniti dal laboratorio di ricerca e sviluppo dell'azienda Hyperloop Italia e Hyperloop Transportation Technology. Riferimento si è anche fatto sulla normativa europea su Hyperloop approvata ad ottobre dalla commissione europea.

Caratteristiche	Costo a km	Operai	Macchinari installazione
	€/[km]	€/[km]	€
Fondazioni in C.L.S	25.000,00	6.250,00	10.000,00
Piloni in C.L.S.	200.000,00	50.000,00	80.000,00
Tubo commerciale e passeggeri	12.340.200,00	3.085.050,00	4.936.080,00
Gallerie	30.000.000,00		
illuminazione, sicurezza, installazione	2.592.849,80	1.037.139,92	777.854,94
Indutrack e sistema di alimentazione	14.828.498,00	5.931.399,20	2.224.274,70
Switch di 2 Tubi	24.680.400,00	4.936.080,00	12.340.200,00
Stazioni	1 stazione 100.000.000	25.000.000,00	50.000.000,00
Capsule	a capsula 6.666.666,67	333.333,33	666.666,67
Impianto pannelli fotovoltaici solari	Impianto a km 1.440.000,00	72.000,00	144.000,00
Piantumazione arborea	16.666,67	3.333,33	8.333,33
Total	31.443.214	10.518.506	8.847.210

Considerando i parametri di costo sopra descritti, i costi di costruzione Hyperloop per la rotta Torino – Milano risultano i seguenti:

- 50 Milioni di Euro a km, escludendo le capsule, le stazioni e le gallerie dal conteggio. Seppur sembra un valore molto elevato è la metà del costo a km per il MAGLEV giapponese a 120 Milioni di euro a km.
- I valori che sono stati presi in considerazione sono valori emersi da cantieri infrastrutturali in europa e in italia, sono attualizzati al costo del materiali di questo periodo, dunque possibile che tra qualche settimana o mese siano da riaggiornare completamente i valori suddetti.
- Non è stato considerato un valore di imprevisto esterno legato alla costruzione poiché lo si è considerato antecedentemente nei diversi calcoli parziali.
- Nei calcoli di costo di costruzione sono state inserite la piantumazione arborea poiché la si ritiene parte integrante dell'infrastruttura
- Sono stati ipotizzati dei costi complessivi riguardante il lavoro effettuato principalmente dagli operai e dai macchinari utilizzati, seppur non prenda in considerazione molti altri costi, abbiamo ritenuto che potesse bastare a computo scorporare queste 2 voci per poter effettuare delle analisi sul numero di operai che richiederebbero i vari studi e sul giro d'affari che protebbe creare un simile intervento sul territorio italiano

La stima dei costi di costruzione per fasi costruttive

ANALISI COSTI-BENEFICI

Parametric Value

			[€/km]			
			4.000.000,00			
COSTI DI INVESTIMENTO		Quantità	Costo a km x 20 metri		Costo totale istantaneo	%
1- COSTI TERRENO		[N°] o [km]	€/[km]		[€]	
Espropriazione dei terreni,spese legali, spese tecniche		165	4.000.000,00		660.000.000,00	4,14%
Act expenses		0	5%		33.000.000,00	0,21%
Demolition		0			0,00	0,00%
Sponsorship expenses		0	2%	SU COSTO DI COSTRUZIONE	236.197.539,05	1,48%
TOTAL					2.315.605.518,25	14,54%

		Step	Quantità	Costo a km x 2 tubi	Operai	Macchinari installazione	Costo totale istantaneo	%
- COSTI DI COSTRUZIONE	[N°]	[km]	[N°] o [km]	€/[km]	€/[km]	€	[€]	
Fondazioni in C.L.S	0	10	165	25.000	6.250	10.000,00	6.806.250,00	0,04%
Piloni in C.L.S.	1	30	165	200.000	50.000,00	80.000,00	54.450.000,00	0,34%
Tubo commerciale e passegger	2	20	165	12.340.200	3.085.050	4.936.080,00	3.359.619.450,00	21,09%
Gallerie	3	70	26	30.000.000			780.000.000,00	4,90%
Illuminazione, sicurezza, instal	4	22	165	2.592.850	1.037.139,92	777.854,94	727.294.368,90	4,57%
Indutrack e sistema di alimenta	5	13	165	14.828.498	5.931.399	2.224.274,70	3.792.388.363,50	23,81%
Switch di 2 Tubi			3	24.680.400	4.936.080,00	12.340.200,00	125.870.040,00	0,79%
Stazioni			5	100.000.000	25.000.000	50.000.000,00	875.000.000,00	5,49%
Capsule			27	6.666.667	333.333,33	666.666,67	207.000.000,00	1,30%
Impianto pannelli fotovoltaici solari			165	1.440.000	72.000	144.000	273.240.000,00	1,72%
Piantumazione arborea			11000	16.667	3.333	8.333	4.675.000,00	0,03%
TOTALE COSTI DI COSTRUZIONE				84.666.948	15.045.919	20.368.410	11.809.876.957	74,1[illegible]

Figura 4.115 Tabella dei costi di costruzione per fasi costruttive

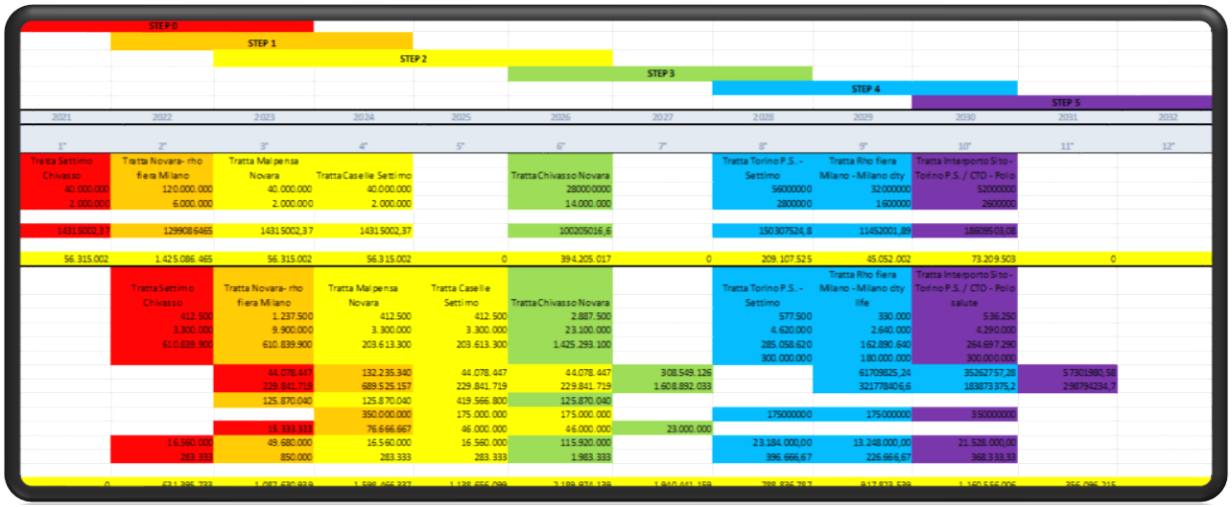


Figura 4.116 Tabella dei costi di costruzione per step costruttive

STEP 0

STEP 0											
	STEP 1										
		STEP 2									
					STEP 3						
							STEP 4				
									STEP 5		
2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°

Analizzando i costi di investimento riguardanti lo STEP 0 notiamo quanto giochi un ruolo predominante il costo infrastrutturale rispetto al sistema di funzionamento.

COSTI DI INVESTIMENTO			STEP 0		
			1	2	3
1- COSTI TERRENO			Tratta Settimo Chivasso		
Espropriazione dei terreni,spese legali, spese tecniche			40.000.000		
Act expenses			2.000.000		
Demolition					
Sponsorship expenses			14315002,37		
TOTALE COSTI TERRENO			56.315.002		
2- COSTI DI COSTRUZIONE	[N°]	Step [km]	Tratta Settimo Chivasso		
Fondazioni in C.L.S	0	10		412.500	
Piloni in C.L.S.	1	30		3.300.000	
Tubo commerciale e passeggeri	2	20		610.839.900	
Gallerie	3	70			
illuminazione, sicurezza, installazione	4	22			44.078.447
Indutrack e sistema di alimentazione	5	13			229.841.719
Switch di 2 Tubi					
Stazioni					
Capsule					15.333.333
Impianto pannelli fotovoltaici solari				16.560.000	
Piantumazione arborea				283.333	
TOTALE COSTI DI COSTRUZIONE				631.395.733	1.087.630.939
TOTALE COSTI DI COSTRUZIONE STEP 0			1.775.341.675		

STEP 1

STEP 0											
	STEP 1										
		STEP 2									
					STEP 3						
								STEP 4			
									STEP 5		
2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°

COSTI DI INVESTIMENTO			STEP 1		
			2	3	4
1- COSTI TERRENO					
Espropriazione dei terreni,spese legali, spese tecniche			Tratta Novara- rho fiera Milano		
Act expenses			120.000.000		
Demolition			6.000.000		
Sponsorship expenses					
			1299086465		
TOTALE COSTI TERRENO			1.425.086.465		
2- COSTI DI COSTRUZIONE	[N°]	Step [km]	Tratta Novara- rho fiera Milano		
Fondazioni in C.L.S	0	10		1.237.500	
Piloni in C.L.S.	1	30		9.900.000	
Tubo commerciale e passeggeri	2	20		610.839.900	
Gallerie	3	70			
illuminazione, sicurezza, installazione	4	22			132.235.340
Indutrack e sistema di alimentazione	5	13			689.525.157
Switch di 2 Tubi				125.870.040	
Stazioni					350.000.000
Capsule					76.666.667
Impianto pannelli fotovoltaici solari				49.680.000	
Piantumazione arborea				850.000	
TOTALE COSTI DI COSTRUZIONE				798.377.440	1.248.427.163
TOTALE COSTI DI COSTRUZIONE STEP 1			3.471.891.068		

STEP 2

STEP 0											
	STEP 1										
		STEP 2									
					STEP 3						
							STEP 4				
									STEP 5		
2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°

COSTI DI INVESTIMENTO	STEP 2			
	3	4	5	6
	Tratta Malpensa Novara	Tratta Caselle Settimo		
1- COSTI TERRENO				
Espropriazione dei terreni,spese legali, spese tecniche	40.000.000	40.000.000		
Act expenses	2.000.000	2.000.000		
Demolition				
Sponsorship expenses	14315002,37	14315002,37		
TOTALE COSTI TERRENO	56.315.002	56.315.002		

2- COSTI DI COSTRUZIONE	Step [N°]	Step [km]		Tratta Malpensa Novara	Tratta Caselle Settimo	
Fondazioni in C.L.S	0	10		412.500	412.500	
Piloni in C.L.S.	1	30		3.300.000	3.300.000	
Tubo commerciale e passeggeri	2	20		203.613.300	203.613.300	
Gallerie	3	70				
illuminazione, sicurezza, installazione	4	22			44.078.447	44.078.447
Indutrack e sistema di alimentazione	5	13			229.841.719	229.841.719
Switch di 2 Tubi				125.870.040	419.566.800	
Stazioni					175.000.000	175.000.000
Capsule					46.000.000	46.000.000
Impianto pannelli fotovoltaici solari				16.560.000	16.560.000	
Piantumazione arborea				283.333	283.333	
TOTALE COSTI DI COSTRUZIONE				350.039.173	1.138.656.099	494.920.166
TOT COSTI DI COSTRUZIONE STEP 2				2.096.245.443		

STEP 3

STEP 0											
	STEP 1										
		STEP 2									
					STEP 3						
							STEP 4				
									STEP 5		
2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°

COSTI DI INVESTIMENTO			STEP 3		
			6	7	8
			Tratta Chivasso Novara		
1- COSTI TERRENO					
Espropriazione dei terreni,spese legali, spese tecniche			280000000		
Act expenses			14.000.000		
Demolition					
Sponsorship expenses			100205016,6		
TOTALE COSTI TERRENO			394.205.017		
2- COSTI DI COSTRUZIONE	[N°]	Step [km]	Tratta Chivasso Novara		
Fondazioni in C.L.S	0	10		2.887.500	
Piloni in C.L.S.	1	30		23.100.000	
Tubo commerciale e passeggeri	2	20		1.425.293.100	
Gallerie	3	70			
illuminazione, sicurezza, installazione	4	22			308.549.126
Indutrack e sistema di alimentazione	5	13			1.608.892.033
Switch di 2 Tubi				125.870.040	
Stazioni					
Capsule					23.000.000
Impianto pannelli fotovoltaici solari				115.920.000	
Piantumazione arborea				1.983.333	
TOTALE COSTI DI COSTRUZIONE				1.695.053.973	1.940.441.159
TOTALE COSTI DI COSTRUZIONE STEP 1			4.029.700.149		

STEP 4

STEP 0											
	STEP 1										
		STEP 2									
					STEP 3						
							STEP 4				
									STEP 5		
2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°

COSTI DI INVESTIMENTO			STEP 4		
			8	9	10
1- COSTI TERRENO			Tratta Torino P.S. - Settimo	Tratta Rho fiera Milano - Milano city life	
Espropriazione dei terreni,spese legali, spese tecniche			56.000.000	32.000.000	
Act expenses			2.800.000	1.600.000	
Demolition					
Sponsorship expenses			150.307.525	11.452.002	
TOTALE COSTI TERRENO			209.107.525	45.052.002	
2- COSTI DI COSTRUZIONE	Step [N°]	Step [km]	Tratta Torino P.S. - Settimo	Tratta Rho fiera Milano - Milano city life	
Fondazioni in C.L.S	0	10	577.500	330.000	
Piloni in C.L.S.	1	30	4.620.000	2.640.000	
Tubo commerciale e passeggeri	2	20	285.058.620	162.890.640	
Gallerie	3	70	300.000.000	180.000.000	
illuminazione, sicurezza, installazione	4	22		61.709.825	35.262.757
Indutrack e sistema di alimentazione	5	13		321.778.407	183.873.375
Switch di 2 Tubi					
Stazioni			175.000.000	175.000.000	
Capsule					
Impianto pannelli fotovoltaici solari			23.184.000	13.248.000	
Piantumazione arborea			396.667	226.667	
TOTALE COSTI DI COSTRUZIONE			788.836.787	917.823.539	219.136.132
TOTALE COSTI DI COSTRUZIONE STEP 1			2.134.903.983		

STEP 5

STEP 0											
	STEP 1										
		STEP 2									
					STEP 3						
							STEP 4				
									STEP 5		
2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°

COSTI DI INVESTIMENTO			STEP 5		
			8	9	10
1- COSTI TERRENO			Tratta Interporto Sito - Torino P.S. / CTO - Polo salute		
Espropriazione dei terreni,spese legali, spese tecniche			52000000		
Act expenses			2600000		
Demolition					
Sponsorship expenses			18609503,08		
TOTALE COSTI TERRENO			73.209.503		
2- COSTI DI COSTRUZIONE	[N°]	Step [km]	Tratta Interporto Sito - Torino P.S. / CTO - Polo salute		
Fondazioni in C.L.S	0	10	536.250		
Piloni in C.L.S.	1	30	4.290.000		
Tubo commerciale e passeggeri	2	20	264.697.290		
Gallerie	3	70	300.000.000		
illuminazione, sicurezza, installazione	4	22		57301980,58	
Indutrack e sistema di alimentazione	5	13		298794234,7	
Switch di 2 Tubi					
Stazioni			350000000		
Capsule					
Impianto pannelli fotovoltaici solari			21.528.000,00		
Piantumazione arborea			368.333,33		
TOTALE COSTI DI COSTRUZIONE			941.419.873	356.096.215	
TOTALE COSTI DI COSTRUZIONE STEP 1			1.370.725.592		

La stima dei costi di manutenzione ordinaria

Nell'analisi dei costi di manutenzione ordinaria, possiamo notare come complessivamente nell'analisi di calcolo i valori più importanti riguardino le capsule. Tuttavia, a livello macroscopico, possiamo notare che nella somma complessiva dei costi, Conti per il 7% il costo di manutenzione ordinaria, rispetto al costo totale di costruzione dell'opera del 75% e dei terreni al 15%. I costi iniziano ad esserci dal 9° anno poiché nel periodo antecedente riteniamo che non verranno effettuate manutenzione visto che è nuova l'infrastruttura.

Le principali opere di manutenzione considerate sono prevalentemente tutte le cose soggette a manutenzione ordinaria e verifica continua nel tempo. Infatti rispetto alla manutenzione straordinaria, la manutenzione ordinaria si ritiene essere molto più impattante a livello di costi.

COSTI DI MANUTENZIONE ORDINARIA	Costo totale istantaneo [€]	Costo totale finale [€]	%	21	2022	20..	2029	20..	2050
				1°	2°	...	9°	...	30°
Manutenzione capsule	10.800.000 €	237.600.000	1,49%			...	10.800.000	...	10.800.000
Manutenzione Binari	7.000.000 €	154.000.000	0,97%			...	7.000.000	...	7.000.000
Manutenzione Pompa	3.000.000 €	66.000.000	0,41%			...	3.000.000	...	3.000.000
Manutenzione Tubi	2.000.000 €	44.000.000	0,28%			...	2.000.000	...	2.000.000
Manutenzione Stazioni	3.638.209 €	80.040.598	0,50%			...	3.638.209	...	3.638.209
Manutenzione Impianto fotovoltaico	20.880.000 €	459.360.000	2,88%			...	20.880.000	...	20.880.000
Manutenzione Piantumazione	1.378.333 €	39.971.667	0,25%		1.378.333	...	1.378.333	...	1.378.333
						...		...	
TOT COSTI DI MAN.ORD.	48.696.542 €	1.080.972.265	6,79%	0	1.378.333	...	48.696.542	...	48.696.542

Per i costi di manutenzione delle linee/tubi HL, stazioni e del materiale rotabile, si assume un rapporto fisso con i costi di capitale. La Banca Mondiale [30] afferma che la componente variabile del costo dell'infrastruttura ferroviaria può variare da pochi punti percentuali a circa il 30% a seconda l'intensità d'uso.

Si presume che il sistema HL sia pesantemente usato, portando a un costo di manutenzione relativamente alta, ma il rapporto con il costo del capitale sarà più piccolo rispetto alla ferrovia a causa della mancanza di contatto fisico tra i veicoli e l'infrastruttura. Di conseguenza, il rapporto del 10% è assunto sia per l'infrastruttura e i veicoli, fissando i costi annuali di manutenzione al 10% dei costi di capitale annuali.

La stima dei costi di manutenzione straordinaria

Nei costi di manutenzione straordinaria sono stati inseriti tutti i parametri indagati nella manutenzione straordinaria poiché abbiamo ritenuto, parlando con l'azienda di contare solamente quelli poiché sono quelli soggetti a variazioni importanti nei primi 50 anni di vita dell'infrastruttura.

Essendo il range di conteggio di 30 anni per le infrastrutture ci si è fermati alla sola considerazione di esse per tal motivo.

COSTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA	Costo totale istantaneo [€]	Costo totale finale [€]	%	2021	2042	2050
				...	22°	...
Manutenzione capsule	6.666.666,67	6.666.666,67	0,04%	...	6.666.666,67	...
Manutenzione Binari	7.000.000,00	7.000.000,00	0,04%	...	7.000.000,00	...
Manutenzione Pompa	5.000.000,00	5.000.000,00	0,03%	...	5.000.000,00	...
Manutenzione Tubi	8.500.000,00	8.500.000,00	0,05%	...	8.500.000,00	...
Manutenzione Stazioni	3.000.000,00	3.000.000,00	0,02%	...	3.000.000,00	...
Manutenzione Impianto fotovoltaico	7.200.000,00	7.200.000,00	0,05%	...	7.200.000,00	...
Manutenzione Piantumazione	2.756.666,67	2.756.666,67	0,02%	...	2.756.666,67	...
				...		...
TOT COSTI DI MAN.ORD.	37.366.666,67	40.123.333,33	0,23%	...	40.123.333	...

Per i costi di manutenzione straordinaria delle linee/tubi HL, stazioni e del materiale rotabile, si assume un rapporto fisso con i costi di capitale, circa 1 volta e mezza lungo la durata dell'investimento complessivo.

La Banca Mondiale afferma che la componente variabile del costo dell'infrastruttura ferroviaria può variare da pochi punti percentuali a circa il 30% a seconda l'intensità d'uso e a seconda della quantità di rischio presente nell'effettuare manutenzione.

Si presume che il sistema HL sia pesantemente usato, portando a un costo di manutenzione straordinaria relativamente bassa.

Questo, a partire dal fatto che il rapporto con il costo del capitale e con la media della probabilità che possano accadere eventi o calamità naturali che rechino problemi è più bassa rispetto alla ferrovia a causa della mancanza di contatto fisico tra i veicoli e l'infrastruttura.

Di conseguenza, il momento che è stato assunto sia per l'infrastruttura e i veicoli, a 10 anni dall'apertura dell'infrastruttura fissando i costi di manutenzione straordinaria al 10% dei costi di capitale annuali.

La stima dei costi di Gestione Operativa

A seguito del calcolo dei costi totali di costruzione, di manutenzione ordinaria e straordinaria è stata effettuata un'analisi dei costi di gestione operativa.

Al fine di prevedere i costi operativi per Hyperloop, si è fatto riferimento a quanto pubblicato da Hyperloop Transportation Technologies nello studio di fattibilità per la regione dei Grandi Laghi, ai dati ottenuti dall'azienda Hyperloop Italia e dalle analisi condotte seguendo le linee guida delle global cost analesys per interventi ferroviari pubblicato dall'unione europea.

Sono stati quindi analizzati i seguenti costi:

- personale di bordo, assicurazione,
- stazioni,
- servizi di bordo
- Assicurativi
- Costi gestione dell'intelligenza artificiale e comunicazione

Inoltre, sono stati presi in considerazione i costi operativi relativi al trasporto merci. Il calcolo di questo costo è stato effettuato tenendo conto dei valori forniti nello studio di fattibilità del Grande Lago (2). Nello studio questo costo è stato di 23,10 €/tonn per 273 miglia e confrontandolo con i 145 km della tratta Milano-Torino, è possibile ottenere un risultato di 10 €/ton. Considerando che l'importo totale delle tonnellate che transitano attraverso la rotta Torino-Milano annualmente può essere considerato pari a 28000 TIR, all'incirca 560000 tonnellate, i costi totali calcolati sono pari a 5.600000 €.

COSTI DI GESTIONE OPERATIVA	Costo totale istantaneo [€]	Costo totale finale [€]	%	21	2022	20..	2029	20..	2050
				1°	2°	...	10°	...	30°
Personale di bordo	4.905.000	9.810.000	0,78 %			...	4.905.000	...	4.905.000
Amministrativi	7.000.000	14.000.000	1,11 %			...	7.000.000	...	7.000.000
Assicurazione	6.000.000	12.000.000	1,05 %		6.000.000	...	6.000.000	...	6.000.000
Costi di trasporto merci	1.100.345	2.200.690	0,19 %		1.100.345	...	1.100.345	...	1.100.345
Costi gestione intelligenza artificiale	6.000.000	12.000.000	1,05 %		6.000.000	...	6.000.000	...	6.000.000
						...		...	
TOT COSTI DI GEST	25.005.345	**45.111.035**	**3,38 %**	0	7.100.345	...	19.005.345	...	19.005.345

Il capitale e la manutenzione dei pannelli solari e la trasmissione dell'energia ai veicoli sono quindi gli unici costi energetici che vengono esclusi dal conteggio, dal momento che la quantità di energia

prodotta e stoccata sarà utilizzata per l'infrastruttura e dunque non ci sarebbero ulteriori costi, anzi secondo l'azienda si produrrebbe più energia di quella utilizzata dal sistema.

Per quanto riguarda i costi per i dipendenti dei veicoli e delle stazioni dipendono dall'organizzazione, cioè dal numero di dipendenti nei veicoli e dalla manodopera necessaria per la vendita dei biglietti e il controllo. Nel presente contesto, si presume che in ogni capsula sia presente un dipendente che controlla le cinture di sicurezza, aiutare in caso di problemi, e possibilmente fornire cibo e bevande. Il personale delle stazioni includerebbe due impiegati per stazione che controllano ed eventualmente vendono biglietti, e di aiutare e guidare i passeggeri.

Assumendo che il tempo medio di funzionamento di una capsula sia di 15 ore al giorno, che le stazioni siano aperte per 18 ore al giorno, e che il tempo medio di lavoro di un dipendente è di 7 ore al giorno (comprese le ferie e assenze per malattia), il numero di dipendenti a tempo pieno per una singola capsula è 2,14 e per una stazione 5,14.

Assumendo un salario medio annuo di 35.000 €, il costo annuale di funzionamento annuale per una capsula sarebbe di 75.000 euro e per una stazione 180.000 euro. Questi costi sembrano essere relativamente piccoli rispetto al costo del capitale.

I costi di gestione del traffico dipendono dall'intensità dell'uso e dalla complessità della rete.

La stima dei costi di esternalità del progetto

A seguito dell'analisi dei costi, per ricavare i flussi di cassa e i tempi di recupero, si prosegue l'analisi con le esternalità di progetto negative, effettuata tenendo conto dei costiaggiuntivi per parametri economico ambientali.

L'obiettivo principale della seguente analisi è quello di individuare possibili esternalità indirette, pesandone il valore sul budget del progetto Hyperloop Torino- Milano.

Le esternalità sono definite come "Impatti generati sugli utenti del progetto a causa dell'uso di un bene o servizio nuovo o migliorato, che sono rilevanti per la società", sebbene questi non siano direttamente rilevabili con i valori di mercato, hanno un impatto positivo o negativo (in termini di costi o benefici) che dovrebbe essere inclusi nella valutazione di fattibilità del progetto.

In altre parole, le esternalità sono costi o benefici che si riversano dal progetto verso altre parti senza compensazione monetaria.

Nonostante la valutazione del valore economico che queste esternalità possono avere per la società e il progetto, ci sono parametri nella letteratura che consentono di dare peso a questi benefici.
I valori presentati nel presente documento si riferiscono in particolare all'articolo 101 dell'UE (informazioni necessarie per l'approvazione di un grande progetto) del regolamento e ai parametri fissati dal "Manuale europeo sui costi esterni del trasporto".

Le principali esternalità identificate nella letteratura per i sistemi di trasporto sono le seguenti:
- inquinamento atmosferico ed emissioni,
- cambiamenti climatici,
- costi del rumore, costi di congestione,
- costi dei danni all'habitat.

Considerando che per Hyperloop i costi e i benefici in termini di esternalità non sono ancora stati stimati dalla letteratura, la tabella seguente mostra i valori previsti per una linea standard ad alta velocità.

Externalities (€ cent/ pkm)	Day/Night	Traffic Conditions	Metropolitan Area	Urban Area	Rural Area
Air Pollution			0.002	0.002	0.002
Climate Change Costs			0	0	0
Noise Costs	Day	Dense	0.13	0.07	0.01
		Thin	0.21	0.12	0.02
	Night	Dense	0.23	0.13	0.02
		Thin	0.38	0.21	0.03
Congestion Cost			/	/	/
Habitat Damage			0,7	0,7	0,7

Per quanto riguarda i costi della congestione, per HS Rail esistono alcune metodologie a livello nazionale per prezziare la capacità delle reti ferroviarie in base al tipo di servizio, al tempo e al percorso.I costi di congestione di una rete ferroviaria possono essere stimati partendo dalle informazioni sui ritardi effettivi dei treni, moltiplicati per il numero di passeggeri interessati e per un adeguato valore medio del tempo, ma nel caso di Hyperloop, data l'automazione del sistema, questi costi possono essere assunti come irrilevanti e metterlo a zero nel calcolo.

Inoltre, un altro fattore che differisce dalla rotaia è il rumore prodotto. Per Hyperloop, infatti, oltre al rumore di possibili accelerazioni a velocità ridotta, l'estersità dovuta al rumore può essere considerata vicina allo zero. Di conseguenza, nella tabella seguente, il valore dell'esterità dovuta al rumore è stato ridotto di un ordine di grandezza.
Considerando i suddetti parametri e riportandoli al tratto Hyperloop Torino-Milano, con un percorso di 165 km, è possibile individuare i seguenti costi di esternalità:

Esternalità (€ cent/pkm)	km	Day /Night	Condizioni di traffico	Area metropolitana	Costi Area metropolitana	Area Urbana	Costi Area Urbana	Area rurale	Costi Area rurale
Inquinamento dell'aria	165			0,002	0,330	0,002	0,330	0,002	0,330
Costo temperatura climatica	165			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Costo Inquinamento acustico	165	Day	Densa	0,010	1,650	0,070	11,550	0,010	1,650
	165		Fine	0,020	3,300	0,120	19,800	0,020	3,300
	165	Night	Densa	0,020	3,300	0,130	21,450	0,020	3,300
	165		Fine	0,040	6,600	0,210	34,650	0,030	4,950
Costi di congestione	165			0,000	/	/	/	/	/
Pericolo abitazioni	165			0,700	115,500	0,700	115,500	0,700	115,500
sub totale					130,680		203,280		129,030
Total cost(€ cent/pkm)				462,990					

Questi costi, nel caso di un'analisi economica, devono essere considerati esternalità passive del progetto e quindi aggiunti ai costi complessivi di gestione e infrastruttura.

COSTI DI ESTERNALITA' DEL PROGETTO		Distanza km	Condizioni di traffico [€ cent/pkm]	Costi Area metropolitana [€ cent/pkm]	Costi Area Urbana [€ cent/pkm]	Costi Area rurale [€ cent/pkm]	Costo totale istantaneo [€]	%
Inquinamento dell'aria		165		0,33	0,33	0,33		
Costo temperatura climatica		165		0	0	0		
Costo Inquinamento acustico	Day	165	Densa	1,65	11,55	1,65		
Costo Inquinamento acustico	Day	165	Fine	3,3	19,8	3,3		
Costo Inquinamento acustico	Night	165	Densa	3,3	21,45	3,3		
Costo Inquinamento acustico	Night	165	Fine	6,6	34,65	4,95		
Costi di congestione		165		0	/			
Pericolo abitazioni		165		115,5131	115,5203	115,5129		
TOTALE COSTI DI ESTERNALITA' DEL PROGETTO						6.713.355,00	140.980.455,00	0,89%

Per quanto riguarda le esternalità positive, gli autori elencano qui di seguito alcuni aspetti che devono essere affrontati (quantitativamente) mediante l'ulteriore sviluppo di questa ricerca:
I costi più elevati in termini di traffico e congestione sono quelli che si riscontra nella categoria dei veicoli, dove il costo di questa esterità è vicino a 42,2 € cent / km (13). L'implementazione di Hyperloop garantirebbe una riduzione di questo valore con un'esterità positiva in termini di riduzione della congestione del traffico stradale. La tratta Torino Milano di solito non è percorsa dai pendolari in auto. Tuttavia, per quanto riguarda il traffico merci, circa l'80% del trasporto avviene su strada (16), determinando un aumento di tale esterismo. Attraverso Hyperloop questo valore potrebbe essere significativamente ridotto, aumentando la percentuale del trasporto merci realizzato attraverso questo nuovo mezzo di trasporto.
Dal punto di vista delle emissioni inquinanti i costi sono vicini allo zero se i valori considerati sono quelli dell'alta velocità. Tuttavia, considerando la possibile sovrapproduzione di energia ottenuta dai pannelli solari del sistema Hyperloop, si può presumere una significativa esterità positiva in questo senso.

La stima dei costi di costruzione totali

Il costo totale dell'opera a livello infrastrutturale, considerando tutti i costi fin qui contabilizzati nei flussi di cassa è di 15,9 Miliardi di €.

ANALISI COSTI-BENEFICI

Parametric Value	[€/km]
	4.000.000,00

COSTI DI INVESTIMENTO 1- COSTI TERRENO	Quantità [N°] o [km]	Costo a km x 20 metri €/[km]			Costo totale istantaneo [€]	%
Espropriazione dei terreni,spese legali, spese tecniche	165	4.000.000,00			660.000.000,00	4,14%
Act expenses	0	5%			33.000.000,00	0,21%
Demolition	0				0,00	0,00%
Sponsorship expenses	0	2%	SU COSTO DI COSTRUZIONE		236.197.539,05	1,48%
TOTAL					2.315.605.518,25	14,54%

2- COSTI DI COSTRUZIONE	[N°]	Step [km]	Quantità [N°] o [km]	Costo a km x 2 tubi €/[km]	Operai €/[km]	Macchinari installazione €	Costo totale istantaneo [€]	%
Fondazioni in C.L.S	0	10	165	25.000	6.250	10.000,00	6.806.250,00	0,04%
Piloni in C.L.S.	1	30	165	200.000	50.000,00	80.000,00	54.450.000,00	0,34%
Tubo commerciale e passegger	2	20	165	12.340.200	3.085.050	4.936.080,00	3.359.619.450,00	21,09%
Gallerie	3	70	26	30.000.000			780.000.000,00	4,90%
illuminazione, sicurezza, instal	4	22	165	2.592.850	1.037.139,92	777.854,94	727.294.368,90	4,57%
Indutrack e sistema di alimenta	5	13	165	14.828.498	5.931.399	2.224.274,70	3.792.388.363,50	23,81%
Switch di 2 Tubi			3	24.680.400	4.936.080,00	12.340.200,00	125.870.040,00	0,79%
Stazioni			5	100.000.000	25.000.000	50.000.000,00	875.000.000,00	5,49%
Capsule			27	6.666.667	333.333,33	666.666,67	207.000.000,00	1,30%
Impianto pannelli fotovoltaici solari			165	1.440.000	72.000	144.000	273.240.000,00	1,72%
Piantumazione arborea			11000	16.667	3.333	8.333	4.675.000,00	0,03%
TOTALE COSTI DI COSTRUZIONE				84.666.948	15.045.919	20.368.410	11.809.876.952	74,15%

COSTI DI MANUTENZIONE ORDINARIA	Costo totale istantaneo [€]	Costo totale finale [€]	%
Manutenzione capsule	10.800.000,00	237.600.000,00	1,49%
Manutenzione Binari	7.000.000,00	154.000.000,00	0,97%
Manutenzione Pompa	3.000.000,00	66.000.000,00	0,41%
Manutenzione Tubi	2.000.000,00	44.000.000,00	0,28%
Manutenzione Stazioni	3.638.209,00	80.040.598,00	0,50%
Manutenzione Impianto fotovoltaico	20.880.000,00	459.360.000,00	2,88%
Manutenzione Piantumazione	1.378.333,33	39.971.666,67	0,25%
TOTALE COSTI DI MANUTENZIONE ORDINARIA	48.696.542,33	1.080.972.264,67	6,79%

COSTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA	Costo totale istantaneo [€]	Costo totale finale [€]	%
Sostituzione capsula	6.666.666,67	6.666.666,67	0,04%
Sostituzione Binari	7.000.000,00	7.000.000,00	0,04%
Sostituzione 5 Pompe	5.000.000,00	5.000.000,00	0,03%
Sostituzione 2km Tubi	8.500.000,00	8.500.000,00	0,05%
Manutenzione Stazioni	3.000.000,00	3.000.000,00	0,02%
Sostituzione pannelli 5 km	7.200.000,00	7.200.000,00	0,05%
Taglio piante	2.756.666,67	2.756.666,67	0,02%
TOTALE COSTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA	37.366.666,67	40.123.333,33	0,23%

COSTI DI GESTIONE OPERATIVA	Costo totale istantaneo [€]	Costo totale finale [€]	%
Personale di bordo	4.905.000,00	123.606.000,00	0,78%
Amministrativi	7.000.000,00	176.400.000,00	1,11%
Assicurazione	6.000.000,00	168.000.000,00	1,05%
Costi di trasporto merci	1.100.345,00	30.809.660,00	0,19%
Costi gestione intelligenza artificiale	6.000.000,00	168.000.000,00	1,05%
TOTALE COSTI DI GESTIONE OPERATIVA	25.005.345,00	538.938.993,33	3,38%

COSTI DI ESTERNALITA' DEL PROGETTO		Distanza km	Condizioni di traffico [€ cent/pkm]	Costi Area metropolitana [€ cent/pkm]	Costi Area Urbana [€ cent/pkm]	Costi Area rurale [€ cent/pkm]	Costo totale istantaneo [€]	%
Inquinamento dell'aria		165		0,33	0,33	0,33		
Costo temperatura climatica		165		0	0	0		
Costo Inquinamento acustico	Day	165	Densa	1,65	11,55	1,65		
Costo Inquinamento acustico	Day	165	Fine	3,3	19,8	3,3		
Costo Inquinamento acustico	Night	165	Densa	3,3	21,45	3,3		
Costo Inquinamento acustico	Night	165	Fine	6,6	34,65	4,95		
Costi di congestione		165		0	/			
Pericolo abitazioni		165		115,5	115,5	115,5		
				131	203	129		
TOTALE COSTI DI ESTERNALITA' DEL PROGETTO						6.713.355,00	140.980.455,00	0,89%
∑ COSTI TOTALI							15.926.497.516,98	100,0%

ONERI FINANZIARI			
Annuale	Periodo di riferimento	anni	0
5,00%	Fattore di sconto	r=5%	1,00
1,00%			
∑ COSTI TOTALI ATTUALIZZATI		11.540.035.139,83	56.315.002

Il costo dell'infrastruttura da ammortizzare negli anni è quindi di €15.926.497.516,98. Il tasso di ammortamento annuo è stato quindi calcolato supponendo un periodo di riferimento di 30 anni.

Per quanto riguarda il tasso di interesse scontato, rispetto all'articolo 19 (Sconto dei flussi di cassa) del regolamento delegato della Commissione (UE) n. 480/2014, per il periodo di programmazione 2014-2020, è stato considerato un tasso di sconto del 5% in termini reali, che viene utilizzato a livello dell'UE e considerato come parametro di riferimento per il costo reale opportunità del capitale a lungo termine per la costruzione di infrastrutture su rotaia.

La somma dei costi complessivi è formata dai seguenti costi individuati dalla letteratura istituzionale della commissione europea per la composizione dei Costi in un Analisi Costi-Benefici:

- Costi di investimento terreno e costruzione
- Costi di manutenzione ordinaria
- Costi di manutenzione stra-ordinaria
- Costi di gestione operativa
- Costi di esternalità del progetto

Di seguito la formula per individuare la rata di ammortamento annuale da corrispondere sulla base della somma dei costi complessivi:

$$P = S\frac{(1+i)^n i}{(1+i)^n - 1}$$

Calcolo della rata di ammortamento			
Tasso di interesse	i	0,05	5,00%
Periodo di ammortamento negli anni	n	30	[anni]
Onere totale di ammortamento	S	15.926.497.516,98	[€]
Rata di ammortamento annuale	P	1.036.041.519,28	[€]

Dove:
- i = 5%, tasso d'interesse;
- n= 30 periodo di ammortamento negli anni
- S= 15.926.497.516,98€ onere totale di ammortamento.

Il risultato dell'equazione porta a evidenziare per la sezione Hyperloop Torino-Milano una rata di ammortamento annuale pari a P = 1.036.041.519,28€

La stima dei benefici

Nell'individuazione dei benefici per il progetto del corridoio Hyperloop Torino Milano, si è provveduto ad effettuare un'analisi il più vero simile ed essenziale, i benefici a livello finanziario e a livello ambientale e sociale.

La letteratura di riferimento è prevalentemente stata la "Guide Cost Benefit Analesys 2014-2020 della commissione Europea.

Per quanto riguarda le esternalità positive, si è sviluppato il seguente criterio di ricerca:

I costi più elevati in termini di traffico e congestione sono quelli che si riscontra nella categoria dei veicoli, dove il costo di questa esterità è vicino a 42,2 € cent / km. L'implementazione di Hyperloop garantirebbe una riduzione di questo valore con un'esterità positiva in termini di riduzione della congestione del traffico stradale.

La tratta Milano-Roma di solito è molto percorsa dai pendolari in auto tant'è che proprio dal questionario è emerso questo dato allarmante. Tuttavia, per quanto riguarda il traffico merci, circa l'80% del trasporto avviene su strada, determinando un aumento di tale esterismo. Attraverso Hyperloop questo valore potrebbe essere significativamente ridotto, aumentando la percentuale del trasporto merci realizzato attraverso questo nuovo mezzo di trasporto.

Dal punto di vista delle emissioni inquinanti i costi sono vicini allo zero se i valori considerati sono quelli dell'alta velocità. Tuttavia, considerando la possibile sovrapproduzione di energia ottenuta dai pannelli solari del sistema Hyperloop, si può presumere una significativa esterità positiva in questo senso.

Un'altra esterismo positivo che va considerata è il valore del tempo in base alla motivazione del viaggio, che in Italia varia da 3,75 € per chi viaggia per motivi turistici a 18,66 € per chi viaggia per lavoro (15). Supponendo che il tempo di viaggio attraverso Hyperloop sia inferiore a un'ora, rispetto agli attuali 3,5 impiegati dal treno ad alta velocità, un vantaggio indiretto può essere calcolato tre volte superiore a un treno HS.

La stessa considerazione può essere presa per quanto riguarda il trasporto di merci. Supponendo un valore medio delle merci trasportate per ferrovia pari a 2 €/tonnellata/ora, il beneficio indiretto andrebbe a favore del lungo periodo dal momento che l'aumento potrebbe essere incrementale.

Ciò comporta anche un vantaggio in termini di affidabilità delle merci, poiché il tempo più breve garantisce una migliore conservazione dei beni, specialmente nella catena di approvvigionamento fresca di alto valore.

Un ulteriore vantaggio indiretto da calcolare è quello di una maggiore sicurezza. Data l'elevata affidabilità della tecnologia automatizzata di Hyperloop, si ipotizza che la probabilità di incidenti sia avvicini allo zero. Inoltre, data la riduzione del traffico stradale, è necessario esaminare e calcolare un'ulteriore esterità indiretta, attraverso ulteriori analisi.

Prima di iniziare le considerazioni sui benefici e le modalità di calcolo di esse, ritengo opportuno evidenziare un valore che fa parte dei benefici diretti, ovvero il Valore residuo.

Si tratta di quel valore ancora attribuibile, all'investimento al termine della durata temporale considerata, e di cui occorre tener conto per valutare in modo corretto la convenienza economica.

Vi sono vari metodi per l'importo del valore residuo; tra i principali il costo di costruzione deprezzato e la formula dell'U.E.E.C (Unione Europea degli Esperti Contabili).

Il primo metodo permette di valutare la consistenza di tale valore come quota residua rispetto a quanta parte del bene è stata, in un certo senso, "consumata", ovvero utilizzata durante l'investimento stesso. In altre parole, dal costo di realizzazione si sottrae il costo necessario a realizzare quanto utilizzato durante l'investimento.

La formula, infatti, è così costituita:

$$V_{res} = \left[1 - \frac{D_i}{V_e}\right] . C_r + V_a$$

Calcolo del Valore residuo			
Valore residuo	V_{res}	7970838758	[€]
Durata investimento	D_i	30	[anni]
Vita economica	V_e	60	[anni]
Costo di realizzazione	C_r	15.926.497.516,98	[€]
Valore dell'area	V_a	7590000	[€]

Dove:

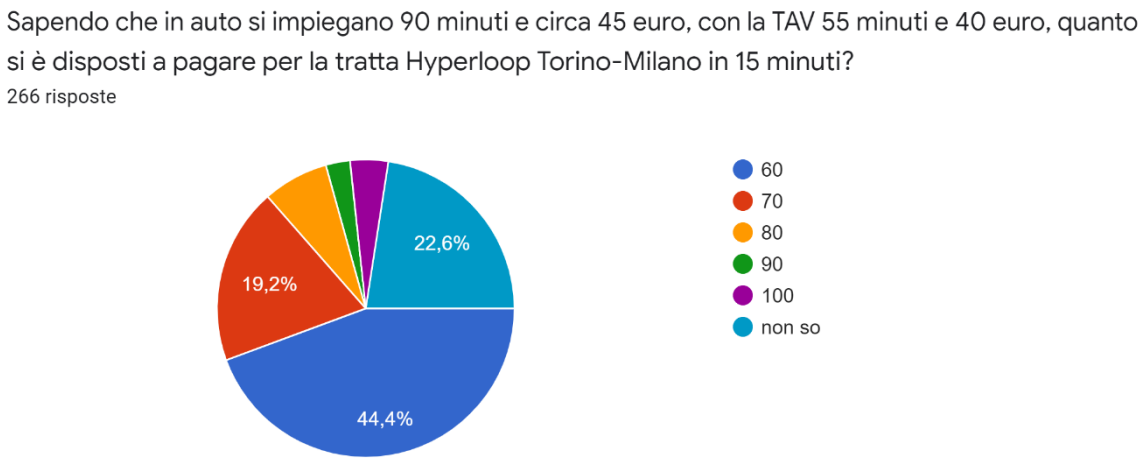
- V_{res} = Valore residuo
- D_i = Durata investimento
- V_e = Vita economica
- C_r = Costo di realizzazione
- V_a = Valore dell'area

La stima dei Benefici diretti

Considerando i “ricavi“di un azienda che vende i ticket come se stessimo effettuando un analisi dei flussi di cassa, in questa analisi economico finanziaria sono stati calcolati i valori dei ticket considerando uno scenario di "Ricavi Medi".

La prima cosa fatta per valutare un valore del costo del biglietto per la tratta Torino Milano è stato quella di individuare le caratteristiche della tratta con altri vicoli e modalità di spostamento e successivamente con il Questionario individuare una possibile platea di persone da spalmare su 5 possibili proposte di prezzo del biglietto.

Dal questionario Socio-Economico, dunque, si aprono 5 scenari prevalentemente, poiché si punterà a spostare la percentuale di persone non convinte verso un valore che riteniamo il più corretto per quanto riguarda il valore di mercato dell’offerta che si propone ai fruitori.



Ci chiedevamo che prezzo sarebbero stati disposti a pagare i clienti per questo servizio che unirebbe Torino a Milano in soli 15 minuti.

Siamo giunti ad un quadro molto chiaro rispetto a dei valori economici più precisi. Il 44% come era scontato che fosse ha scelto il valore più basso, analizzando parte delle risposte la maggior parte è composta da studenti e impiegati che quotidianamente sono pendolari e vorrebbero spendere il meno possibile.

Salendo a quota 70 euro troviamo una fetta di quasi 20 punti percentuali, composta per lo più da dipendenti pubblici professionisti e una parte di impiegati.

Spostandoci a quota 80 euro, troviamo prevalentemente professionisti e lavoratori autonomi con oltre il 7% sarebbero molto bene disposti a pagare il doppio del costo del biglietto di un treno alta velocità.

A quota 90 troviamo un 2.6 % di persone disposte a pagare tale somma, e in questo caso si conferma una platea di nicchia riservata prevalentemente a manager/CEO e professionisti. A quota 100 troviamo Direttori/CEO e coloro che prevalentemente utilizzano la macchina o l’elicottero per spostarsi tra Torino e Milano. Questo quadro fa riflettere sulla tipologia di utenti sulla quale si intende puntare dal punto di vista del marketing dell’azienda Hyperloop.

La nuova linea Hyperloop collegherebbe le stazioni di Porta Susa (Torino) e Centrale (Milano), in particolare si prevede la costruzione di nuovi terminal per ospitare capsule e passeggeri. Il viaggio sarebbe di circa 15 minuti. Il percorso potrebbe essere sviluppato prevalentemente fuori terra attraverso l'uso di piloni in cemento armato: l'idea potrebbe essere di utilizzare l'opzione sotterranea principalmente durante l'attraversamento delle città al fine di ridurre l'impatto visivo.

Nei questionari proposti il tempo di viaggio è costante per ogni mezzo di trasporto proposto, in particolare è stato proposto il tempo reale di viaggio mentre il prezzo varia. In questo modo viene valutata solo la sensibilità al costo senza tenere conto del tempo.

Al fine di definire il numero di scenari da proporre, è stato utilizzato il piano fattoriale completo, in particolare sfruttando l'equazione. Sono stati presi in considerazione le seguenti modalità di viaggio: Hyperloop, treno AV, aereo e auto.

Gli attributi che sono stati considerati sono:

- Costo del viaggio
- Distanza [km]
- N°passeggeri capsula/vagone
- Frequenza [n/min]
- Tempo di viaggio [min]

Per quanto riguarda il costo, sono state prese in considerazione tre fasce di prezzo: bassa, media, alta, ad eccezione dell'auto il cui prezzo è costante e pari a 45 €.

I valori riportati, in particolare nel caso di Hyperloop, sono assunti tenendo conto della concorrenza e del mercato attuale.

L'analisi si è concentrata in particolare sulla disponibilità al pagamento dell'utente come da base del questionario.
La frequenza invece varia solo per l'Hyperloop: ogni 4 minuti durante le ore di punta e ogni 8 minuti per il resto della giornata; per le altre alterazioni rimane costante.

Infine, è stato verificato che tutti gli scenari soddisfano i criteri di ortogonalità e confronto.

QUESTIONARIO 1 - Tratta Torino Porta susa - Milano Centrale				
Alternative	Hyperloop	Treno Alta Velocità	Aereoplano	Automobile
Costi	60 €	40 €	/	45 €
Distanza [Km]	145	145	/	156
N°passeggeri capsula/vagone	50	457	/	5
Frequenza [n/min]	4	20	/	/
N°passeggeri max ogni ora	750	1371	/	/
Tempo di viaggio [min]	15	55	/	110

QUESTIONARIO 2 - Tratta Torino Porta susa - Milano Centrale				
Alternative	Hyperloop	Treno Alta Velocità	Aereoplano	Automobile
Costi	70 €	40 €	/	45 €
Distanza [Km]	145	145	/	156
N°passeggeri capsula/vagone	50	457	/	5
Frequenza [n/min]	4	20	/	/
N°passeggeri max ogni ora	750	1371	/	/
Tempo di viaggio [min]	15	55	/	110

QUESTIONARIO 3 - Tratta Torino Porta susa - Milano Centrale				
Alternative	Hyperloop	Treno Alta Velocità	Aereoplano	Automobile
Costi	80 €	40 €	/	45 €
Distanza [Km]	145	145	/	156
N°passeggeri capsula/vagone	50	457	/	5
Frequenza [n/min]	4	20	/	/
N°passeggeri max ogni ora	750	1371	/	/
Tempo di viaggio [min]	15	55	/	110

QUESTIONARIO 4 - Tratta Torino Porta susa - Milano Centrale				
Alternative	Hyperloop	Treno Alta Velocità	Aereoplano	Automobile
Costi	90 €	40 €	/	45 €
Distanza [Km]	145	145	/	156
N°passeggeri capsula/vagone	50	457	/	5
Frequenza [n/min]	4	20	/	/
N°passeggeri max ogni ora	750	1371	/	/
Tempo di viaggio [min]	15	55	/	110

QUESTIONARIO 3 - Tratta Torino Porta susa - Milano Centrale				
Alternative	Hyperloop	Treno Alta Velocità	Aereoplano	Automobile
Costi	100 €	40 €	/	45 €
Distanza [Km]	145	145	/	156
N°passeggeri capsula/vagone	50	457	/	5
Frequenza [n/min]	4	20	/	/
N°passeggeri max ogni ora	750	1371	/	/
Tempo di viaggio [min]	15	55	/	110

Se ora per un momento spostiamo l'attenzione dal prezzo a una possibile domanda di persone che vorrebbe prendere Hyperloop potremmo notare le seguenti cose:

- 380000 persone a Torino provincia prende i mezzi pubblici
- 800000 persone a Milano provincia va in direzione Milano
- +515% di fruitori dell'alta velocità TO-MI da quando è in funzione la tratta
- Oltre 6000 persone prendono il Pullman per raggiungere i poli aeroportuali
- Oltre 7000 auto quotidianamente percorre Torino Milano con 3/4 persone a bordo
- 2000 container su autotreno percorre la tratta 2 volte al giorno per il trasporto cibo
- Aumento di trasporti veloci con l'inserimento industriale di Amazon nel tessuto piemontese e lombardo con grani hub
- Costante aumento del mercato del pesce, che ogni mattina da Torino va a Milano

Per questioni di calcolo analitico, facendo le considerazioni del caso, ipotizziamo che un 10% del mercato del trasporto dei passeggeri per ottenere un bacino di utenza futura di Hyperloop per la Tratta Torino Milano.

- 38000 persone da Torino e provincia
- 80000 persone da Milano e provincia
- 5000 persone dall'alta velocità
- 600 persone dal bus
- 2800 persone dalle autostrade

Il totale ammonta a circa 127000 persone che quotidianamente prenderebbero un Hyperloop per giungere a destinazione, considerando il fatto di trascurare per ora dal calcolo le tratte aeroportuali e ospedaliere poiché richiederebbe un ulteriore analisi sulla domanda e sulla fascia di prezzo del biglietto.

Si ipotizza, poste le premesse fin qui analizzate che il valore del biglietto debba aggirarsi intorno agli 80 €, per le seguenti motivazioni:

- La percentuale degli utilizzatori per importo biglietto >= 80€ sarebbe circa il 12% degli intervistati.
- Questa parte di popolazione sarebbe quella più disposta a pagare e sin da subito
- Il valore sarebbe proporzionato rispetto agli altri asset di mercato
- Non ruberebbe una consistente fetta di mercato alle altre tipologie di mobilità
- Sarebbe un prezzo per il biglietto che andrebbe a creare un mercato che oggi non esiste per questa tratta molto trafficata e consentirebbe di fare enormi investimenti per il sistema ambientale

Oltre alle entrate derivanti dal traffico passeggeri, il sistema hyperloop sfrutterà anche la sua tecnologia per il trasporto merci. La velocità e la sicurezza di Hyperloop porteranno allo sviluppo di un sistema di trasporto efficace e diretto, che ridurrà significativamente i tempi di trasporto.

Se attualmente il traffico merci ad alta velocità da Torino e Milano impiega almeno 1 ora e mezza, attraverso Hyperloop la distanza di percorrenza sarà ridotta a 20 minuti.

Questo aspetto rappresenterà una svolta cruciale, in particolare per i beni ad alto deterioramento, medicinali di urgenza, trasferimento di organi, per la filiera alimentare fresca, in particolar modo quella del pesce, per il trasporto merci Torino-Lione per la quale l'implementazione di Hyperloop potrebbe essere una svolta decisiva.

Data la velocità e il costo, che dovrebbero essere inferiori al trasporto aereo (2), il traffico merci su Hyperloop potrebbe raggiungere livelli significativi per la rotta Torino-Milano. Attualmente in Italia, il traffico merci totale è suddiviso in modo modale con il 78% di trasporto su strada e il restante 22% per ferrovia. Questa distribuzione del traffico merci è in gran parte dovuta ai minori costi richiesti per il trasporto su strada, che nella maggior parte dei casi porta all'uso di veicoli stradali anche per la catena alimentare fresca.

L'uso di Hyperloop potrebbe portare benefici significativi in termini di costi di trasporto, nonché esternalità positive a causa della diminuzione della CO_2.

A fini di ricerca, al fine di ottenere un valore corrispondente al traffico merci totale che potrebbe transitare su Hyperloop per la rotta Torino-Milano, si è ritenuto opportuno confrontarlo con l'attuale traffico ferroviario italiano ad alta velocità.

Attualmente il volume annuo di merci che passano per ferrovia è di 92.942 tonnellate/anno su rotaia, con una percentuale pari al 25% che passa attraverso il tratto Torino-Milano (16).

Di conseguenza, per la presente analisi si assume un totale di 23240 tonnellate come valore di riferimento in aggiunta ai 28000 Tir che ogni anno trasportano ogni genere sulle autostrade piemontesi e lombarde.

Per quanto riguarda il costo del trasporto di un container ci si è basati sui dati sviluppati nel bacino di utenza, riguardante i valori a livello europeo dei costi di noli e trasporto.

In questo caso non si è puntato l'analisi del biglietto su base questionaria e di quanto sarebbero disposti a pagare le aziende, perché sappiamo un'azienda cerca sempre di soddisfare il rapporto minimo sforzo massimo rendimento in concomitanza a un altro parametro-rapporto che sta al minimo prezzo/massima rapidità.

Dunque, in questo caso, sulla base dei dati di mercato, si è optato per un'analisi dei prezzi di mercato del trasporto per individuare i benefits e i cost per poter tradurli in costi del biglietto e vantaggi in termini di tempo e di salute del trasporto che si traducono in un nuovo landmark che farebbe piacere alle aziende che intendono dar risalto all'economica circolare anche negli aspetti che esulano dai loro processi di sviluppo interni.

Dunque, per chiudere il cerchio, da quest'analisi ne è emerso che: sulla base chilometrica di circa 130 km della tratta, al costo di 2€/km per un trasporto di un container da massimo 30 [t], né si ricava un costo del biglietto di 260 €.

Di seguito l'introito ottenuto dalla somma dei fattori fin qui considerati e ritenuti importanti per lo sviluppo di mercato di un Hyperloop nel futuro imminente.

Caratteristiche							
	[persone o cargo/h]	[h]	[persone o container /giorno]	[gg]	[biglietti/anno]	[€]	Ricavi annuali [€]
Biglietti passeggeri	2.400	14	33.600	360	12.096.000	80	967.680.000
Biglietti Cargo	60	24	1.440	360	518.400	260	134.784.000
Auto park Ticket	n°auto 500	14	n°auto giorno 1.000	360	360.000	5	1.800.000
Total							1.104.264.000

In aggiunta alle due grandi voci, si è provveduto all'aggiunta dei benefici economici di un auto park nella quale poter lasciare l'auto alla modica cifra di 5[€] giornalieri che tenderebbe ad invogliare l'utilizzo dell'auto elettrica dal momento che il parcheggio sarebbe un grande HUB che sfrutterebbe i capannoni industriali dismessi e li renderebbe delle centrali produzione e stoccaggio di energia rinnovabili da fotovoltaico.

Individuati i benefici diretti, si è continuata l'analisi delle possibili aggiunte di benefici legati ai canoni di affitto annuale legato a possibili:

- spazi commerciali delle stazioni
- Concessioni per le intermodalità infrastrutturali
- Fornitura elettrica nel sistema data la grande produzione di essa

Caratteristiche	Area	Canone annuo	Costo unitario
Unità di misura	[m²]	[€/superficie all'anno]	[€]
Spazio commerciale/terziario	3.000,00	180,00	540.000,00
Commerciale/Concessione mobilità intermodale	1500	2.000,00	3.000.000,00
Fornitura elettrica	[Wh] 44550 15% in rete	[€/Wh]] 4.455,00	[€/Wanno]] 38.491.200,00
Totale			42.031.200,00

La stima dei Benefici indiretti

Un esempio dei casi emersi tramite intervista era proprio quella di un primario di un ospedale nell interland Milanese, residente a Torino, utente quotidiano del treno alta velocità Torino Milano.

Come di consuetudine il soggetto parte la mattina alle 7: 20, dalle 9 alle 16 in ospedale, dalle 16:30 alle 20 lavora in uno studio medico privato come professionista.

Ritorna a Torino la sera con il treno delle 20:12 a Milano Centrale, e molte volte rischia di perderlo per prolungamento di visite specialistiche o ritardi con pazienti, dovendo attendere un'ora in più, rischiando di avere anche ulteriori ritardi o guasti tecnici, e avendo 2 giorni su 5 problemi e rientro dopo le 22:30 a Torino.

Questo lo ha condotto ad investire su un'auto per poter avere la libertà di finire prima o dopo e avere la garanzia di tornare a casa senza problemi aggiuntivi. Il risultato di questa scelta lo ha portato a spendere molto di più per una questione meramente legata alla rigidità del sistema ferroviario attuale, legate ancor' oggi a modalità ottocentesche.

Nell'intervista il medico dice che se il biglietto Hyperloop costasse 80 euro, sarebbe disposto a spenderli in primis per la questione tempo, perché un'ora di prestazioni mediche di un primario vale circa 200 euro, e dunque poter allungare di 40 minuti le visite significherebbe pagare il viaggio di andata e di ritorno di una giornata intera.

BENEFICI DI ESTERNALITA' POSITIVE DEL PROGETTO	Valore h di lavoro medio		Min risparmio rispetto a AV Torino Milano	Valore risparmiato	N° ipotizzato da questionario
Risparmio tempo viaggio	€	100	45	75	635.040.000

Questo tipo di beneficio seppur possa sembrare insignificante, moltiplicato per un possibile bacino di utenza qualificato, che sarebbe molto elevato nel nostro territorio, genererebbe un ritorno di capitale molto generoso.

A questi notevoli benefici sui fruitori del servizio vanno poi aggiunti dei benefici per il sistema e per l'ambiente che ospita l'infrastruttura.

E' rilevante se non essenziale considerare il fatto che i benefici da risparmio di CO2 sono molto notevoli, proprio perché una buona parte di risparmio di essa che viene considerata è composta da:

- CO2 assorbita dalle piante
- CO2 risparmiata dai pannelli solari
- CO2 risparmiata dal traffico auto
- CO2 risparmiata dal traffico merci

Come ben sappiamo le proprietà naturali che contraddistinguono l'assorbimento di CO2 delle piante è il processo della fotosintesi clorofilliana, dunque restituire una parvenza di normalità a un corridoio infrastrutturale che si ritiene essere un ottimo catalizzatore di opportunità per la salvaguardia ambientale di flora fauna, ma anche di ecosistemi economici.

Nei benefici si inserisce anche un consistente risparmio di CO2 non prodotta per la produzione di corrente elettrica che indurrebbe il sistema italia a dover ulteriormente incrementare i consumi energetici.

Ma le grandi componenti di risparmio di impronta di anidride carbonica sarebbero proprio il trasporto su gomma a motori che bruciano combustibili fossili. Questo è il grande tendine di achille di questa potentissima arteria che racchiude moltissimi sistemi infrastrutturali ma che poi nella fin fine se sono ecologici non sono flessibili, e se sono flessibili sono energivori e inquinanti. Ecco perché si ritiene che questo beneficio alla società sia cospicuo e massiccio anche dal punto di vista economico.

BENEFICI DA RISPARMIO CO2 NELL'AMBIENTE	Kg di CO2 assorbita 1 anno/1 pianta	N°piante	tCO2 TOT piante	Costo tCO2	Valore totale annuale	%
CO2 assorbita dalle piante	190	11.000	2090	25	52.250	**0,00 %**
	1 kwh di energia	kwh in 1 anno	tCO2 TOT non prodotta		Valore totale annuale	%
CO2 risparmiata dai pannelli solari	0,531 kg di CO2	1.188.000	630,828	25	15.770	**0,00 %**
	Kg di CO2 prodotti 1 anno/ 1 auto	N°auto non su A4	tCO2 TOT non prodotta		Valore totale annuale	%
CO2 risparmiata dal traffico auto	11880	1.255.536	14915767,68	25	372.894.192	**27,11%**
	Kg di CO2 prodotti 1 anno/ 1 auto	N°camion non su A4	tCO2 TOT non prodotta		Valore totale annuale	%
CO2 risparmiata dal traffico merci	35640	406.116	14473974,24	25	361.849.356	**26,31%**
TOTALE BENEFICI ESTERNALITA' POSITIVE					**16.753.908.417**	**53,42%**
BENEFICI INDIRETTI TOTALI					**31.359.828.417**	**100,00%**

Qui di seguito una somma economica complessiva dei benefici che sono emersi dallo studio a livello economico di tale infrastruttura.

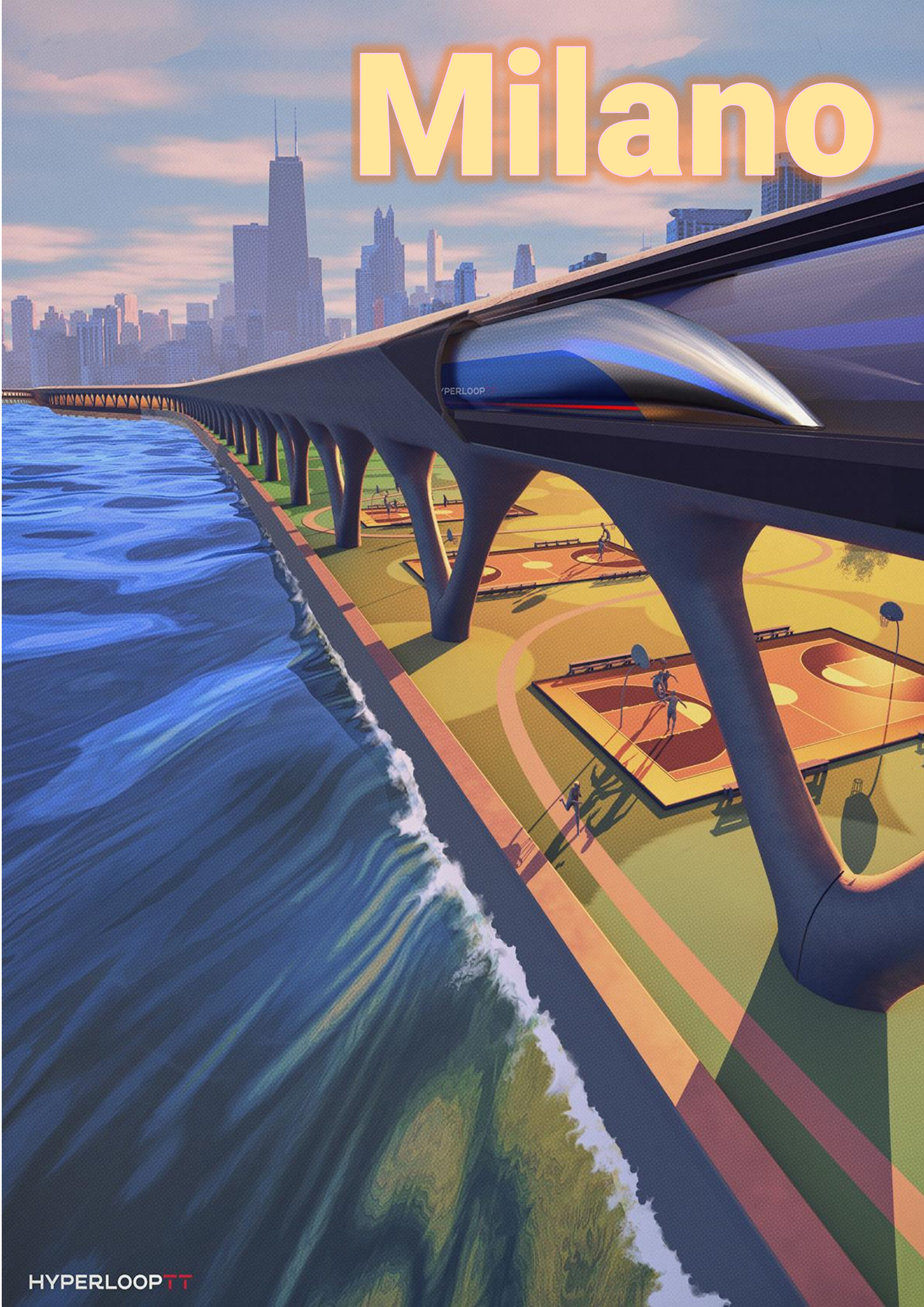
Per semplicità di calcolo e individuazione sono stati analizzati questi parametri, ma si ritiene il lavoro di analisi dei benefici talmente elevato e di grande portata che molto probabilmente non si possa ancor oggi avere un quadro complessivo chiaro ed esaustivo a riguardo.

BENEFICI DIRETTI TOTALI	26.945.764.888,46 €
BENEFICI INDIRETTI TOTALI	31.359.828.417,95
BENEFICI TOTALI	**58.305.593.306,41 €**

05

Discussione dei risultati

Milano



Discussione dei risultati

Nel definire la bontà dei risultati ottenuti, vorrei fare una premessa generale sulla quale poggiare la discussione conclusive.

Tutti i valori utilizzati per le analisi condotte sono stati ricavati da fonti istituzionali, accademiche e dall'azienda. In alcuni casi dove la certezza non vi è, io in primis segnalerò la presenza di dubbiosità dei risultati enunciando le ragioni per la quale quella misura, grandezza di riferimento avrà meno importanza.

Per ordine dire che bisognerebbe basare i risultati sulle principali metodologie di indagine effettuate, ovvero basandosi su:

1. Analisi SWOT
2. Analisi STAKEHOLDERS
3. Analisi Sociale
4. Valutazione di impatto ambientale
5. Analisi Costi – Benefici

I dati che verranno discussi sono il frutto delle analisi condotte nel capitol 4 riguardanti il Progetto del corridoio Hyperloop Torino- Milano con le bretelle per gli aeroporti di Caselle e Malpensa.

Premessa generale

Innanzitutto vorrei iniziare a discutere il dominio di esistenza del Progetto in quanto tale.

Esso nasce dall'esigenza di voler trasformare le tecnologie per la mobilità sostenibile del future.
Dopo le analisi e il Progetto nato da esse, si può affermare che l'esigenza di un sistema così avanzato in italia ci voglia e ci vada per le seguenti motivazioni:

- Sviluppo Mobilità sostenibili per le Olimpiadi 2026 Milano Cortina
- Sviluppo concreto dell'intelligenza artificiale in italia
- Innovazione del settore industriale del paese
- Sviluppo dell'export di prodotti agricoli
- Riduzione della pressione dei trasporti nel contest piemontese e Lombardo
- Miglioramento della qualità di vita per molti territori Piemontesi e Lombardi

Fase 1

I risultati ottenuti in questa prima fase dello studio condotto sull'individuazione del corridoio in territorio italiano in caratteri generali sono i seguenti:

- Letteratura di ricerca con dati ancora sommari e teorici
- Primi approcci pratici al sistema Hyperloop condotti in America, a Tolosa in Francia e ad Amburgo per il porto
- Metodi e modalità di analisi per il systema Hyperloop non sempre corretti
- Cornice metodologica italiana all'avanguardia rispetto a quelle europee
- Analisi costi benefici strumento fondamentale per l'analisi delle infrastrutture

STEP 1

Letteratura di ricerca

La letteratura utilizzata per l'individuazione del Progetto è stata moltissima e per diversi aspetti. Tenterò in maniera sintetica di differenziare in maniera accademica e per settore di interesse.

Ramo tecnologico:

- Hyperloop TT e Hyperloop Italia
- Harvard research
- MIT di Boston Research
- Focus (giornale di tecnologia)
- Trenitalia
- Autostrade per l'italia
- Italo

Ramo esigenziale dei trasporti:

- Commissione europea
- MIMS Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili
- MITE Ministero della transizione ecologica
- Rapporto Pendolaria

Ramo sociale:

- Questionario alla popolazione sui social
- Dialogo e tavoli di incontro con esperti

Come risultato complessivo del Quadro esigenziale individuato con la letteratura di ricerca ci si ritiene soddisfatti e convinti che la società sia pronta al cambiamento e che il contest italiano sia quello più favorevole per lo sviluppo di un corridoio Hyperloop in questo momento.

STEP 2

Analisi SWOT

Modalità di analisi utilizzata per l'individuazione dell'intervento infrastrutturale degli interventi da preferire rispetto agli altri. I risultati da questa modalità hanno Condotta il lavoro di ricercar verso la determinazione del Progetto preferibile da scegliere.

Proprio grazie all'analisi SWOT Macro rispetto a contenuti generali delle differenti tratte ci si è potuti rendere conto velocissimamente delle potenzialità che la tratta Torino Milano aveva rispetto alle altre. Di concerto ha garantito di poter individuare il perchè non puntare sulle altre tratte a disposizione, perchè ha messo in risalto macroproblematiche che avrebbero compromesso la nascita e lo sviluppo del Progetto.

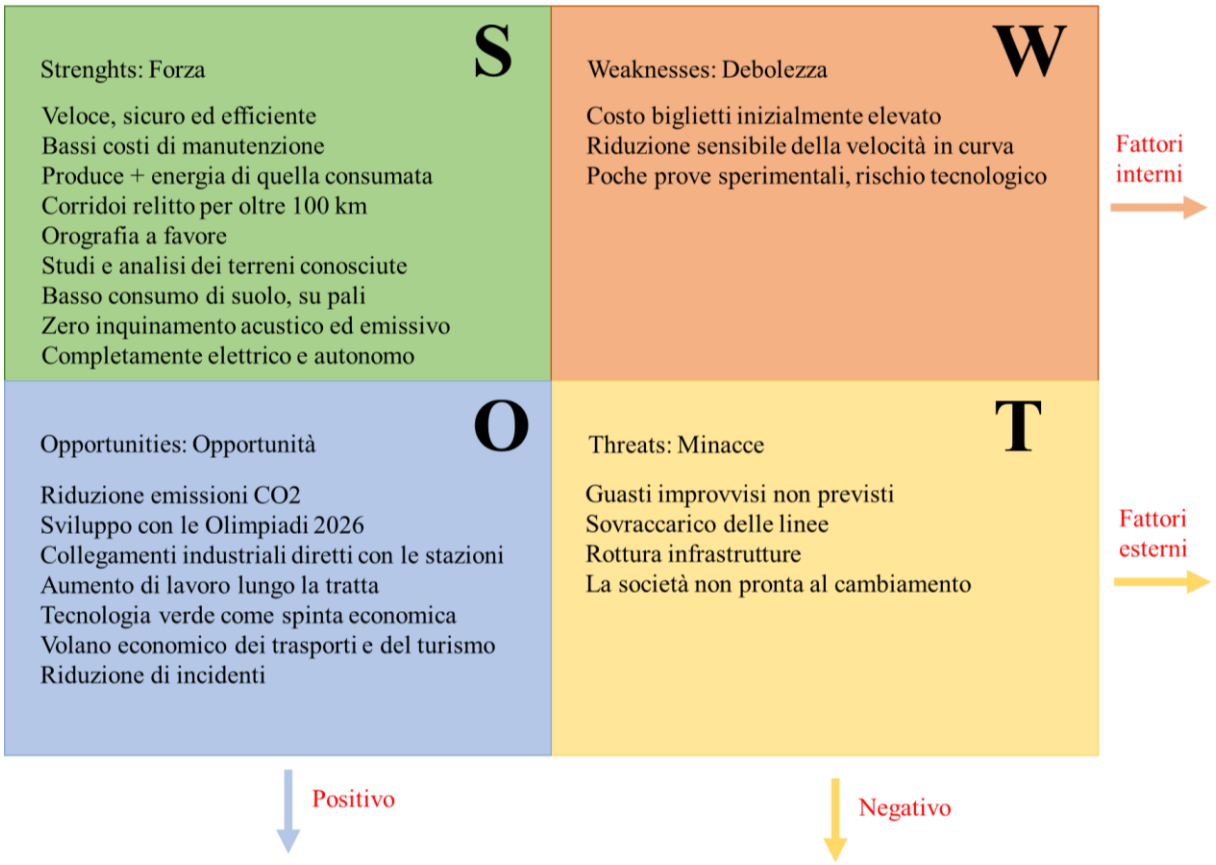


Figura 4.1.15 Analisi SWOT della tratta Hyperloop Torino - Milano per il Nord Italia, redatta dall'autore.

I risultati che si evincono dall'analisi SWOT sono molto positive, poichè individuano molto chiaramente la stra grande percentuale di vantaggi che un infrastruttura sostenibile come Hyperloop potrebbe portare come vantaggio nel contest del Nord-est Italia. In particular modo in vista delle olimpiadi potrebbe essere un catalizzatore di imprese che puntano all'export che vorrebbero investire nell'italia per una maggior redditività dei propri investimenti

Analisi Stakeholders

In un primo momento con aria rattristita pensavo che nessun stakeholders avesse linteresse di voler investire su un'infrastruttura innovative come Hyperloop; mi sono dovuto ricredere ! I risultati ottenuti dal questionario e dai colloqui con le industrie e gli esperti di trasporti mi hanno fatto capire che il momento in cui ci troviamo e favorevole per le infrastrutture e soprattutto per le grandi opera del futuro.

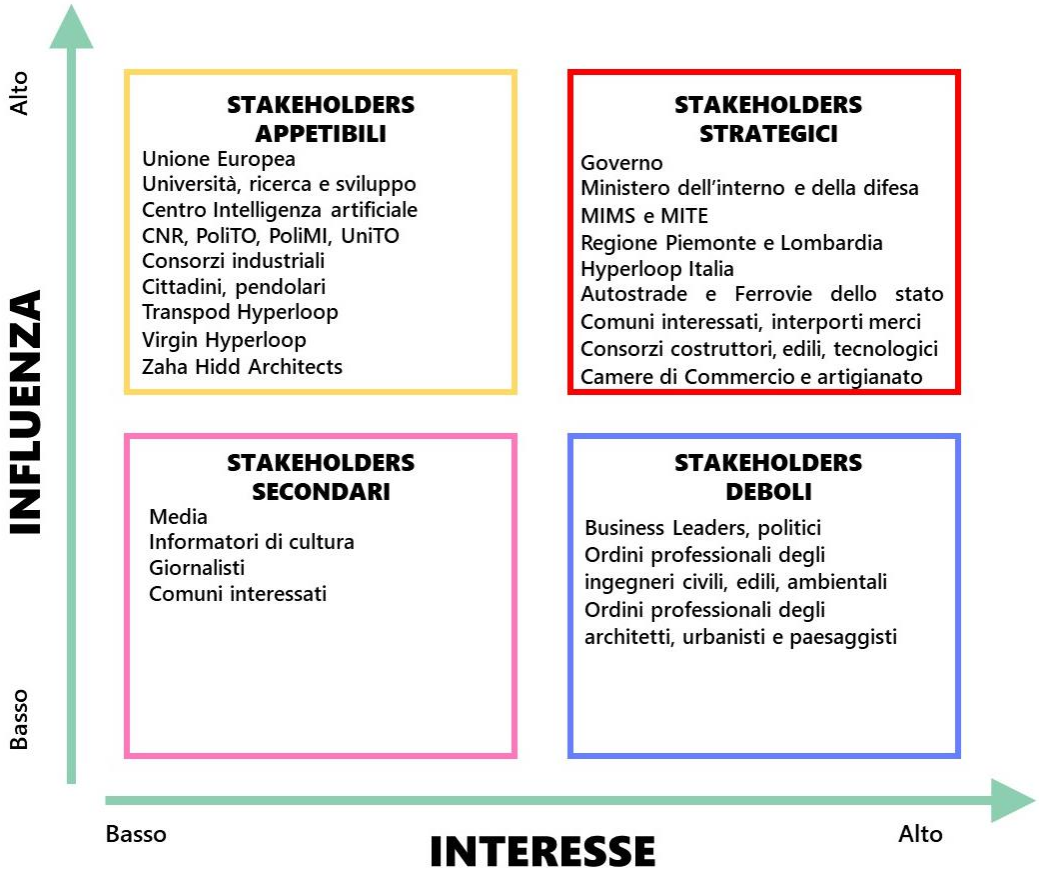


Figura 4.1.14 Analisi Stakeholders della tratta Hyperloop Torino - Milano per il Nord Italia, redatta dall'autore

Gli stakeholders strategici ritengo siano color oche hanno maggior peso in un quadro decisionale di scelta delle infrastrutture strategiche del paese. Basti pensare solo al fatto che il giorno in cui il Ministro Giovannini dell'attuale governo ha dichiarato alla stampa il volere del governo di far partire una serie di studi di fattibilità di possibili tratte Hyperloop in Italia.

Dunque a scaletta, se l'esecutivo attuale volesse investire su questa tecnologia, di concerto tutti gli altri stakeholders si muoverebbero a favore e ne scaturirebbero ottimi risultati.

Fase 2

I risultati ottenuti in questa seconda fase dello studio condotto sulla progettazione del corridoio Hyperloop nella tratta Torino Milano può essere riassunta nei seguenti caratteri generali:

- Letteratura di ricerca con dati ancora sommari e prettamente teorici
- Verifiche preliminari della normative italiana molto generali
- Normativa Europea su Hyperloop ancora senza criteri chiari per I bilanci economici
- Auto-Sostenibilità economico finanziaria dell'infrastruttura
- Ambientalmente compatibile con qualsiasi ecosistema ambientale
- Metodi e modalità di analisi in cui mancano parametri di verifica per il systema Hyperloop
- Cornice metodologica italiana all'avanguardia rispetto a quelle europee
- Analisi costi benefici strumento fondamentale per l'analisi delle infrastrutture come Hyperloop
- L'architettura Hyperloop conterrà una grande varietà di implementazioni possibili future

STEP 2.1

Il Progetto si presenta come innovativo, sostenibile e unico in italia.

Ha una forte connettività dei 2 centri e poli economici più importante del paese, tant'è che proprio da Torino e da Milano hanno avuto luogo le più grandi infrastrutture e riforme nella storia della penisola italiana.

11000 betulle avranno il compito di ridurre l'impatto visivo di un consolidato asse infrastrutturale per il territorio, riducendo l'impronta di superfici ricoperte da cemento e asfalto tentando con la chioma degli alberi di ridurre il riscaldamento della pianura padana. Avranno anche il grande compito di rifar crescere I boschi lungo questo asse, che si sono sempre più rarefatti con il continuo disboscamento per la costruzione di indotti industriali e centri abitati.

A riguardo della produzione di corrente elettrica ci si rifà alla grande qualtità di superficie che disponibile sull'impalcato infrastrutturale per la posa di pannelli solari fotovoltaici che serviranno a garantire il funzionamento continuo dell'infrastruttura e la sua sostenibilità autonoma. Inoltre, I calcoli in questo caso sembrano aiutarci e e dire che il Progetto avrà la capacità di garantire un surplus del 15% di Potenza termica che potrà essere reimmessa nel sistema contribuendo a sostenere altre infrastrutture e reti industriali.

Per quanto riguarda la vita utile del Progetto, abbiamo la testimonianza delle infrastruttura presenti e viventi, che se ben mantenute le opera infrastrutturali nelle regioni piemontesi e lombarde in rari casi soffrono di eventi sismici dannosi, dunque un altro punto a favore per Hyperloop.

STEP 2.2

Dalle analisi del contesto territoriale nella quale si cala il Progetto possiamo ritenerci soddisfatti dal moment oche entrambe le città hanno da sempre avuto forze politiche, fiere sostenitrici di progetti infrastrutturali importanti e con una visione futura avanti di 30 anni sui possibili scenari che si sarebbero potuti prospettare. Questo seppur possa sembrae banale è sinonimo di buona riuscita da parte delle amministrazioni competenti di saper garantire un future e dunque anche una sostenibilità con più garanzie.

Dal punto di vista urbanistico, si inserisce in un panorama che vede 2 grandi poli attrattori negli ultimi 20 anni di grandi investimenti in residenza, poli ICT, industria, agricoltura, servizi e ospedali. Infatti la regione peimonte e lombardia annualmente insieme alla capitale hanno ingenti capitali da reinvestire poichè sono i migliori poli per l'innovazione tecnologica, per i servizi e per la sanità pubblica.

STEP 2.3

I risultati dell'analisi sociale condatta per mezzo di questionario sottoposto alla popolazione per via social, ci ha permesso di ottenere risultati molto favorevoli sulla volontà della popolazione di sviluppare nuove modalità di trasporto più efficace e sicuro sul territorio italiano, non dimenticando il gran numero di morti che ci sono quotidianamente per mezzi di trasporto non sicuri.

Proprio da questa consapevolezza generalizzata solo il 2% delle persone raggiunte non è interessata ah Hyperloop e al suo sviluppo future. A tal riguardo si pone l'accento sull'incredibile risultato ottenuto a support dell amia tesi e dell'appogio e del sostegno di tutti gli intervistati che hanno visto il questionario come un grande atto di coraggio verso un future floreo e prospero del paese Italiano.

Sono sicuro visti i risultati dal questionario fatto circolare sui social in 14 giorni, che la volontà di tutti gli italiani sia simile a quella che viene descritta dai grafici al capitol 4.

STEP 2.4

Tecnologicamente parlando Torino Milano risulta sulla carta il percorso Vincente poichè ha un basso tasso di gallerie e una pianura libera che orograficamente da sempre è continua terra di infrastrutture e innovazioni in campo tecnologico. Cio consente a un infrastruttura che utilizza la levitazione magnetica e dunque molto sensibile ai cambi di livello, di poter avere garanzie sull'infrastruttura.

Tecnicamente parlando, rispetto alla capacità di Progetto che si prospetta per Hyperloop, si può affermare come si è visto nelle analisi condotte la grande capacità di adattamento a una richiesta variabile di servizi da parte del possibile pubblico, rispetto alle altre modalità di mobilità.

Stime di alcuni indicatori delle performance tecniche del sistema HL e delle sue controparti - HSR e APT

Indicatori	HL	HSR	APT	Unità di misura
Cpacità di traffico (vel/h)				
Segmento	12 (a)			
Stazione	p.m. (b)			
Linea	12	12		
Frequenza massima dei servizi	12(d)	12	3	[partenze/h]
Capacità veicoli	28	1000	130	[posti a sedere/h]
Capcità di trasporto	269 (e)	9600	312	[passeg./h]
Produttività tecnica	327936(f)	3360000(g)	258968 (h)	[passeg.-km/h^2]
Lunghezza della linea	600	600	600	[km]
Velocità operativa di crociera	965	264	407	[km/h]
Tempo di percorrenza	37.3	136.4	88.5	[min]
Ritardo nelle partenze(i)	2.5	2.5	10	[min]
Tempo totale tra stazioni-stazioni	40.3	138.9	98.5	[min]

Questo fa si che Hyperloop si collochi tra le modalità di mobilità sostenibile migliori e più vantaggiose a livello di costi efficacia del servizio, costi benefici per la collettività, e a livello di sostenibilità dell'infrastruttura.

Per quanto riguarda la vita utile del Progetto, abbiamo la testimonianza delle infrastruttura presenti e viventi, che se ben mantenute le opere infrastrutturali nelle regioni piemontesi e lombarde in rari casi soffrono di eventi sismici dannosi, dunque un altro punto a favore per Hyperloop.

STEP 2.5

I risultati dell'analisi ambientale ci dimostrano come l'infrastruttura Hyperloop riesca ad apportare una moltitudine di vantaggi in termini ambientali:

- No consumo di suolo, ma utilizzo di corridoi relitto ove possibile
- No consumo di energia da fonti non rinnovabili
- No impatto acustico come infrastruttura
- No inquinamento da rilascio in atmosfera di materiale e odori sgradevoli
- Ridotto impatto visivo grazie alla forestazione parallela ad esso
- Corridoio permeabile da flora e fauna
- Ciclo dei materiali utilizzato al 100% per acciaio, calcestruzzo, vetro e alluminio
- Riforestazione del corridoio infrastrutturale Torino-Milano

STEP 2.6

I vantaggi a livello economico finanziario sono innumerevoli.

Scendendo nel dettaglio, come la normative ci richiede, ci sono degli indicatori di validità internazionale a livello finanziario ed economico nel nostro caso, che garantiscono una validità del Progetto confermata con i numeri e I parametri.

Iniziamo con l'individuarli e poi verrano ampiamente discussi.

I principali indicatori di redditività utilizzati nell'ACB per valutare la convenienza economica sono:

- VANe = Valore Attuale Netto economico
- TIRe = Tasso Interno di Rendimento economico
- RBCA = Rapporto Benefici Costi Attualizzati
- PBP = Pay Back Period

VANe Valore Attuale Netto economico

Per introdurre il Valore attuale netto economico, occorre fare un breve cenno sul concetto di attualizzazione e sulla teoria dell'interesse. Si tratta pertanto di calcolare l'accumulazione iniziale del flusso economico dato dai Benefici meno I Costi, corrispondente alla somma attualizzata dei flussi riferiti a ciascun periodo:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^{n} \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \cdots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Dove:
Ft = (Bt – Ct) ovvero flussi di capitale (Benefici – Costi) al tempo t (con t variabile da 0 a n)
I = saggio di interesse

L'indicatore è del tutto analogo al VAN utilizzato per la stima delle bontà dell'investimento dal punto di vista finanziario, con la differenza che tiene conto non solo dei Ricavi e dei Cosi finanziari ma anche dei Benefici e dei Costi economici monetizzati, talora in modo artificioso, con l'ACB.

Per quanto riguarda il saggio di attualizzazione, sorge poi un ulteriore discussione, dettata dale necessità di scegliere un tasso adeguato. Trattandosi di voci che si riferiscono a elementi di costo e di beneficio, per le quali non per forza esiste un mercato di riferimento, alcuni autori non concordano sulla necessità di adottare un saggio di attualizzazione di mercato.

Tuttavia in coerenza con le ipotesi alla base del metodo dell'ACB, l'impiego di un saggio di attualizzazione di mercato (pur basso, cioè "etico") pare la scelta più logica, date le naturali difficoltà ad individuare un saggio fittizio. Tra le varie indicazioni in merito al saggio, occorre citare il riferimento dale " Guide to Cost Benefits analesys" che per I sistemi ferroviari propone un tasso al 5%.

In analogia con quanto visto per la convenienza finanziaria, perchè l'investimento sia economicamente conveniente è necessario che il VANe sia quanto meno positivo.

- VANe < 0, infatti significa che i Costi sono maggiori dei Benefici
- VANe = 0, infatti significa che i Benefici sono uguali ai Costi
- VANe > 0, infatti significa che i Benefici sono maggiori dei Costi

Tuttavia, tale indicatore non fornisce alcuna indicazione in merito al capitale investito, inteso in senso ampio come costo economico.

COSTI TOTALI	**15.926.497.516,98**
BENEFICI DIRETTI TOTALI	26.945.764.888,46 €
BENEFICI INDIRETTI TOTALI	31.359.828.417,95
BENEFICI TOTALI	**58.305.593.306,41 €**

Come possiamo notare nel nostro caso i Costi sono molto inferiori ai Benefici. Infatti pur considerando solamente I Benefici diretti(ticket passeggeri,merci) sarebbe immutata la situazione.

VALORE ATTUALE NETTO ECONOMICO (VAN)	**14.403.860.904**	**[€]**

Il parametro economico VANe dimostra come I Benefici siano ampiamente superiori a 0, dunque possiamo in prima Battuta ritenere l'investimento postivo e fruttuoso.

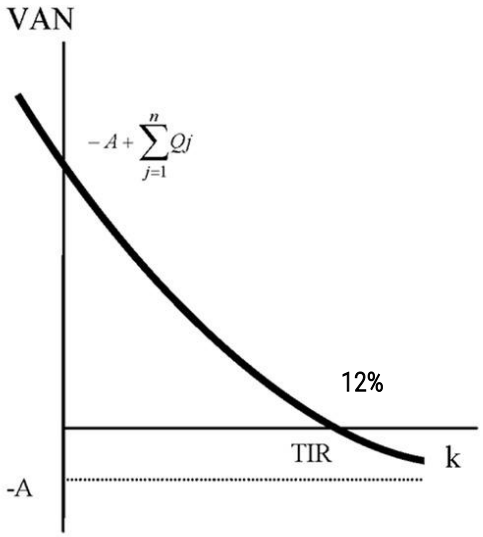
TIRe Tasso Interno di Rendimento economico

Proprio come per l'analisi finanziaria, si introduce allora un ulteriore indicatore, il Tasso interno di rendimento economico (TIRe) che, come detto, è quell saggio di interesse o di sconto determinato dal rendimento del capitale economico investito; in altri termini, è quell tasso che annulla il VANe, rendendo cioè equivalenti I flussi positive (Benefici) e negative(Costi) dell'investimento. Più in specific, il TIRe si ricava azzerando il VANe risolvendo rispetto al saggio I (cioè con TIRe =i):

$$TIR = \sum_{T=0}^{n} \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0$$

Come già per il TIR finanziario, dal punto di vista pratico il TIRe si ottiene per tentative, con problematiche analoghe in merito alla possibilità che il valorericercato non esista o sia, al contrario, addirittura multiplo.

Perchè l'investimento sia economicamente conveniente, occorre che il TIRe sia Maggiore, o quantomeno pari, ad una determinate soglia di accettabilità. Tale soglia, definite a partire dal rendimento dell'investimento a rischio nullo adottato come saggio di attualizzazione, deve inoltre coprire l'inflazione e una quota parte di rischio (il cosiddettopremio al rischio). Linvestimento a rischio nullo è preso come riferimento proprio perchè il rendimento che esso garantirebbe è il minim oche ci si dovrebbe attendere da un'opera pubblica.



TASSO INTERNO DI RENDIMENTO (TIR)	**11,97%**

Come potevamo immaginare il TIR è solo una in tutta la tratta dal momento I flussi negative una volta passati a positive non cambiano più di segno.
Il valore è in linea con quelli richiesti dalla "Guide to cost benefit analesys", ovvero di avere almeno un TIR>10% opera infrastrutturali di grande portata.

Rapporto Benefici Costi Attualizzati

Il rapport Benefici Costi attualizzati invece coincide con l'indice che si ottinee, come dice il nome stesso, dal tra il valore attualizzato della somma di tutti i Benefici ed il valore attualizzato della somma di tutti I Costi.

$$RBC = \frac{\sum_{t=0}^{n} \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+i)^t}}$$

Come l'investimento viene giudicato da questo indice:

- RBCA < 1 Investimento negativo non conveniente a livello economico
- RBCA > 1 Investimento positivo di convenienza economico sociale

Al crescere del valore del RBCA aumenterà anche la convenienza economico sociale dell'investimento.

∑ COSTI TOTALI ATTUALIZZATI	**11.540.035.139,83**
∑ BENEFICI E RICAVI TOTALI ATTUALIZZATI	**24.097.779.950,85**
RBCA = (∑ BENEFICI ATTUALIZZATI / ∑ COSTI ATTUALIZZATI)	**2,09**

Essendo il valore ampiamente > 1, ne possiamo dedurre che sia un buon investimento e che dimostri la bontà dei benefici rispetto ai costi.

PBP Payback Period

Il payback period ovvero il tempo di ritorno, consente invece di individuare il numero di periodi necessary affinchè i flussi positivi (Benefici- Costi) generate dall'investimento, accumulandosi, uguaglino il flusso negative iniziale. Si tratta, in sostanza, di calcolare periodo per periodo, una sorta di VANe progressive, da individuarsi per tentativi.

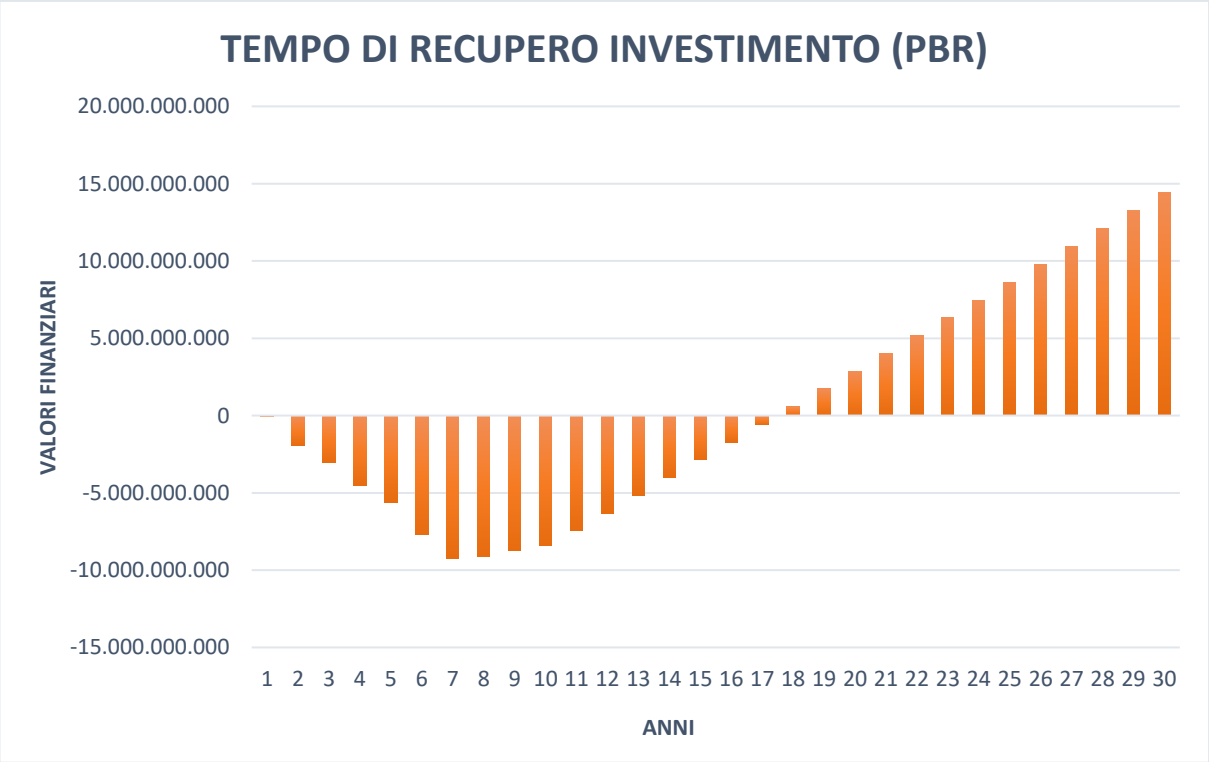
Nel momento in cui tale VANe progressivo cambia di segno (diventando cioè positivo, sempre nell'ipotesi di flussi dall'andamento crescent, prima negative ed in seguito positivi), I costi risultano compensate e I benefici cominciano ad essere positive.

Minore è il PBP, più in fretta I costi vengono compensate, con conseguente maggior convenienza dell'investimento.

Se vi è convenienza economica, PBP dovrebbe comunque essere minore della durata totale dell'investimento stesso.

Di seguito un estratto dei valori più significativi che ci consentono di capire quando i Benefici sorpassano i costi.

ANNI	1	7	18	4	5
TEMPO DI RITORNO (∑ BENEFICI CUMULATIVI - ∑ COSTI CUMULATIVI)	-56.294.007	-9.219.413.869	574.708.894	8.619.307.205	14.403.860.904



Come si può notare dai grafici I valori sono ampiamente positive e segno di un Progetto ben studiato e ben organizzato dal punto di vista prettamente finanziario e della programmazione degli eventi. Si può ritenere dunque che I criteri siano ampiamente stati soddisfatti.

Occorre per altro ricordare, per quanto ovvio, che non è possibile un confronto tra gli indicatori ottenuti con l'analisi economica con quelli derivanti dal piano finanziario. Infatti, le cifre coinvolte nelle analisi economichehanno quasi sempre carattere "simbolico", non confrontabili con unità monetarie, o indicatoriad esse legati, che si riferiscono ad un mercato reale.

Ragionare in termini di moneta corrente può essere molto utile e si rivela un buon metodo per trattare in modo "familiare" grandezze anche intangibili, ma i 2 riferimenti non andrebbero mai confusi.

VALORE ATTUALE NETTO ECONOMICO (VAN)	**14.403.860.904**	**[€]**
TASSO INTERNO DI RENDIMENTO (TIR)	**11,97%**	
RAPPORTO BENEFICI COSTI ATTUALIZZATO (RBCA)	**2,09**	
TEMPO DI RECUPERO (PBP)	**18**	**[anni]**

Il Quadro complessivo dei 4 indicatori economici analizzati mostra la situazione di sostenibilità economica dell'investimento.

06

Conclusioni e sviluppi futuri

Conclusioni e sviluppi futuri

In risposta ai 3 obbiettivi che ci si era prefissati all'inizio del lavoro ci si può ritenere soddisfatti poiché sono stati ampiamente raggiunti.

1. Economico

- *Sostenibilità economico-finanziaria del corridoio Hyperloop Torino-Milano*

  Si ritiene raggiunta la sostenbilità dal punto di vista economico finanziario, poichè come visto nella discussione dei risultati, i benefici sono molto superiori rispetto ai costi nonostante gli alti costi di investimento iniziale che richiedono molta sperimentazione. Gli obbiettivi sono stati soddisfatti come possiamo vedere dall'analisi Costi Benefici. Poichè nel breve period si ottengono costi Elevati, ma ampiamente superati in modo esponenziale dai ricavi finanziari ottenuti nel medio lungo period, cosa classica per le infrastrutture di lungo periodo.

- *Sostenibilità tecnica e procedurale* per il *contesto italiano*

  Dopo un attenta analisi dell'iter procedural richiesto dalla commissione Europea per l'accesso al fondo Europeo Next Generation EU, degli obbiettivi ambientali del G20 a ROMA, della COP26 a Glaskow e dale stringenti linee guida italiane per l'accesso ai fondi del PNRR, ci si può ritenere soddisfatti poichè si ritiene che il sitema Hyperloop potrebbe avere senza dubbio modo di crescere nel conteso italiano vista la credibilità a livello internazionale dell'economia italiana in forte ripresa. Dal punto di vista tecnico, le modalità utilizzate per rintracciare le condizioni migliori per la nascita del primo corridoio Hyperloop si ritiene che siano state un valido approccio scientifico riconosciuto a livello istituzionale Italiano ed Europeo. Tecnicamente l'infrastruttura Hyperloop in italia avrebbe tra i migliori supporti per lo sviluppo al mondo.

2. Ambientale

- *Valutazione dell'impatto ambientale* e *visivo* dell'infrastruttura
  Da una prima analisi complessiva degli impatti si è potuto notare come l'infrastruttura basata su tecnologie del 21°secolo nasca già con dell'implementazioni e ottimizzazioni a livello ambientale. In primis zero impatto sonoro, basso consumo di suolo, colorazioni naturali e versatili in base al contesto, cantieri sostenibili e a zero produzione di CO2. I materiali da costruzione sono tutti con alte percentuali di materiali riciclati e con molte possibilità di riutilizzi future. L'impatto visivo che si pensava fosse il tendine di achille sembra trovare una soluzione con la Nature based solution e la piantumazione di 11000 betulle in risposta anche a un corridoio infrastrutturale presente che non si è mai rinnovato in qualità architettonico paesaggistica ambientale e che con questo Progetto troverebbe una nuova linfa ecologica. La grande riduzione di CO2 da riduzione del traffico e il grande impatto positivo sull'ambiente garantirebbe a Torino e Milano di poter diventare le città leader della transizione ecologica dei trasporti ad alta velocità. L'autoproduzione gestione e utilizzo dell'energia garantirebbe all'infrastruttura di diventare un modello di economia circolare per le infrastrutture del domani.

- Valutazione delle implicazioni architettoniche, paesaggistiche e *tecnologiche*

  È notizia di pochi giorni fa, l'idrogeno entrerà come possibile sostituto delle energie non rinnovabili. Dunque, ritengo che una possibile implementazione tecnologica potrà proprio essere quella di sfruttare questa tecnologia per dotare queste 2 grandi capitali economiche di una rete diretta dell'idrogeno; ma da ciò ne beneficerebbero tutte le province limitrofe a quest'infrastruttura poiché si creerebbero le diramazioni e le infrastrutture di servizio stabili per il suo stoccaggio e diramazione. Dal punto di vista paesaggistico ci sarebbe moltissime applicazioni e soluzioni verdi indagate che potrebbero aiutare a mantenere un clima temperato e controllato in particolar modo d'estate dove le temperature hanno picchi esagerati e potrebbero dare problemi all'infrastruttura. Dal punto di vista Architettonico sarebbe possibile sviluppare nuove soluzioni tecniche riguardanti la forma, i materiali, i componenti che si unirebbero molto facilmente a una tecnologia formata dalle più moderne tecnologie attuali sul mercato.

3. Sociale

- Individuazione dei *vantaggi* per la *società*

  Il questionario descrive a pieno la soddisfazione della società per riuscire a immaginarsi tutti I benefici che una tal infrastruttura apporterebbe alla società. La società avrebbe a disposizione un alternativa ai mezzi di trasporto tradizionali e ormai fuori controllo. Una soluzione del 21° secolo, con le tecnologie del 21° secolo gestibili e integrabili con le esigenze che hanno oggi tutte le persone che viaggiano. Nato e progettato dai migliori designer italiani, la capsula del future proietta la società a vivere un viaggio che diventa unico e fatto su misura delle persone che vogliono viverlo come meglio credono. Le migliorie dell'ambiente in cui vivremmo garantirebbe livelli di vivibilità della città senza confronti, oltre a riaccendere la capacità creative del popolo italiano europeo e mondiale a credere nelle capacità dell'uomo di poter coesistere con la salvaguardia ambientale.

Valutazioni complessive sugli sviluppi futuri

Upgrade futuri sul lavoro svolto

Sulla mia tesi ritengo di dover spendere alcuni paragrafi per raccontare tutta la mole di lavoro abbozzato e mai potuto concludere ma che credo si potrebbe portare avanti e sviluppare.

1. Partirei da un inquadramento territoriale per evidenziare ulteriori strategie a livello macro-territoriale e micro-territoriale, perché solo dopo aver capito a livello di fattibilità si può condurre un analisi corposa e che prenda in considerazione molti parametri che si ritiene fondamentali per lo sviluppo del tessuto economico ma anche e soprattutto urbano architettonico sociale.
2. Svilupperei un'analisi per poter rintracciare ulteriori indicatori tecnici per effettuare una scelta tra le alternative progettuali che sia frutto non solo di aspetti economico sociali e ambientali ma anche legati alla fattibiilità tecnica e alla sua complessità intrinseca dovuta alla complessità del sito e dei luoghi che sono interessati. A tal proposito l'Analisi multicriteri è lo strumento metodologico adatto per poter riconoscere tra molti parametri quelli più importanti. E Bene riporto il lavoro da me iniziato e che spero in futuro, io o chiunque voglia potrà beneficiarne e condurre le analisi del caso
3. Svilupperei un Life Cycle Assesment, per dare corposità alla Valutazione di Impatto ambientale e tracciarne un profilo ambientale più tecnicamente rigoroso e formale. Non solo, dal punto di vista economico si avrebbero ulteriori chiarimenti e possibili innovazioni dal punto di vista ingegneristico dell'applicazione in questione.

Di seguito vi propongo il lavoro da me iniziato e non terminato per mancanza di tempo a sufficienza per la sua applicazione.

Sviluppo Analisi multicriteri per il DOCFAP

ANALISI MULTICRITERI

L'analisi multicriteria consiste in un'insieme di tecniche utilizzate per confrontare alternative sulla base di criteri diversi tra loro, tenendo conto in modo esplicito dell'importanza relativa attribuita a ciascuno di essi. Diversamente da un'analisi costi-benefici, nella quale gli elementi rilevanti sono resi commensurabili riportandoli a grandezze monetarie (o considerando le grandezze monetarie legate ai loro impatti), nell'analisi multicriteria i criteri decisionali sono espressi su una scala normalizzata e poi confrontati sulla base di un peso che può essere definito attraverso metodi differenti.

In sintesi, i passaggi fondamentali di un'indagine multicriteria sono:

- identificazione delle alternative;
- identificazione dei criteri di valutazione (es.: costo, impatti ambientali, ricadute occupazionali, ecc.);
- stima dei pesi da attribuire ai criteri;
- misurazione delle caratteristiche di ciascuna alternativa in relazione a ciascun criterio (es. costo di ciascuna alternativa, impatti ambientali di ciascuna alternativa, ecc.);
- normalizzazione delle misure secondo una scala confrontabile;
- calcolo dei valori sintetici.

La realizzazione di questi passaggi per l'applicazione oggetto di quest'analisi è sta condotta dal: Department for Communities and Local Government (2009): Multi-criteria analysis: a manual. London

La definizione dei criteri

La definizione dei criteri di valutazione è stata sviluppata attraverso un'analisi delle principali problematiche sulla quale si vuole investigare. Al termine del processo di confronto, sono stati identificati quattro criteri principali, ognuno di essi articolato in alcuni sotto criteri.

Criterio	Sottocriteri
Impatti ambientali	Aspetti idrologici
	Rumore
	Consumo di suolo
	Impatto visivo/paesaggio
Complessità del progetto	Costo di investimento e manutenzione
	Durata della costruzione
	Problematiche di cantiere
Impatti economici	Impatto nel settore trasporti /logistica
	Riduzione suolo agricolo
	Variazioni valori immobiliari
Efficacia trasportistica	Capacità della linea
	Affidabilità /regolarità dei servizi di trasporto
	Sicurezza

Figura 3.1.2 Criteri e sotto criteri utilizzati per l'individuazione del progetto infrastrutturale da scegliere, elaborato da M. Volpatti. Fonte: linee guida DOCFAP, MIMS, Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenib

La definizione dei pesi

Usare gli stakeholders per fare i confronti

La definizione delle caratteristiche delle alternative

La definizione delle caratteristiche delle alternative per ciascuno dei criteri e sottocriteri è stata sviluppata dai progettisti e dai responsabili delle analisi ambientali.

Essi hanno fornito le valutazioni relative agli impatti attesi per le diverse alternative misurando tali impatti in una forma (sintetica) specifica in funzione della natura di ciascun sottocriterio. La tabella 2.4 riassume gli indicatori utilizzati per ciascun sottocriterio.

Per ciò che riguarda gli impatti economici nel settore dei trasporti e della logistica e la variazione dei valori immobiliari non si è fatto riferimento a un indicatore specifico, ma si è definito direttamente il valore dell'indicatore normalizzato (vedi paragrafo 3.2).

Per quanto riguarda la sicurezza, l'indicatore utilizzato è l'Indice di rischio globale per il trasporto delle merci pericolose su ferrovia (vedi appendice).

Criterio	Sottocriteri	Indicatore
Impatti ambientali	Aspetti idrologici	n. corsi d'acqua attraversati e loro importanza
	Rumore	km in adiacenza ai centri abitati e/o ricettori sensibili
	Consumo di suolo	mq consumo di suolo
	Impatto visivo/paesaggio	lunghezza x altezza viadotti
Complessità del progetto	Costo di investimento e manutenzione	Costo di realizzazione opera (importo lavori)
	Duratta della costruzione	Durata della costruzione (giorni)
	Problematiche di cantiere	km in adiacenza centri abitati x densità abitativa
Impatti economici	Impatto nel settore trasporti /logistica	
	Riduzione suolo agricolo	consumo suolo agricolo x Valore Agricolo Medio dei terreni attraversati
	Variazioni valori immobiliari	
Efficacia trasportistica	Capacità della linea	lunghezza in metri del tratto di linea maggiormente caricato su cui l'alternativa aggiungerebbe impegno di capacità
	Affidabilità /regolarità dei servizi di trasporto	n° capsule/giorno sulle linee dove insistono i collegamenti
	Sicurezza	Indice di rischio globale per il trasporto delle merci pericolose su ferrovia (fattore principale correlato alla densità di popolazione, vedi testo in appendice)

Figura 3.1.2 Criteri e sottocriteri, indicatori utilizzati per l'individuazione del progetto infrastrutturale da scegliere, elaborato da M. Volpatti. Fonte: linee guida DOCFAP, MIMS, Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili

LCA

Il life cycle assesment, ovvero la valutazione del ciclo di vita, indaga sotto tutti gli aspetti tutte le trasformazioni delle risorse materiale e non utilizzate in un intervento di qualsiasi natura. In questo caso sarebbe opportuno analizzare e sviluppare una serie di analisi relative in primo caso a valutare la possibilità, per esempio, di sostituire i materiali inseriti per il progetto con degli opportuni materiali di altre forme che in differenti modalità potrebbero essere valide alternative a quelle seguite per la redazione del progetto. Aiuterebbe a valutare i carichi in termini di impronta ecologica dell'infrastruttura, quantificerebbe la quantità di energia che sarebbe utile per effetttuare i lavori, servirebbe inoltre a valutare la quantità di CO2 che verrebbe prodotta per il trasporto dei prodotti in cantiere, oltre che di tutte le lavorazioni.

Upgrade futuri a livello della tecnologia Hyperloop

- Il background e la storia che supportano lo sviluppo del Corridoi Hyperloop Torino-Milano-Venezia-Trieste in vista delle Olimpiadi 2026
- Il mercato dei viaggi interurbani nell'ambiente di viaggio attuale e futuro previsto.
- I costi di capitale e operativi del servizio Hyperloop del corridoio Torino-Milano.
- Riduzione dell'inquinamento dell'aria, dell'ambiente circostante, del rumore e del traffico veicolare che rende inefficiente la comunicazione e i trasporti
- Il primo corridoio Hyperloop merci tra un porto del mediterraneo (Genova) con l'Europa, sfruttando le tratte TEN-T già in costruzione per l'alta velocità, rendendo così il sistema infrastrutturale italiano molto più moderno ed efficiente.
- Inserire Hyperloop nelle politiche di sviluppo urbano, in maniera efficiente ed efficace

07

Bibliografia e sitografia

Bibliografia

Articoli su rivista

Musk, E. *Hyperloop Alpha Documents; SpaceX*: Hawthorne, CA, USA, 2013.

Massiani J., A.A, 2018, *Computable General Equilibrium Analysis of Mega Events: Where Are We Standing?* - New Series – Wp CERTeT n° 25

Abastante F., Lami I., Lombardi P. & Toniolo J., *District energy choices: More than a monetary problem. A SDSS approach to define urban energy scenarios*, Valori e Valutazioni, n.22, 2019.

Abastante F., Pensa S. & Masala E., *The process of sharing information in a sustainable Development Perspective: A web Visual Tool. In values and Functions for future cities,* Springer, Cham, 2020, pp.339-350

E. E. Dudnikov, " *Advantages of a new Hyperloop transport technology,"* 2017 Tenth International Conference Management of Large-Scale System
Development (MLSD), Moscow, 2017, pp. 1-4.

A. E. Hodaib, S. F. A. Fattah, *"Conceptional Design of a Hyperloop Capsule with Linear Induction Propulsion System,"* World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Aerospace and Mechanical Engineering Vol:10, No:5, 2016.

Opgenoord, M.M.J.; Merian, C.; Mayo, J.; Kirschen, P.; O'Rourke, C.; Izatt, G. MIT *Hyperloop Final Report*; Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, MA, USA, 2017.

Oster, D. *Evacuated Tube Transport*. U.S. Patent 5950543A, 14 September 1999.

Taylor, C.L.; Hyde, D.J.; Barr, L.C. *Hyperloop Commercial Feasibility Analysis: High Level Overview*; John, A., Ed.Volpe National Transportation Systems Center: Cambridge, MA, USA, 2016
Oh, J.-S.; Kang, T.; Ham, S.; Lee, K.-S.; Jang, Y.-J.; Ryou, H.-S.; Ryu, J. *Numerical analysis of aerodynamic characteristics of hyperloop system*. Energies **2019**, 12, 518.

Libri e Capitoli di libro a multi-autori

P. Cagnoli, 3° ed. 2010, *VAS Valutazione ambientale strategica, Fondamenti teorici e tecniche operative*, Dario Flaccovio Editore, Palermo. [ISBN: 978-88-579-0046-9]

A. Scialò, P. Costantino, 2°ed. 2011, *La nuova valutazione di Impatto Ambientale*, Tipologia del genio civile, Roma.

Consiglio Nazionale delle ricerche, Dipartimento di progettazione architettonica del Politecnico di Torino, (a cura di) G. Guarnerio, 1990, *L'Impatto Ambientale, informazione, analisi, valutazione, decisione*, Alinea editrice, Torino.

I. Cortesi, V. Cappiello, 2017, *Il paesaggio al centro, Integrazione tra discipline*, Lettera ventidue, Siracusa. [ISBN: 978-88-6242-261-1]

L. d'Andrea, G. Quaranta, G. Quinti, 2000, *Il ritorno della città, la base urbana della globalizzazione*, Officina Edizioni, Roma. [ISBN: 88-87570-08-6]

Sitografia

Acocella, I. (2005, April 1). *L'uso dei focus groups nella ricerca sociale: vantaggi e svantaggi*. focus. Retrieved 9 September 2021, from https://journals.openedition.org/qds/1077

Analisi del ciclo di vita e durabilità. (n.d.). ACCIAIO. Retrieved 4 April 2021, from https://www.promozioneacciaio.it/cms/it6639-analisi-del-ciclo-di-vita-durabilita.asp

Aviation and global climate change in the 21st century. (2009, July 1). ScienceDirect. Retrieved 9 July 2021, from https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1352231009003574

Biblioteche di Ateneo - DigProxy. (n.d.). TESI. Retrieved 3 September 2021, from https://login.ezproxy.biblio.polito.it/login?qurl=https://link.springer.com%2fchapter%2f10.1007%2f978-3-030-66412-1_31

Ciancarini, M. (2021, May 18). *Carbon Foot Print: Valutazioni delle emissioni di CO2 ed Incentivi*. E-nsight Blog. Retrieved 6 December 2021, from https://www.e-nsight.com/2021/05/18/carbon-foot-print-valutazioni-delle-emissioni-di-co2-ed-incentivi/

Clima Italia: temperature, precipitazioni, quando andare, cosa portare. (n.d.). DESCRIZIONE CLIMA PIANURA PADANA. Retrieved 7 July 2021, from https://www.climieviaggi.it/clima/italia

The Climate Crisis is a Child Rights Crisis. (2021, August 20). UNICEF. Retrieved 20 September 2021, from https://www.unicef.org/reports/climate-crisis-child-rights-crisis

come risolvere i problemi di dilatazione termica. (n.d.). Dilatazione Termica. Retrieved 9 June 2021, from https://www.e-nsight.com/2020/04/17/hyperloop-levitare-alla-velocita-del-suono/

contributori di Wikipedia. (2021, October 31). *Geologia italiana*. Wikipedia. Retrieved 9 November 2021, from https://it.wikipedia.org/wiki/Geologia_italiana#cite_note-11

Corridoi europei TEN-T | mit. (n.d.). TENT. Retrieved 9 July 2021, from https://www.mit.gov.it/connettere-litalia/corridoi-europei-ten-t

CORRIDOIO TEN-T. (n.d.). CORRIDOIO TEN-T. Retrieved 9 September 2021, from https://www.rfi.it/it/rete/in-europa/corridoi-ten-t.html

Equilibrio generale calcolabile. (n.d.). Equilibrio Generale Calcolabile. Retrieved 6 December 2021, from https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Modelo-de-equilibrio-general-computable-BID-INT-Marco-te%C3%B3rico-y-aplicaciones.pdf

Ferrajoli, G. (2018, December 11). *Trasporti e logistica, quanto inquinano e come inquinare meno*. Wired Italia. Retrieved 3 November 2021, from https://www.wired.it/attualita/ambiente/2018/12/11/trasporti-logistica-inquinamento-food-delivery/

Finizio, M. (2020, December 14). *Qualità della vita 2020: la classifica delle province italiane dove si vive meglio. Bologna la migliore nell'anno del virus | Il Sole 24 ORE*. Www.Ilsole24ore.Com. Retrieved 4 June 2021, from https://lab24.ilsole24ore.com/qualita-della-vita/

HYPERLOOP STATION. (n.d.). RBSystems. Retrieved 6 December 2021, from http://www.rb-systems.us/rbsystems-hyperloop-station

Hyperloop Transportation System: Analysis, Design, Control, and Implementation. (2018, September 1). IEEE Journals & Magazine | IEEE Xplore. Retrieved 2 May 2021, from https://ieeexplore.ieee.org/document/8119842/

HYPERLOOP TRATTE. (n.d.). HYPERLOOP TRATTE. Retrieved 6 December 2021, from https://www.dday.it/redazione/33922/hyperloop-sbarca-in-italia-6-tratte-in-studio-il-primo-viaggio-entro-10-anni

Il ministro Giovannini: i 62 miliardi del Pnrr a ferrovie e porti. (2021, June 14). Giovannini. Retrieved 6 July 2021, from https://www.msn.com/it-it/money/risparmio/il-ministro-giovannini-i-62-miliardi-del-pnrr-a-ferrovie-e-porti/vi-AAL1v1Z?ocid=wispr

Lamperti, G. (2021, June 9). *L'Hyperloop arriva in Italia, progettato da Zaha Hadid Architects*. Domus. Retrieved 8 July 2021, from https://www.domusweb.it/it/citta-sostenibili/2021/06/09/hyperloop-arriver-in-italia-.html

Le dichiarazioni programmatiche del Presidente Draghi. (2021, September 6). www.governo.it. Retrieved 9 September 2021, from https://www.governo.it/it/articolo/le-comunicazioni-del-presidente-draghi-al-senato/16225

Le priorità della Commissione europea. (n.d.). Commissione europea - European Commission. Retrieved 7 June 2021, from https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024_it

Linee guida Piemonte. (n.d.). Linee Guida ITACA. Retrieved 1 April 2021, from https://www.regione.lombardia.it/wps/wcm/connect/535286d6-7b8e-4bcf-a7b3-e36d5b85c6c4/Linee+Guida+ITACA.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ROOTWORKSPACE-535286d6-7b8e-4bcf-a7b3-e36d5b85c6c4-moWlwzz

Massiani 2018. (n.d.). MEGASTRRUTTURE. https://iris.unive.it/retrieve/handle/10278/3698135/125097/2018%20CGE%20and%20megaevents.pdf

mit. (n.d.-a). mit. Retrieved 7 September 2021, from https://www.mit.gov.it/comunicazione/news/riorganizzazione_mims

mit. (n.d.-b). MIT. Retrieved 6 September 2021, from https://www.mit.gov.it/comunicazione/news/pnrr/pnrr-al-mims-62-miliardi-di-euro-per-mobilita-infrastrutture-e-logistica

Mobility and transport. (2021, December 3). Mobility and Transport. Retrieved 4 December 2021, from https://transport.ec.europa.eu/index_en

Morino, M. (2020, January 30). *Hyperloop sbarca in Italia: allo studio sei tratte per il treno super veloce*. Il Sole 24 ORE. Retrieved 3 March 2021, from https://www.ilsole24ore.com/art/hyperloop-sbarca-italia-studio-sei-tratte-tre-nord-e-tre-sud-AChKcHFB

Paris Agreement. (n.d.). Climate Action. Retrieved 5 May 2021, from https://ec.europa.eu/clima/eu-action/international-action-climate-change/climate-negotiations/paris-agreement_en

PNRR ITALIA. (n.d.). MIMS. Retrieved 5 May 2021, from https://www.governo.it/sites/new.governo.it/files/PNRR_2021_0.pdf

PORTALE GEOLOGICO. (n.d.). PORTALE GEOLOGICO. http://archivioweb.unipg.it/dipsct-20140729/Geologia_Regionale/Ipert/App.Sett.carta.html

PROJECTS. (n.d.). RBSystems. Retrieved 8 August 2021, from http://www.rb-systems.us/projects#/new-gallery-47/

Ratti, D. A. (2020, October 10). *Il treno Virgin Hyperloop mira a partire nel 2025 - ItaliaOggi.it*. Italia Oggi. https://www.italiaoggi.it/news/il-treno-virgin-hyperloop-mira-a-partire-nel-2025-2482694

Roveda, R. (2016, June 1). *Con il tunnel del Gottardo, il sogno della Svizzera si realizza a metà*. Limes. Retrieved 2 April 2021, from https://www.limesonline.com/con-il-tunnel-del-gottardo-il-sogno-della-svizzera-si-realizza-a-meta/91971?prv=true

Solustri, C. (2021, July 24). *Come si fa l'analisi costi/benefici*. FCHub. Retrieved 23 September 2021, from https://fchub.it/come-si-fa-lanalisi-costi-benefici/

S.R.L., D. (n.d.). *Consorzio Alta VelocitÃ Torino-Milano (CAVTOMI) - Storia - EDILSIDER S.p.A.* cantieri. Retrieved 1 December 2021, from https://www.edilsider.com/consorzio-alta-velocit%C3%A0-torino-milano-cavtomi

Szathvary, L. (2018, September 1). *Hyperloop: quali sono i pro e contro | Metadimensione*. Cronache dalla metadimensione. Retrieved 9 September 2021, from https://metadimensione.it/approfondimenti/hyperloop-pro-e-contro/

Take Action for the Sustainable Development Goals. (n.d.). United Nations Sustainable Development. Retrieved 6 May 2021, from https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/

TELT LIONE TORINO. (n.d.). TELT LIONE TORINO. Retrieved 9 September 2021, from https://www.telt-sas.com/it/obiettivo-2030/

Tg24, R. S. (2021, June 22). *Recovery, Draghi: 'Spendere bene'. Von der Leyen: 'Italia modello di ripresa nell'Ue'*. vonder leyen. Retrieved 9 July 2021, from https://tg24.sky.it/mondo/2021/06/22/draghi-von-der-leyen-pnrr-roma#00

Trans-European Transport Network TENTEC - Maps - European Commission. (n.d.). TENT. Retrieved 9 September 2021, from https://ec.europa.eu/transport/infrastructure/tentec/tentec-portal/site/en/maps.html

Trasporti e salute. (n.d.). European Environment Agency. Retrieved 9 September 2021, from https://www.eea.europa.eu/it/segnali/segnali-2016/articoli/trasporti-e-salute

VACTRAIN STORY. (n.d.). VACTRAIN STORY. Retrieved 9 September 2021, from https://it.ert.wiki/wiki/Vactrain#18th_century

Volume and GHG emissions of long-distance travelling by Western Europeans. (2016, June 1). ScienceDirect. Retrieved 9 September 2021, from https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1361920915001145