

# SISTEMA FERROVIARIO DI TRASPORTO MERCİ AUTOMATICO – ANALISI DEI COSTI DI TRASPORTO

## Rapporto

Rapporto preparato per:  
**CO.EL.DA Software SRL**

TRT Trasporti e Territorio

Milano, 2 ottobre 2018



## Foglio di controllo del documento

Cliente	CO.EL.DA Software SRL
Numero contratto	17p26
Nome del progetto	Sistema Ferroviario di Trasporto Merci Automatico – Analisi dei costi di trasporto
Versione	2 ottobre 2018
Date	18/10/2018

### Classificazione del documento

Bozza

Finale

**X**

Confidenziale

Ristretto

**X**

Pubblico

Autori principali	Enrico Pastori e Marco Brambilla
Approvazione finale	Enrico Pastori
Consegnato a	<b>Antonio Lucisano</b>

## Contatto

**Enrico Pastori**  
**TRT Trasporti e Territorio**  
**Via Rutilia 10/8**  
**Milano - Italy**  
**Tel: +39 02 57410380**  
**e-mail: [pastori@trt.it](mailto:pastori@trt.it)**  
**Web: [www.trt.it](http://www.trt.it)**

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE ED OBIETTIVO DELLO STUDIO .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>PRESENTAZIONE DEGLI SCENARI.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>SCENARIO TUTTO STRADA .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2</b>	<b>SCENARI DI IMPLEMENTAZIONE .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>IL MODELLO DI CALCOLO .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1</b>	<b>IPOTESI SUI VOLUMI DI DOMANDA DI TRASPORTO .....</b>	<b>9</b>
<b>3.2</b>	<b>IPOTESI DELLO SCENARIO TUTTO STRADA.....</b>	<b>11</b>
3.2.1	<i>I costi fissi.....</i>	11
3.2.2	<i>I costi variabili.....</i>	12
3.2.3	<i>Il costo medio totale stradale .....</i>	12
<b>3.3</b>	<b>IPOTESI DELLO SCENARIO DI IMPLEMENTAZIONE.....</b>	<b>14</b>
3.3.1	<i>Trazione stradale (tratte feeder).....</i>	14
3.3.2	<i>Manovra interna.....</i>	15
3.3.3	<i>Manovra composizione treno .....</i>	17
3.3.4	<i>Trazione ferroviaria.....</i>	17
3.3.5	<i>Manovra scomposizione treno e scarico semirimorchio .....</i>	17
<b>3.4</b>	<b>CONFRONTO TRA SCENARI .....</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>25</b>
<b>5</b>	<b>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....</b>	<b>27</b>

## LISTA DELLE FIGURE

Figura 3-1: Rappresentazione schematica dei mezzi di movimentazione utilizzati .....	8
Figura 3-1: Passaggi del modello di calcolo.....	9
Figura 3-1: Illustrazione schematica della sovrapposizione tra movimento ferroviario e movimento stradale.....	11
Figura 3-2: Confronto prezzi unitari scenario di implementazione e tutto strada [€/ton] .....	19
Figura 3-3: Confronto prezzi unitari scenario di implementazione e tutto strada [€/ton] .....	20
Figura 3-4: Confronto prezzi unitari scenario di implementazione e tutto strada [€/ton] .....	21
Figura 3-5: Confronto prezzi unitari scenario di implementazione e tutto strada [€/ton] .....	22
Figura 3-6: Confronto prezzi unitari scenario di implementazione e tutto strada [€/ton] .....	23
Figura 3-7: Confronto prezzi unitari scenario di implementazione e tutto strada [€/ton] .....	24

## LISTA DELLE TABELLE

Tabella 3-1: Assunzioni relative alla domanda di trasporto merci nello scenario di implementazione – domanda diffusa .....	10
Tabella 3-2: Costo totale annuale e medio totale per km del trasporto tutto strada.....	13
Tabella 3-3: Prezzo unitario stimato per tonnellata del trasporto tutto strada .....	13
Tabella 3-4: Costo totale annuale e medio totale per km delle tratte <i>feeder</i> (50km) .....	15
Tabella 3-5: Costi unitari di investimento .....	16
Tabella 3-6: Costi unitari di manutenzione .....	16
Tabella 3-7: Costi unitari operativi.....	16
Tabella 3-9: Prezzo unitario della trazione ferroviaria per classi di distanza.....	17
Tabella 3-10: Prezzo unitario per la scomposizione del treno e scarico del semirimorchio.....	18
Tabella 3-11: Confronto prezzi unitari scenario CARRELLO, carico in 6 scali, 2 coppie di treni/g [€/ton] .....	19
Tabella 3-12: Confronto prezzi unitari scenario CARRELLO, carico in 1 scalo, 2 coppie di treni/g [€/ton].....	20
Tabella 3-13: Confronto prezzi unitari scenario SMART WAGON, carico in 6 scali, 2 coppie di treni/g [€/ton].....	21
Tabella 3-14: Confronto prezzi unitari scenario SMART WAGON, carico in 1 scalo, 2 coppie di treni/g [€/ton].....	22
Tabella 3-15: Confronto prezzi unitari scenario AUTOMATICO, carico in 6 scali, 2 coppie di treni/g [€/ton].....	23
Tabella 3-16: Confronto prezzi unitari scenario AUTOMATICO, carico in 1 scalo, 2 coppie di treni/g [€/ton].....	24

## Lista delle abbreviazioni

Abbreviazione	Nome completo o definizione estesa
<b>CNR</b>	Comité National Routier
<b>EC</b>	European Commission
<b>MIT</b>	Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
<b>PIR</b>	Prospetto Informativo Rete
<b>RFI</b>	Rete Ferroviaria Italiana
<b>UTI</b>	Unità di trasporto intermodale

## 1 Introduzione ed obiettivo dello studio

Veicoli automatici in grado di spostare unità di carico all'interno di impianti sono una tecnologia in fase di sviluppo in diversi modi di trasporto e settori industriali (Bahnes et al., 2016).

L'obiettivo dell'introduzione di tali veicoli automatici è migliorare l'efficienza interna degli impianti in cui operano (e.g., centri intermodali o logistici), in particolare **riducendo i costi di gestione legati alle manovre** interne al sistema. Inoltre, tali veicoli automatici possono permettere di ottimizzare la movimentazione dei carichi dagli impianti verso reti di trasporto adiacenti.

I veicoli a guida automatica presentano altri due vantaggi. Primo, un **maggiore livello di sicurezza** che evita potenziali collisioni, grazie alla comunicazione tra veicoli dello stesso tipo, in grado di riconoscere la posizione relativa. Secondo, un minore impatto ambientale, grazie all'ottimizzazione dei movimenti e quindi dei consumi.

DHL (2014) ha valutato l'introduzione di diversi sistemi automatici nel settore della logistica e per diverse fasi di trasporto, sia indoor per magazzini, che outdoor per piazzali di stoccaggio, porti ed aeroporti. Con riferimento ad aree industriali, Nissan ha sviluppato un sistema di traino automatico di un convoglio di veicoli da parte di un'auto a guida autonoma (Daily Sabah, 2016)<sup>1</sup>. Infine, un'applicazione dei sistemi di movimentazione automatica, riguarda lo sviluppo di veicoli dedicati allo spostamento di aeromobili all'interno degli aeroporti, dai piazzali di parcheggio alle piste di rullaggio o decollo (e viceversa) (Morris et al., 2015)<sup>2</sup>.

Dal punto di vista tecnologico, ed indipendentemente dai contesti considerati, i sistemi di movimentazione automatica usano **tecnologie di comunicazione wireless**, con comandi impartiti da **centri di comando remoti**.

Nel caso in esame, il sistema innovativo di movimentazione automatica sarà applicato all'interno di centri intermodali strada-ferrovia per effettuare lo spostamento di unità di carico, e di fatto sostituendo il sistema attuale nel quale la movimentazione interna si svolge, o con trazione tradizionale (i.e., trattori diesel sul piazzale), oppure con sistemi che permettono ad un operatore di comandare un convoglio per mezzo di un telecomando (SBB Cargo, 2013).

L'obiettivo dello studio è pertanto quello di stimare i recuperi di efficienza generati da un sistema innovativo di movimentazione automatica di carri ferroviari all'interno di terminali intermodali ferrovia-strada. In particolare, i recuperi di efficienza ottenibili sono stimati confrontando i **costi del sistema innovativo di movimentazione automatica, rispetto all'alternativa di un trasporto fatto tutto via strada**.

Per svolgere questa valutazione sono stati ricostruiti scenari alternativi, cioè uno "tutto strada" ed uno "di implementazione". Per ciascuno degli scenari sono stati stimati i costi delle diverse fasi del trasporto, in modo da giungere alla determinazione e confronto dei costi unitari di trasporto per entrambi gli scenari. Per entrambi gli scenari sono state sviluppate diverse ipotesi operative:

- la composizione del treno integralmente all'interno di un terminal di partenza o la **composizione secondo un modello a traffico "diffuso"** in diversi terminal della regione Calabria;
- all'interno del terminal la possibilità che i movimenti di manovra siano effettuati con carrelli di manovra (in grado di trainare 1-2 carri per volta), o con carri automatici semoventi (equipaggiati con motore elettrico, sensori e sistemi di radiocomando a distanza);

---

<sup>1</sup> Intelligent Vehicle Towing system presso l'impianto Oppama plant di Yokohama.

<sup>2</sup> Oltre a migliorare l'efficienza interna, lo sviluppo di sistemi di movimentazione automatica di tipo elettrico, permetterebbe la riduzione di rumore ed di emissioni inquinanti da parte degli aeromobili. Per esempio dopo il distacco dal finger di un gate, l'accensione dei motori avverrebbe solo in prossimità della pista e non durante la manovra di *push-back*.

- dal punto di vista dell'aggancio tra diversi carri è prevista la distinzione tra sistema di aggancio tradizionale, che presuppone la presenza di un operatore per il controllo dell'aggancio del circuito dell'impianto frenante e un sistema di aggancio automatico, che riduce ulteriormente la necessità di presidio del centro di manovra;
- all'esterno del terminal simulando il confronto dei costi effettivi a 3 diverse soglie di distanza.

Le sezioni successive del rapporto sono organizzate come segue. La sezione 2 presenta le caratteristiche degli scenari considerati. La sezione 3 descrive il modello di calcolo e le assunzioni introdotte per stimare i costi delle diverse fasi del trasporto. La sezione 4 riassume i risultati del confronto dei diversi scenari con considerazioni circa i limiti del modello e altri potenziali benefici attivabili dal sistema innovativo, ma che non sono stati quantificati perché al di fuori dello scopo del lavoro. La sezione 5 raccoglie i riferimenti bibliografici che sono citati nel testo.

## 2 Presentazione degli scenari

Questo paragrafo descrive le caratteristiche degli scenari che sono stati concettualizzati per confrontare i costi di trasporto.

Assunzione comune per tutti gli scenari è che un'unità di carico intermodale (i.e., un semirimorchio) sia trasportata da un punto di origine in Calabria, verso una destinazione ipotizzata a tre diverse distanze. Ciò per fare emergere che peso abbia la distanza percorsa sui costi e per individuare i relativi intervalli di convenienza di uno scenario rispetto all'altro.

Tutti i costi sono stati stimati per unità di trasporto (i.e., €/ton e €/semirimorchio).

### 2.1 Scenario tutto strada

Lo scenario tutto strada prevede che il prelievo, trasporto e consegna dell'unità di trasporto intermodale sia effettuato da un trattore stradale per la lunghezza del trasporto. In questo caso i costi da considerare si riferiscono solo a quello di gestione del veicolo, da distinguere in fissi e variabili.

I costi fissi comprendono il costo del capitale (i.e., trattore e semirimorchio), l'ammortamento, gli interessi sul capitale, il personale, l'assicurazione, la tassa di possesso ed il rimessaggio. I costi variabili comprendono, la manutenzione del veicolo, il carburante ed i pedaggi per le tratte autostradali.

L'approccio analitico e le ipotesi descritte nel paragrafo 3.2 hanno fornito stime dei costi unitari per il trasporto dell'unità di carico in questo scenario.

### 2.2 Scenari di implementazione

Lo scenario di implementazione ipotizza l'introduzione del sistema Smart Wagon, un sistema innovativo di movimentazione di carri ferroviari. Questo scenario assume che la movimentazione dei carri ferroviari all'interno di uno scalo ferroviario o di un centro intermodale sia svolta o per mezzo di un carrello elettrico automatico a due assi, o che i carri stessi siano equipaggiati con motore autonomo, ovvero lo Smart Wagon quale mezzo a moto indipendente gestito telematicamente da remoto.

Lo scenario di implementazione deve considerare e ricostruire diverse fasi per il trasporto di una unità di carico intermodale, dal punto di origine in cui avviene la presa in consegna, alla destinazione finale. Tra queste, si svolgono: le manovre di carico nel terminal intermodale di partenza, la composizione dei carri per l'aggancio al locomotore, invio in linea ed infine lo scarico nel terminal intermodale di destinazione.

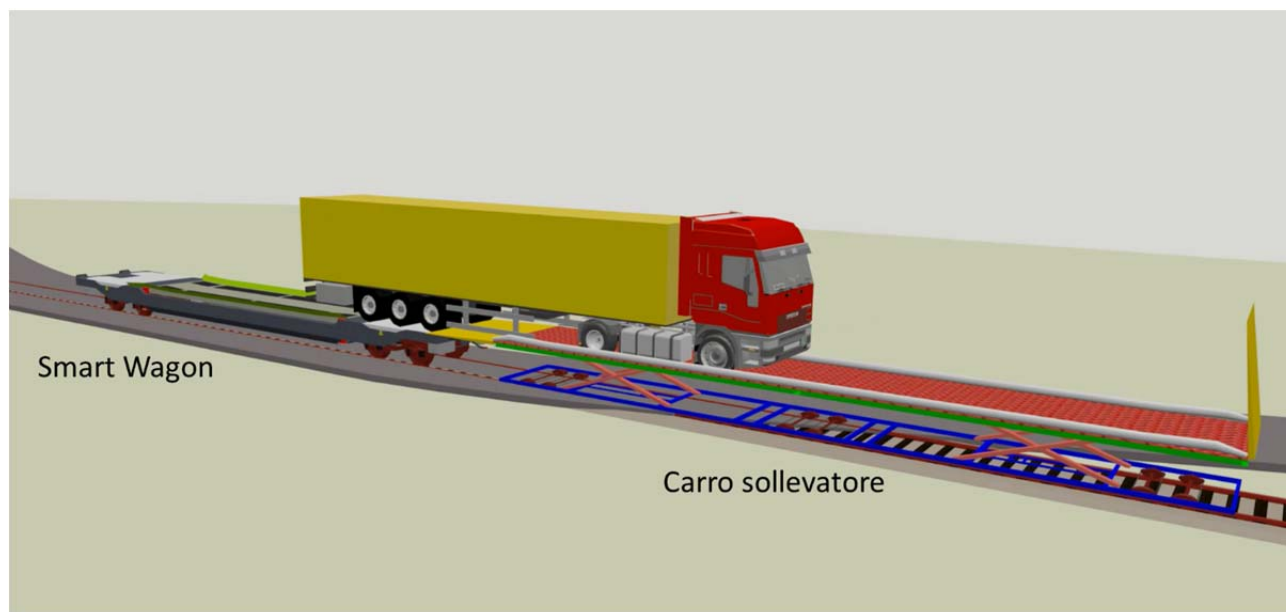
Lo scenario di implementazione considera i costi di investimento e di manutenzione che sono necessari per lo svolgimento delle operazioni interne al terminal intermodale nei diversi livelli di applicazione:

- Movimentazione con carrello di manovra (**CARRELLO**);
- Movimentazione con carro autonomo e gancio tradizionale (**SMART WAGON**);
- Movimentazione con carro automatico e gancio automatico (**AUTOMATICO**).

Il sistema è pensato per il trasporto di semi-rimorchi stradali su carri ferroviari “poche” adatti al trasporto di tali unità nel rispetto della sagoma limite ferroviaria.

Per le attività di carico/scarico delle unità di carico il sistema è integrato con un **carro sollevatore**, anch’esso a movimentazione di tipo automatico, che consente di evitare la necessità di una gru reach stacker o a portale, e pertanto riduce considerevolmente i costi di produzione delle operazioni di sollevamento dei carichi.

**Figura 3-1: Rappresentazione schematica dei mezzi di movimentazione utilizzati**



La soluzione prospettata è concepita per la gestione di **flussi di carico diffusi** sul territorio e non pare concorrenziale per la gestione di treni intermodali completi che di norma vengono preparati in contesti a forte domanda con mezzi di sollevamento adeguati a volumi intensi (cfr. terminal intermodali, nei quali a parte soluzioni sviluppate ad hoc, il sistema di carico è di tipo verticale)

A questi costi si sommano i costi per operazioni esterne al terminal intermodale ma necessarie per il trasporto dall’origine alla destinazione. Queste fanno riferimento principalmente alla trazione ferroviaria in linea (da acquistare da un’impresa ferroviaria), alle attività di preparazione e gestione del trasporto intermodale (da acquistare da un operatore intermodale) ed alle tratte feeder stradali per trasportare il semirimorchio dall’origine al terminal ferroviario di partenza e per trasportarlo dal terminal ferroviario di arrivo alla destinazione finale.

La sezione 3.3 descrive le assunzioni ed i valori che sono stati considerati per sviluppare lo scenario di implementazione, sia con riferimento ai costi, che alla domanda di trasporto considerata. I risultati ottenuti sono stati confrontati nella sezione 3.4 con i costi dello scenario tutto strada.

### 3 Il modello di calcolo

Questa sezione presenta il modello di calcolo sviluppato per confrontare i costi di trasporto unitari (i.e., €/ton e €/semirimorchio) dello scenario di implementazione a diverso livello di applicazione e lo scenario tutto strada.

Come anticipato, l’ipotesi comune per entrambi gli scenari riguarda l’assunzione di un trasporto di un carico effettuato con un semirimorchio, a parità di luogo di origine di presa in carico della merce e di luogo di destinazione per la sua consegna.

In particolare, per lo scenario di implementazione sono stati considerati due diverse aree di carico: in un caso si è considerato un carico distribuito su diversi punti di interscambio modale (6, assunti in



corrispondenza delle stazioni ferroviarie di Reggio Calabria, Villa San Giovanni, Rosarno, Vibo Valentia - Pizzo, Lametia Terme Centrale e Paola), nel secondo caso come se tutto il carico venisse consolidato in un unico centro (Lamezia).

Con riferimento al luogo di destinazione sono considerate tre diverse opzioni in funzione della lunghezza di viaggio, pari a 500 km (corta, corrispondente alla relazione Lamezia-Roma), 700 km (media, Lamezia-Firenze) e 1.000 km (lunga, Lamezia-Milano) rispettivamente. Infine, si assume che il semirimorchio tipo abbia un carico medio pari a 24 tonnellate.

La Figura 3-2 schematizza i passaggi del modello di calcolo.

**Figura 3-2: Passaggi del modello di calcolo**



Fonte: elaborazione TRT

Seguendo lo schema del modello di calcolo, questo capitolo del rapporto è organizzato in quattro sezioni. La sezione 3.1 introduce le ipotesi sui volumi di domanda di trasporto e sulla loro localizzazione spaziale. La sezione 3.2 presenta la ricostruzione del calcolo del costo unitario di trasporto dello scenario tutto strada. La sezione 3.3 presenta le ipotesi dello scenario di implementazione per la stima del costo unitario di trasporto. La sezione 3.4 confronta i risultati degli scenari.

### 3.1 Ipotesi sui volumi di domanda di trasporto

La stima dei volumi di domanda di trasporto è un prerequisito fondamentale per la fattibilità e sostenibilità del progetto considerato nello scenario di implementazione. In particolare, la domanda di trasporto merci deve essere stimata con riferimento ai volumi attuali, alla distribuzione spaziale dei luoghi di origine e destinazione ed infine con riferimento ad eventuali scenari evolutivi entro un orizzonte temporale di riferimento.

Per il contesto oggetto dello studio, in assenza di uno studio dedicato sulla domanda locale e sulle origini destinazioni da servire, è stata presa in considerazione una domanda di trasporto merci che potenzialmente si ritiene possa essere spostata dal trasporto tutto strada verso il trasporto intermodale considerato nello scenario di implementazione. In particolare si assume che la domanda di trasporto merci dai punti di origine consenta la formazione di 2 coppie di treni al giorno (i.e., due in andata e due in arrivo). La Tabella 3-1 riassume le assunzioni relative allo scenario con domanda diffusa (su 6 scali).

Il caso con domanda concentrata è invece presentato come puro termine di confronto: è verosimile che su relazioni a distanza superiore ai 500km, con domanda bilanciata, un sistema di trasporto intermodale raggiunga la sostenibilità sul piano economico. In genere infatti il trasporto intermodale è organizzato su

una relazione terminal-terminal, sulla base di treni completi a composizione bloccata: nella fattispecie si assume che la domanda totale sia operata all'interno dello scalo di Lamezia.

**Tabella 3-1: Assunzioni relative alla domanda di trasporto merci nello scenario di implementazione – domanda diffusa**

Stazioni partenza/transito	Carri transito per giorno	Carico carri [ton/giorno]	Carico carri per settimana <sup>3</sup> [ton/settimana]
Reggio Calabria	8	192	9.984
Villa San Giovanni	10	240	12.480
Rosarno	4	96	4.992
Vibo Valentia - Pizzo	8	192	9.984
Lametia Terme Centrale	10	240	12.480
Paola	4	96	4.992
<b>Totale</b>	<b>44</b>	<b>1.056</b>	<b>54.912</b>

Fonte: elaborazione TRT

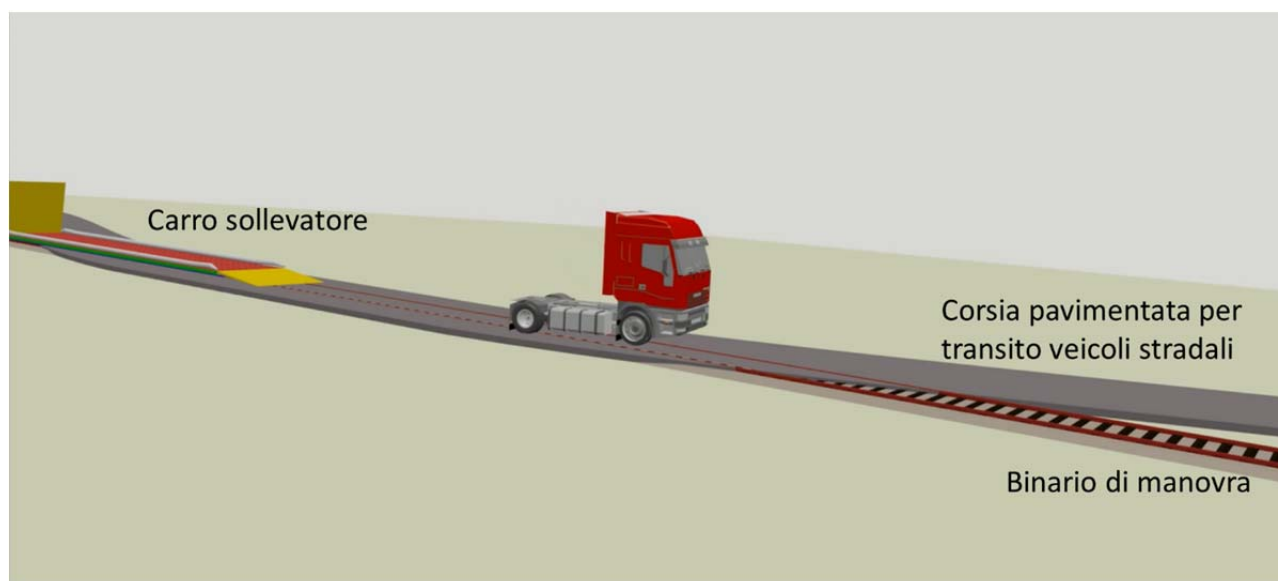
L'attenzione è stata poi rivolta verso l'offerta della rete ferroviaria con riferimento alla dotazione di infrastrutture intermodali. Come anticipato nel paragrafo precedente, lungo la linea tirrenica della rete ferroviaria fondamentale che attraversa la Calabria (RFI, 2017)<sup>4</sup> sono stati individuati 6 punti di interscambio modale dalla strada alla ferrovia. Si ritiene che questi punti di interscambio possano avere i prerequisiti necessari per poter essere adattati alle funzioni ed alle attività previste nello scenario di implementazione.

Tali prerequisiti consistono in (i) uno spazio sufficiente affinché un trattore stradale possa effettuare la manovra di carico del semirimorchio sul carro ferroviario, (ii) la disponibilità di 2-3 binari di manovra per la movimentazione ed il carico/scarico dei carri autonomi nonchè per la sosta da parte del carro sollevatore e (iii) adeguate condizioni per l'installazione dei sistemi per il controllo remoto dei carri autonomi (e dei carrelli di manovra) sul fascio di binari del terminal, (iv) la possibilità di asfaltare i binari nei quali avviene l'operazione di carico, in modo da rendere possibile il transito di mezzi stradali.

<sup>3</sup> Si considerano 52 settimane per anno.

<sup>4</sup> <http://www.rfi.it/rfi/LINEE-STAZIONI-TERRITORIO/Nelle-regioni/Calabria/La-rete-oggi-in:-Calabria>

**Figura 3-3: Illustrazione schematica della sovrapposizione tra movimento ferroviario e movimento stradale**



## 3.2 Ipotesi dello scenario tutto strada

Con riferimento allo scenario di trasporto tutto strada il costo unitario è stato stimato assumendo che il trasporto sia effettuato da un trattore stradale a cui è agganciato un semirimorchio. Valori di mercato, assunti a riferimento per trasporti su percorrenze superiori ai 500 km con veicoli nazionali, si collocano in un range compreso tra 1 e 1,5 €/km.

In modo analitico tale costo è stimabile sulla base di alcuni parametri di esercizio medi per il settore. Il costo totale annuale è funzione del costo di acquisto e di esercizio del sistema trattore più semirimorchio. Il costo medio unitario (i.e., €/km ed €/ton) è derivato dal costo totale annuale considerando una vita utile di 10 anni, una percorrenza annua di 100.000 chilometri ed un carico medio di **26 tonnellate**.

I paragrafi successivi descrivono in dettaglio come è stato stimato il costo medio unitario, distinguendo tra costi fissi (i.e., non dipendenti dalla percorrenza) e costi variabili (i.e., dipendenti dalla percorrenza).

### 3.2.1 I costi fissi

I costi fissi fanno riferimento alle seguenti voci.

- Il costo del capitale per l'acquisto del trattore e del semirimorchio è stato ricavato da pubblicazioni settoriali (TuttoTrasporti, 2017). Il costo del trattore è un valore medio che considera diversi produttori di veicoli pesanti e diverse caratteristiche (i.e., numero di assi, passo e tipologia di cabina). Anche il costo del semirimorchio è un valore medio ed è stimato considerando diverse tipologie di carico (i.e., collettame, sfuso, cisterna e refrigerato)<sup>5</sup>.

Il costo totale del capitale al netto dell'IVA è pari a € 180.328. Al termine della vita utile non è stato assunto un valore residuo, né per il trattore, né per il semirimorchio.

- La quota annuale di ammortamento del capitale è stata determinata dividendo il costo del capitale per la lunghezza della vita utile ipotizzata.

<sup>5</sup> Si veda anche MIT (2014).

- Il valore degli interessi sul capitale è stato stimato ricostruendo un piano di restituzione di lunghezza pari alla vita utile ipotizzata (i.e., con 120 rate mensili). L'interesse sul capitale è stato assunto pari al 3%.
- Il costo del lavoro è stato assunto dalle stime disponibili in CNR (2016). Per l'Italia è stato assunto pari a € 51.219 all'anno. Si osserva che questa voce di costo è considerata fissa, sebbene al suo interno ci siano componenti di tipo variabile, che dipendono dalla lunghezza dei periodi di lavoro fuori sede del conducente. Si ritiene che il valore assunto sia sufficientemente rappresentativo del caso considerato in questa applicazione.
- L'assicurazione del veicolo è stata assunta pari ad un valore forfettario di € 3.000 all'anno.
- La tassa di possesso è stata assunta pari ad un valore forfettario di € 1.000 all'anno.
- Come ulteriore costo fisso che concorre alla determinazione del costo medio totale del veicolo è stato considerato il costo per il rimessaggio, pari a € 2.500 all'anno.

### 3.2.2 I costi variabili

I costi variabili fanno riferimento alle seguenti voci.

- Il costo annuo del carburante, che dipende da tre fattori: percorrenza, consumo medio del motore e prezzo del gasolio. Come anticipato, la percorrenza annua è stata assunta pari a 100.000 km. Il consumo è stato assunto mediamente pari a 3,0 km/litro. Il prezzo del gasolio, al netto dell'IVA pari a € 1,137. Al costo totale ottenuto è poi stato sottratto il valore del recupero delle accise (i.e., millesimi di € 214,18 al litro) (Agenzia delle Dogane e dei Monopoli, 2017). In base alle assunzioni fatte il costo totale annuo è pari a € 30.761.
- Il costo annuo per la manutenzione, che dipende delle componenti del veicolo soggette ad usura, per le quali si prevede la sostituzione programmata. Tali componenti sono: i dischi dei freni anteriori, pattini/ganasce dei freni posteriori, il gruppo frizione, la batteria, i rabbocchi di olio motore, gli ammortizzatori, gli pneumatici ed altri interventi minori (e.g., luci, spazzole tergicristalli, etc.).  
Per ciascuna di queste componenti è stata ipotizzata una vita utile dipendente, o dal kilometraggio, o dal tempo. In questo modo è stato stimato il numero di sostituzioni necessarie all'anno<sup>6</sup>. Tutti i costi sono considerati al netto dell'IVA. In base alle assunzioni fatte il costo totale annuo è pari ad € 8.667.
- Il costo dei pedaggi autostradali è stato determinato stimando una percorrenza annuale sulla rete a pedaggio pari a 75.000 km (i.e., 75% del totale ipotizzato). Il pedaggio unitario medio è stato ricavato considerando tre tratte autostradali tipo<sup>7</sup>. In base alle assunzioni fatte il costo totale annuo è pari a € 11.451.

### 3.2.3 Il costo medio totale stradale

Il costo medio totale unitario (i.e., €/km) è ricavato dividendo il costo totale annuale (i.e., pari a € 129.358) per la percorrenza annua ipotizzata. Moltiplicando questo valore per la lunghezza del trasporto, si ottiene il corrispondente costo totale, ovvero il costo vivo che un autotrasportatore sosterebbe per effettuare il trasporto di un semirimorchio dall'origine alla destinazione.

---

<sup>6</sup> In particolare, dischi freni anteriori ogni 30.000km, pattini/ganasce freni posteriori ogni 50.000 km, gruppo frizione ogni 100.000 km, batteria ogni 4 anni, rabbocco olio motore 1 litro ogni 5.000 km, ammortizzatori ogni 150.000 km. Per esempio, per gli pneumatici è stata assunta una vita utile di 50.000 km, pneumatici ogni 50.000 km e altri interventi minori con un forfait di 500 €/anno (TuttoTrasporti, 2017).

<sup>7</sup> Le tratte considerate sono Milano-Napoli, Milano-Taranto e Torino-Trieste.

Il costo totale del trasporto così ottenuto è stato diviso per il fattore di carico del semirimorchio per ottenere la stima del costo unitario per tonnellata trasportata (i.e., €/ton). Infine, a questo è stato applicato un *mark-up* pari al 10% per stimare il prezzo unitario di vendita del servizio<sup>8</sup>.

La Tabella 3-2 riassume le stime delle componenti del costo totale annuo ed indica il valore del costo medio totale unitario per km. La

Tabella 3-3 riassume il costo per trasporto ed il costo medio totale per tonnellata, in funzione di tre lunghezze del trasporto (i.e., 500, 700 e 1.000 km rispettivamente).

I valori ottenuti sono in linea con prezzi di vendita del trasporto stradale a livello nazionale ed internazionale. Va osservato che nella fattispecie del trasporto Sud-Nord quale è quello ipotizzato, i valori potrebbero essere inferiori in quanto la domanda di trasporto a livello nazionale vede prevalere i flussi Nord -Sud. Tuttavia, ragionando su ipotesi di flussi bilanciati e round trip, il dato ottenuto è assumibile come base per il calcolo.

**Tabella 3-2: Costo totale annuale e medio totale per km del trasporto tutto strada**

Parametri intensità di utilizzo del veicolo		Unità di misura	Valori	
Vita utile		anni	10	
Percorrenza		km/anno	100.000	
Categoria di costo	Voce di costo	Unità di misura	Valore assoluto	Valore percentuale
Fisso	Ammortamento	€/anno	18.033	13,9
	Interessi sul capitale	€/anno	2.727	2,1
	Conducente	€/anno	51.219	39,6
	Assicurazione	€/anno	3.000	2,3
	Tassa di possesso	€/anno	1.000	0,8
	Altri costi fissi (rimessaggio)	€/anno	2.500	1,9
Variabile	Carburante	€/anno	30.761	23,8
	Manutenzione	€/anno	8.667	6,7
	Pedaggi autostradali	€/anno	11.451	8,9
<b>Costo totale</b>		<b>€/anno</b>	<b>129.358</b>	<b>100,0</b>
<b>Costo medio totale</b>		<b>€/km</b>	<b>1,29</b>	

Fonte: Elaborazione degli autori da fonti diverse

**Tabella 3-3: Prezzo unitario stimato per tonnellata del trasporto tutto strada**

Parametro	Unità di misura	Lunghezza del trasporto [km]		
		500	700	1.000
Costo per trasporto	€/viaggio	711,47	996,05	1.422,93
<b>Prezzo unitario stimato</b>	<b>€/ton<sup>9</sup></b>	<b>29,64</b>	<b>41,50</b>	<b>59,29</b>

Fonte: Elaborazione TRT

<sup>8</sup> Si assume che non ci sia un ritorno a vuoto del veicolo stradale.

<sup>9</sup> Comprensivo di *mark-up* pari al 10%.

### 3.3 Ipotesi dello scenario di implementazione

A parità di origine e di destinazione rispetto al trasporto tutto strada, lo scenario di implementazione assume che la movimentazione del semirimorchio sia organizzata in diverse fasi.

Inizialmente via strada (i.e., con una tratta *feeder* che può variare dai 5 km ai 70-80 km) per giungere al terminal ferroviario di interscambio di partenza. Qui si svolgono le manovre interne per lo spostamento, preparazione e raggruppamento con gli altri carri prima dell'inoltro in linea.

Si assume che tutte le manovre interne siano effettuate con sistemi di movimentazione automatici, che i piazzali del terminal siano dotati dei carri sollevatori previsti e che i binari dei piazzali e dei raccordi siano equipaggiati con i sistemi per la guida automatica del carrello.

Giunto nel terminal ferroviario di interscambio di destinazione, il treno è scaricato con metodi di sollevamento verticali. In questo caso, le operazioni di manovra interna e di scarico sono svolte in modo convenzionale, quindi assumendo che il terminal ferroviario di destinazione non sia dotato di carrello automatico di manovra. Infine, per essere consegnato al luogo di consegna finale, il trasporto è completato con una seconda tratta *feeder*, che si assume di lunghezza pari a 50 km analoga a quella iniziale.

Il costo unitario totale di trasporto nello scenario di implementazione, e conseguentemente il prezzo a cui potrebbe essere venduto il servizio, è stimato ricostruendo e sommando i costi unitari delle singole fasi di trasporto. I paragrafi successivi descrivono gli input considerati ed i costi stimati.

#### 3.3.1 Trazione stradale (tratte *feeder*)

La tratta *feeder* stradale assume che il trasporto sia effettuato entro un raggio massimo di 30 km dal punto di presa in carico della merce fino al terminal intermodale di partenza. Una lunghezza analoga è assunta simmetricamente dal terminal intermodale di destinazione fino al punto di consegna finale.

Le due tratte *feeder* stradali sono effettuate con trattori stradali aventi caratteristiche analoghe al veicolo dello scenario tutto strada. Il costo unitario di trasporto è pertanto ricavato considerando questo scenario ed alcune ipotesi aggiuntive per adattare alla circostanza. In particolare:

- la vita utile del trattore è assunta pari a 15 anni, anziché 10. L'intensità di utilizzo è realisticamente inferiore rispetto ad un veicolo per trasporti su lunga distanza. Ciò determina costi annuali di ammortamento ed interessi sul capitale inferiori;
- il costo annuale del conducente è inferiore (i.e., € 40.000), non essendoci necessità di periodi fuori sede;
- non sono considerati i costi dei pedaggi autostradali.

La Tabella 3-4 riassume le stime delle componenti del costo totale annuo ed indica il valore del costo medio totale unitario per km.

**Tabella 3-4: Costo totale annuale e medio totale per km delle tratte feeder (50km)**

Parametri intensità di utilizzo del veicolo		Unità di misura	Valori	
Vita utile		Anni	15	
Percorrenza		km/anno	100.000	
Categoria di costo	Voce di costo	Unità di misura	Valore assoluto	Valore percentuale
Fisso	Ammortamento	€/anno	12.021,86	12,0
	Interessi sul capitale	€/anno	2.414,39	2,4
	Conducente	€/anno	40.000,00	39,9
	Assicurazione	€/anno	3.000,00	3,0
	Tassa di possesso	€/anno	1.000,00	1,0
	Altri costi fissi (rimessaggio)	€/anno	2.500,00	2,5
Variabile	Carburante	€/anno	30.760,67	30,6
	Manutenzione	€/anno	8.666,67	8,6
	Pedaggi autostradali	€/anno	0,00	0,0
<b>Costo totale</b>		<b>€/anno</b>	<b>100.363,58</b>	<b>100,0</b>
<b>Costo medio totale</b>		<b>€/km</b>	<b>1,00</b>	
<b>Prezzo unitario stimato</b>		<b>€/ton<sup>10</sup></b>	<b>6,68</b>	

Fonte: Elaborazione degli autori da fonti diverse

In alcuni scenari la tratta *feeder* è stata considerata più lunga. In particolare, per il caso in cui tutto il treno è composto in un unico centro, si può assumere che la distanza media sia maggiore (120km complessivi sommando le distanze in origina e destinazione), dando luogo ad un costo maggiore della trazione stradale.

### 3.3.2 Manovra interna

Per la manovra interna il modello determina la tariffa minima unitaria tale per cui il flusso dei costi totali attualizzati<sup>11</sup> di investimento, di manutenzione e di gestione uguaglia i ricavi attualizzati attesi. Il flusso dei costi e dei ricavi è stimato all'interno del periodo temporale assunto come vita utile delle infrastrutture civili del terminal intermodale.

In particolare, il modello assume che le infrastrutture civili e gli impianti tecnologici siano realizzati in un anno e che la fase operativa si estenda per i successivi 29 anni<sup>12</sup>. All'interno di questo periodo temporale non sono previsti costi di manutenzione straordinaria (i.e., costi di sostituzione) ed il valore residuo è cautelativamente considerato nullo al termine della vita utile.

Le tabelle successive (da Tabella 3-5 a Tabella 3-7) riassumono i valori dei costi di investimento, di manutenzione ed operativi, negli scenari CARRELLO, SMART WAGON e AUTOMATICO.

<sup>10</sup> Per un trasporto di 60 km comprensivo delle tratte terminali in origine e destinazione.

<sup>11</sup> I costi totali sono determinati dal numero di terminal intermodali in cui si considera sia realizzato lo scenario di implementazione. Il saggio finanziario di sconto è assunto pari al 10%.

<sup>12</sup> La guida della Commissione Europea "Guide to Cost Benefit Analysis of Investment Projects" raccomanda come orizzonte temporale per valutare i progetti ferroviari un periodo pari a 30 anni. Si veda EC (2014).

**Tabella 3-5: Costi unitari di investimento**

Voce di costo	Valore	Unità di misura	Vita utile [anni]
Carrello di manovra <sup>13</sup>	100.000	€/carrello	30
Adeguamento piazzale	50.000	€/terminal	30
Carro sollevatore (1 per terminal)	50.000	€/terminal	30
Sensori binari e centrale di controllo	10.000	€/terminal	30

Fonte: Elaborazione degli autori

**Tabella 3-6: Costi unitari di manutenzione**

Voce di costo	Valore	Unità di misura
Carrello di manovra	5.000	€/anno·carrello
Carro sollevatore	2.000	€/anno·terminal
Sensori binari e centrale di controllo	trascurabili	€/anno·terminal

Fonte: Elaborazione degli autori

**Tabella 3-7: Costi unitari operativi**

Voce di costo	Valore	Unità di misura
Carrello di manovra	1.000	€/anno·carrello
Personale centrale di controllo	20.000	€/anno
Personale di controllo in terminal <sup>14</sup>	8.000-24.000	€/anno·terminal

Fonte: Elaborazione degli autori

Con i valori considerati, ed il numero di impianti intermodali assunti, si ottiene una tariffa minima unitaria<sup>15</sup> che varia da **0,88 a 5,66 € per tonnellata** (o da 21 a 136 Euro/carro), in funzione del livello di automatismo e del livello di concentrazione del traffico. Qualora tutti i costi di investimento non fossero a carico del promotore, il flusso dei ricavi dovrebbe uguagliare il flusso della somma dei costi di manutenzione ed operativi, determinando una tariffa minima unitaria più bassa pari a massimo **€ 2,21 per tonnellata** (i.e., € 48,30 per carro). Si può notare che il valore dei costi di investimento incide in modo particolarmente significativo sul valore della tariffa minima unitaria. Questo è vero soprattutto per i casi in cui si investe su diversi impianti senza che questo sia supportato da livelli di domanda adeguati.

<sup>13</sup> Valore stimato sulla base del preventivo fornito da Ferrosud (2017), per la fornitura di un carrello con aggancio automatico. Negli scenari SMART WAGON e AUTOMATICO, i costi aggiuntivi sono relativi al *retrofitting* dei carri ferroviari; poiché i carri ferroviari non sono di proprietà ma vengono noleggiati, l'extra costo è applicato al costo di noleggio del carro ferroviario.

<sup>14</sup> Si assume che il personale già presente in stazione possa svolgere anche le operazioni di controllo di aggancio dei carri ed invio in linea al passaggio del convoglio, pertanto il costo è attribuito in quota parte di un costo full-time. Il valore più basso è applicato nel caso di scali multipli, il valore più elevato nel caso di traffico concentrato in uno scalo.

<sup>15</sup> Comprensivo di *mark-up* pari al 10%.



### 3.3.3 Manovra composizione treno

Una volta che i carri sono stati preparati possono essere spostati sul piazzale di manovra per l'aggancio, al locomotore se il treno ha origine nel primo terminal intermodale, oppure in coda al treno in transito, se il terminal si trova in un punto intermedio lungo la linea.

I costi previsti per le manovre di aggancio al treno riguardano l'aggiunta di un carro, o di un gruppo di carri contigui e le operazioni che devono necessariamente essere effettuate a mano sul piazzale di manovra da personale di controllo. Tali costi sono stati ricavati dalle tariffe per i servizi di manovra indicate dal Prospetto Informativo Rete di RFI (2015)<sup>16</sup>.

Tali costi, indicativi, si ritiene possano essere ridotti con il sistema Smart Wagon, ed inclusi nel costo della trazione ferroviaria.

### 3.3.4 Trazione ferroviaria

I prezzi della trazione ferroviaria sono stati ricavati dall'esperienza professionale degli autori in lavori analoghi relativi trasporto ferroviario delle merci. La Tabella 3-8 riassume di valori ottenuti per le tre diverse lunghezze del trasporto assunte per il trasporto tutto strada.

Il costo della trazione ferroviaria è comprensivo di pedaggio di rete e manovra secondaria.

Il range del nolo dei carri è riferito (valore basso) all'utilizzo di carri tradizionali con carrello di manovra e (valore superiore) all'utilizzo di carri automatici equipaggiati con motore elettrico e sensoristica di bordo.

Non è qui stimato quindi il costo del retrofitting o di produzione dei singoli carri, ma come utilizzato nella prassi, è computato il costo di noleggio del singolo carro.

**Tabella 3-8: Prezzo unitario della trazione ferroviaria per classi di distanza**

Distanza [km]	Prezzo unitario [€/treno·km]	Prezzo totale del trasporto [€]	Prezzo per carro [€/carro]	Prezzo noleggio del carro [€/carro/giorno]	Prezzo per tonnellata [€/ton]
500	12,00	6 000.00	272.73	20,00-30,00	<b>13,03-13,86</b>
700	11,00	7 700.00	350.00	20,00-30,00	<b>16,25-17,08</b>
1.000	10,00	10 000.00	454.55	20,00-30,00	<b>20,61-21,44</b>

Fonte: Elaborazione degli autori

### 3.3.5 Manovra scomposizione treno e scarico semirimorchio

Una volta che il treno è giunto al terminal ferroviario intermodale di destinazione i carri sono separati dal locomotore ed il semirimorchio è scaricato dal carro.

Assumendo che il terminal di destinazione sia dotato di sistemi convenzionali di movimentazione (i.e., *handling*) dei carichi (i.e., trattore diesel e gru gommate od a ponte), la tariffa unitaria è determinata considerando le voci indicate nella Tabella 3-9. I prezzi unitari sono ricavati dalle tariffe per i servizi di manovra indicate dal Prospetto Informativo Rete di RFI (2015)<sup>17</sup> e dalla tariffa per l'attività di *handling* (i.e., carico/scarico delle UTI) indicate in Terminali Italia (2015)<sup>18</sup>.

<sup>16</sup> Si veda il capitolo 6 - Tariffe (pagine 106 e 107). [http://www.rfi.it/cms-file/immagini/rfi/PIR\\_2015\\_cap6.pdf](http://www.rfi.it/cms-file/immagini/rfi/PIR_2015_cap6.pdf)

<sup>17</sup> Si veda il capitolo 6 - Tariffe (pagine 106 e 107). [http://www.rfi.it/cms-file/immagini/rfi/PIR\\_2015\\_cap6.pdf](http://www.rfi.it/cms-file/immagini/rfi/PIR_2015_cap6.pdf)

<sup>18</sup> Il valore si riferisce alla tariffa base per l'anno 2018 per il tiro gru di un'UTI con arrivo o partenza ferroviaria. Non sono considerate riduzioni applicate in funzione dei volumi sviluppati dal cliente

**Tabella 3-9: Prezzo unitario per la scomposizione del treno e scarico del semirimorchio**

Prezzo	Valore	Unità di misura
Sgancio locomotiva dal treno	16,00	€/treno
Rimozione dei segnali di coda	12,00	€/treno
Handling	32,00	€/semirimorchio
<b>Prezzo unitario stimato</b>	<b>1,39</b>	<b>€/ton</b>

Fonte: PRI RFI (2015)

### 3.4 Confronto tra scenari

Con le ipotesi considerate relativamente alla distribuzione ed al volume della domanda di trasporto, all'organizzazione delle attività ed al livello dei costi di investimento direttamente a carico del promotore dell'investimento, emerge che l'introduzione di un sistema automatico di movimentazione dei carri risulta vantaggioso, rispetto al trasporto tutto strada, soprattutto per trasporti su distanze medio-lunghe (i.e., 700-1.000 km).

Le tariffe del servizio ferroviario nello scenario di implementazione sono inferiori a quelle del trasporto tutto strada per distanze medie e lunghe, anche quando sono considerati tutti i costi di investimento.

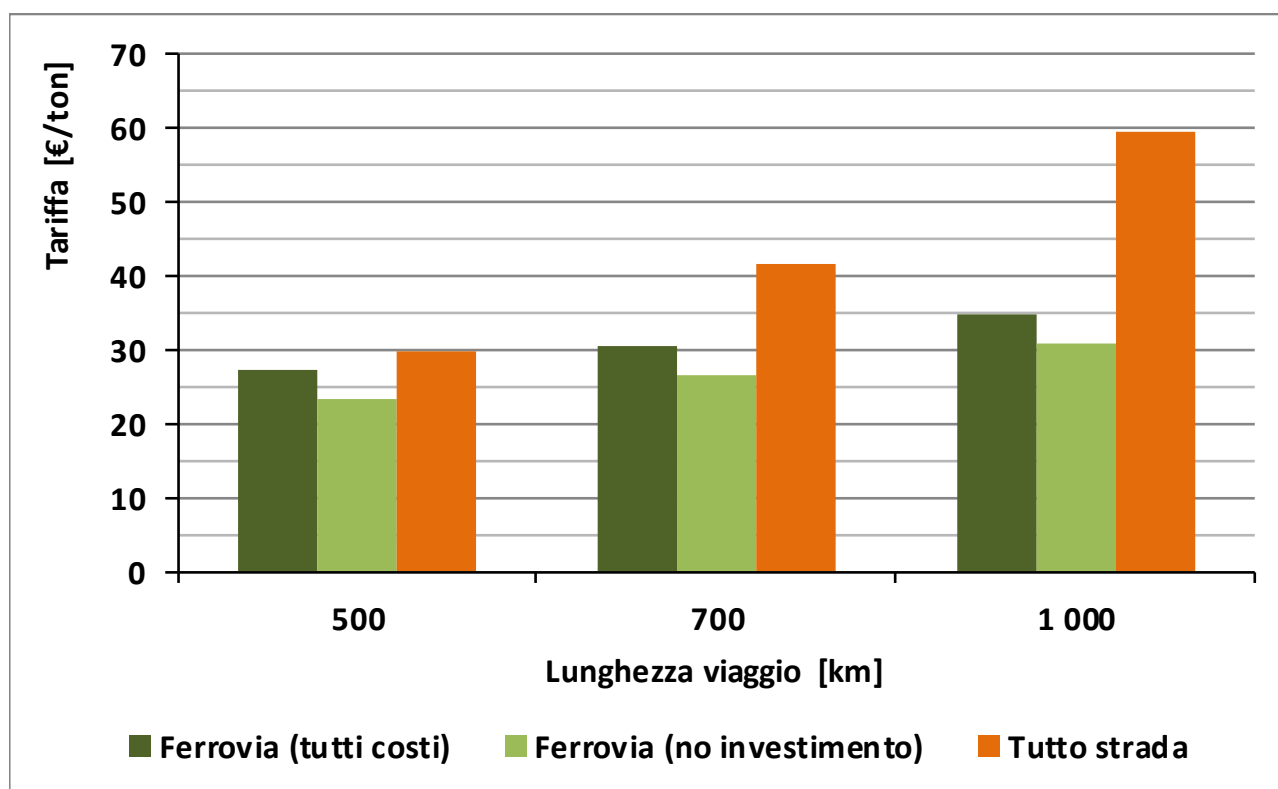
I prezzi unitari (i.e., €/ton ed €/semirimorchio) e totali per i due scenari considerati sono riassunti nelle tabelle e figure di seguito.

Tabella 3-10: Confronto prezzi unitari scenario CARRELLO, carico in 6 scali, 2 coppie di treni/g [€/ton]

Distanza	Breve [500 km]		Media [700 km]		Lunga [1.000 km]	
<b>Ferrovia (tutti costi)</b>						
Feeder strada	6.68	24%	6.68	22%	6.68	19%
Manovra interna	6.23	23%	6.23	20%	6.23	18%
Trazione ferroviaria	13.03	48%	16.25	53%	20.61	59%
Scomposizione treno	1.39	5%	1.39	5%	1.39	4%
<b>Totale</b>	<b>27.32</b>	<b>100%</b>	<b>30.54</b>	<b>100%</b>	<b>34.90</b>	<b>100%</b>
<b>Ferrovia (no investimento)</b>						
Feeder strada	6.68	29%	6.68	25%	6.68	22%
Manovra interna	2.21	9%	2.21	8%	2.21	7%
Trazione ferroviaria	13.03	56%	16.25	61%	20.61	67%
Scomposizione treno	1.39	6%	1.39	5%	1.39	4%
<b>Totale</b>	<b>23,31</b>	<b>100%</b>	<b>26,53</b>	<b>100%</b>	<b>30,88</b>	<b>100%</b>
<b>Tutto strada</b>						
<b>Tariffa unitaria</b>	<b>29,64</b>		<b>41,50</b>		<b>59,29</b>	
<b>Differenza ferro vs. strada</b>	<b>-8%</b>		<b>-26%</b>		<b>-41%</b>	

Fonte: Elaborazione degli autori

Figura 3-4: Confronto prezzi unitari scenario di implementazione e tutto strada [€/ton]



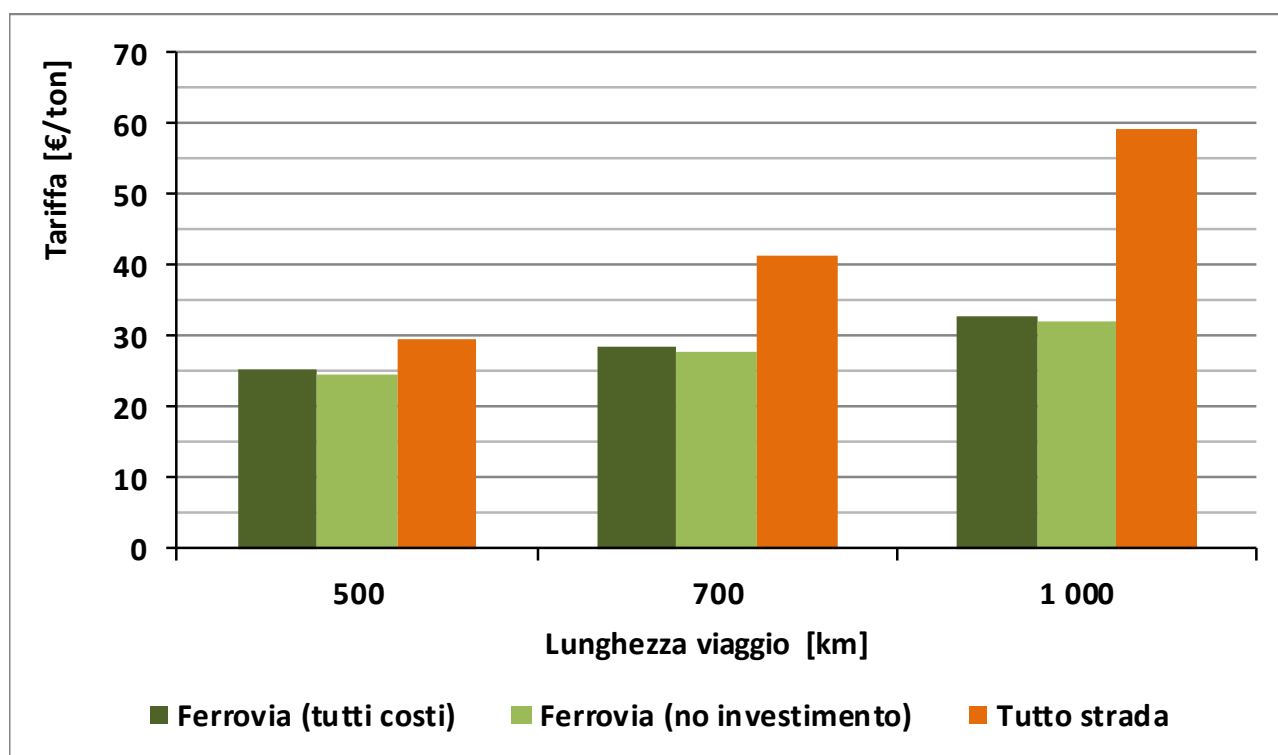
Fonte: Elaborazione degli autori

Tabella 3-11: Confronto prezzi unitari scenario CARRELLO, carico in 1 scalo, 2 coppie di treni/g [€/ton]

Distanza	Breve [500 km]		Media [700 km]		Lunga [1.000 km]	
<b>Ferrovia (tutti costi)</b>						
Feeder strada	9.18	37%	9.18	32%	9.18	28%
Manovra interna	1.53	6%	1.53	5%	1.53	5%
Trazione ferroviaria	13.03	52%	16.25	57%	20.61	63%
Scomposizione treno	1.39	6%	1.39	5%	1.39	4%
<b>Totale</b>	<b>25.13</b>	<b>100%</b>	<b>28.35</b>	<b>100%</b>	<b>32.71</b>	<b>100%</b>
<b>Ferrovia (no investimento)</b>						
Feeder strada	9.18	38%	9.18	33%	9.18	29%
Manovra interna	0.89	4%	0.89	3%	0.89	3%
Trazione ferroviaria	13.03	53%	16.25	59%	20.61	64%
Scomposizione treno	1.39	6%	1.39	5%	1.39	4%
<b>Totale</b>	<b>24.49</b>	<b>100%</b>	<b>27.71</b>	<b>100%</b>	<b>32.06</b>	<b>100%</b>
<b>Tutto strada</b>						
Tariffa unitaria	<b>29,64</b>		<b>41,50</b>		<b>59,29</b>	
Differenza ferro vs. strada	<b>-15%</b>		<b>-32%</b>		<b>-45%</b>	

Fonte: Elaborazione degli autori

Figura 3-5: Confronto prezzi unitari scenario di implementazione e tutto strada [€/ton]



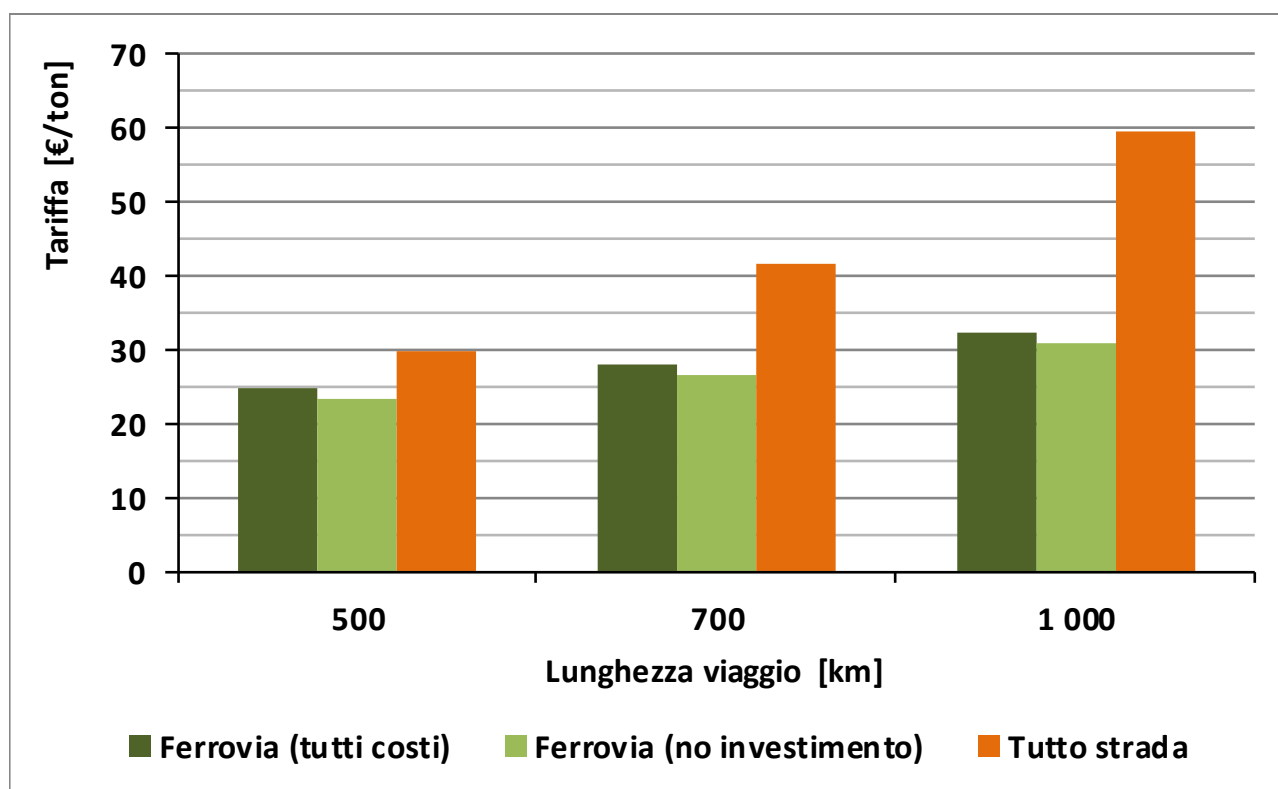
Fonte: Elaborazione degli autori

**Tabella 3-12: Confronto prezzi unitari scenario SMART WAGON, carico in 6 scali, 2 coppie di treni/g [€/ton]**

Distanza	Breve [500 km]		Media [700 km]		Lunga [1.000 km]	
<b>Ferrovia (tutti costi)</b>						
Feeder strada	6.68	27%	6.68	24%	6.68	21%
Manovra interna	2.77	11%	2.77	10%	2.77	9%
Trazione ferroviaria	13.86	56%	17.08	61%	21.44	66%
Scomposizione treno	1.39	6%	1.39	5%	1.39	4%
<b>Totale</b>	<b>24.69</b>	<b>100%</b>	<b>27.91</b>	<b>100%</b>	<b>32.27</b>	<b>100%</b>
<b>Ferrovia (no investimento)</b>						
Feeder strada	6.68	29%	6.68	25%	6.68	22%
Manovra interna	1.43	6%	1.43	5%	1.43	5%
Trazione ferroviaria	13.86	59%	17.08	64%	21.44	69%
Scomposizione treno	1.39	6%	1.39	5%	1.39	4%
<b>Totale</b>	<b>23.36</b>	<b>100%</b>	<b>26.58</b>	<b>100%</b>	<b>30.93</b>	<b>100%</b>
<b>Tutto strada</b>						
<b>Tariffa unitaria</b>	<b>29,64</b>		<b>41,50</b>		<b>59,29</b>	
<b>Differenza ferro vs. strada</b>	<b>-17%</b>		<b>-33%</b>		<b>-46%</b>	

Fonte: Elaborazione degli autori

**Figura 3-6: Confronto prezzi unitari scenario di implementazione e tutto strada [€/ton]**



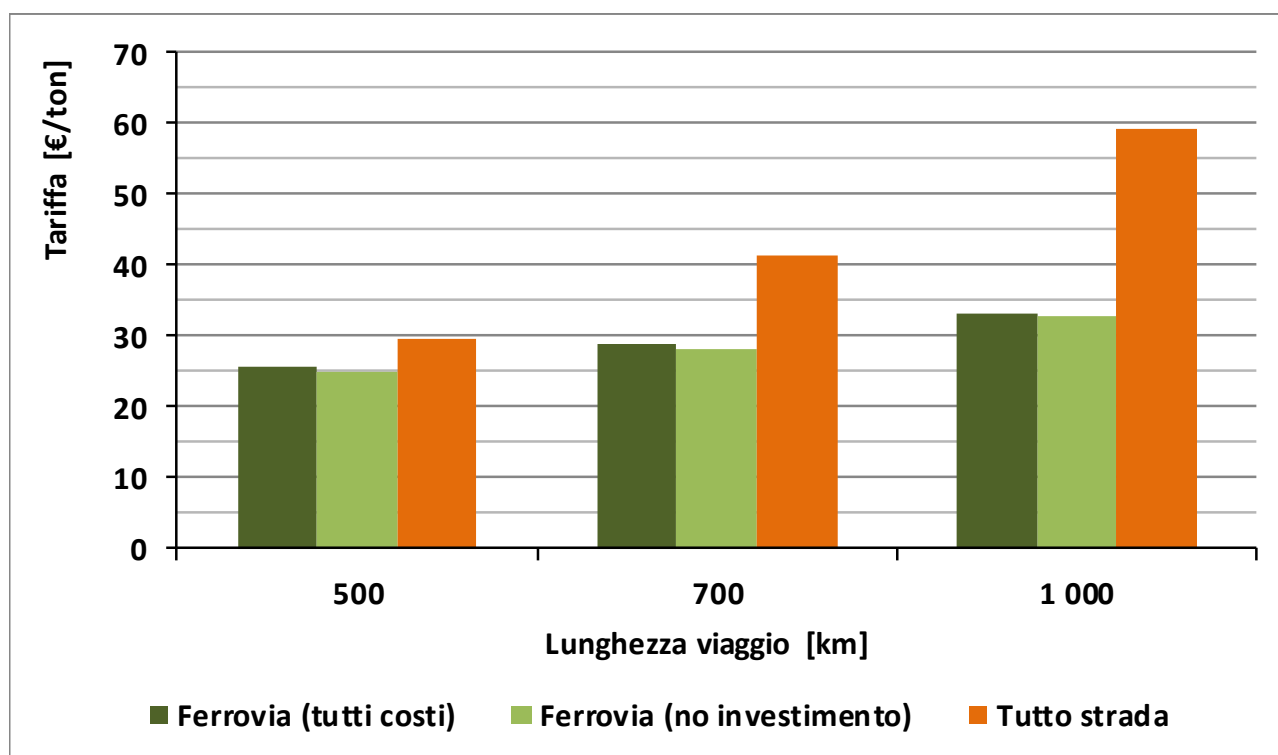
Fonte: Elaborazione degli autori

**Tabella 3-13: Confronto prezzi unitari scenario SMART WAGON, carico in 1 scalo, 2 coppie di treni/g [€/ton]**

Distanza	Breve [500 km]		Media [700 km]		Lunga [1.000 km]	
<b>Ferrovia (tutti costi)</b>						
Feeder strada	9.18	36%	9.18	32%	9.18	28%
Manovra interna	1.17	5%	1.17	4%	1.17	4%
Trazione ferroviaria	13.86	54%	17.08	59%	21.44	65%
Scomposizione treno	1.39	5%	1.39	5%	1.39	4%
<b>Totale</b>	<b>25.61</b>	<b>100%</b>	<b>28.83</b>	<b>100%</b>	<b>33.18</b>	<b>100%</b>
<b>Ferrovia (no investimento)</b>						
Feeder strada	9.18	37%	9.18	32%	9.18	28%
Manovra interna	0.65	3%	0.65	2%	0.65	2%
Trazione ferroviaria	13.86	55%	17.08	60%	21.44	66%
Scomposizione treno	1.39	6%	1.39	5%	1.39	4%
<b>Totale</b>	<b>25.09</b>	<b>100%</b>	<b>28.31</b>	<b>100%</b>	<b>32.66</b>	<b>100%</b>
<b>Tutto strada</b>						
<b>Tariffa unitaria</b>	<b>29,64</b>		<b>41,50</b>		<b>59,29</b>	
<b>Ferro vs. Strada</b>	<b>-14%</b>		<b>-31%</b>		<b>-44%</b>	

Fonte: Elaborazione degli autori

**Figura 3-7: Confronto prezzi unitari scenario di implementazione e tutto strada [€/ton]**



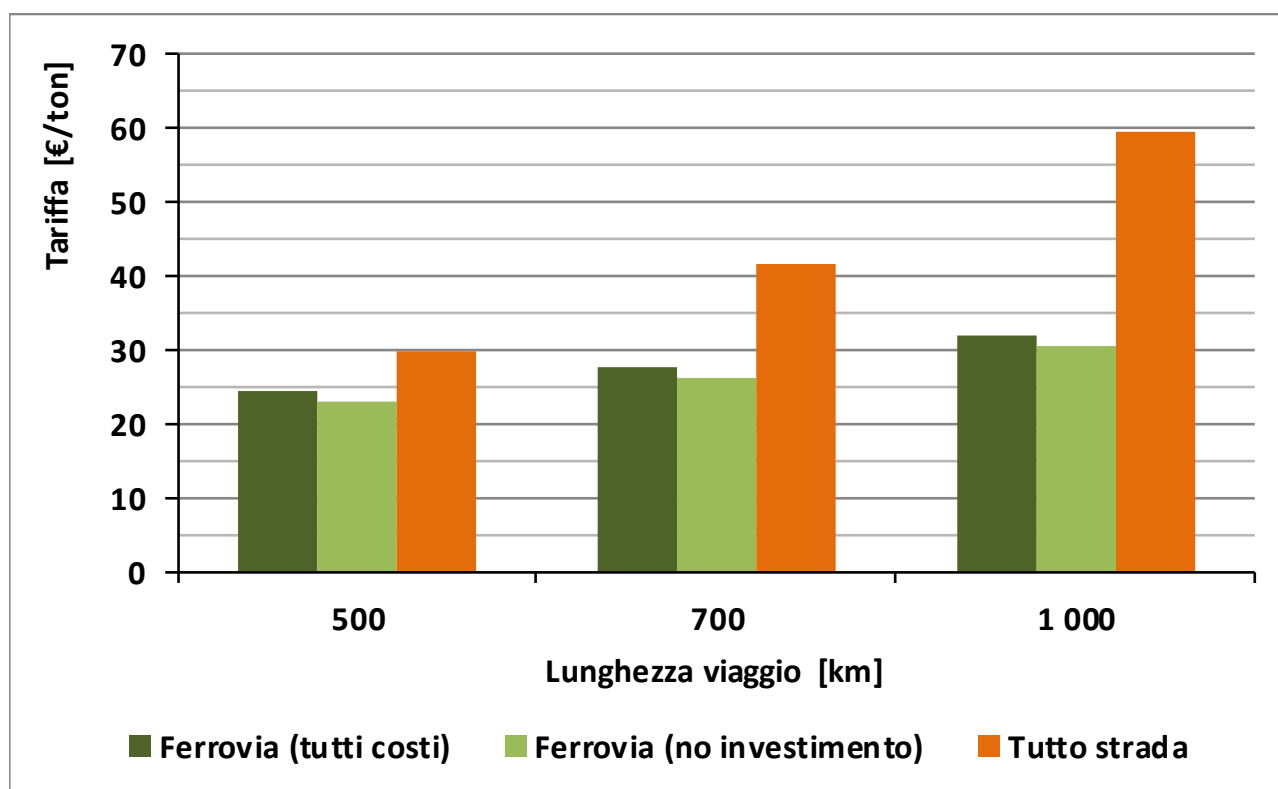
Fonte: Elaborazione degli autori

Tabella 3-14: Confronto prezzi unitari scenario AUTOMATICO, carico in 6 scali, 2 coppie di treni/g [€/ton]

Distanza	Breve [500 km]		Media [700 km]		Lunga [1.000 km]	
<b>Ferrovia (tutti costi)</b>						
Feeder strada	6.68	27%	6.68	24%	6.68	21%
Manovra interna	2.45	10%	2.45	9%	2.45	8%
Trazione ferroviaria	13.86	57%	17.08	62%	21.44	67%
Scomposizione treno	1.39	6%	1.39	5%	1.39	4%
<b>Totale</b>	<b>24.38</b>	<b>100%</b>	<b>27.60</b>	<b>100%</b>	<b>31.96</b>	<b>100%</b>
<b>Ferrovia (no investimento)</b>						
Feeder strada	6.68	29%	6.68	25%	6.68	22%
Manovra interna	1.12	5%	1.12	4%	1.12	4%
Trazione ferroviaria	13.86	60%	17.08	65%	21.44	70%
Scomposizione treno	1.39	6%	1.39	5%	1.39	5%
<b>Totale</b>	<b>23.05</b>	<b>100%</b>	<b>26.27</b>	<b>100%</b>	<b>30.62</b>	<b>100%</b>
<b>Tutto strada</b>						
<b>Tariffa unitaria</b>	<b>29,64</b>		<b>41,50</b>		<b>59,29</b>	
<b>Ferro vs. Strada</b>	<b>-18%</b>		<b>-33%</b>		<b>-46%</b>	

Fonte: Elaborazione degli autori

Figura 3-8: Confronto prezzi unitari scenario di implementazione e tutto strada [€/ton]



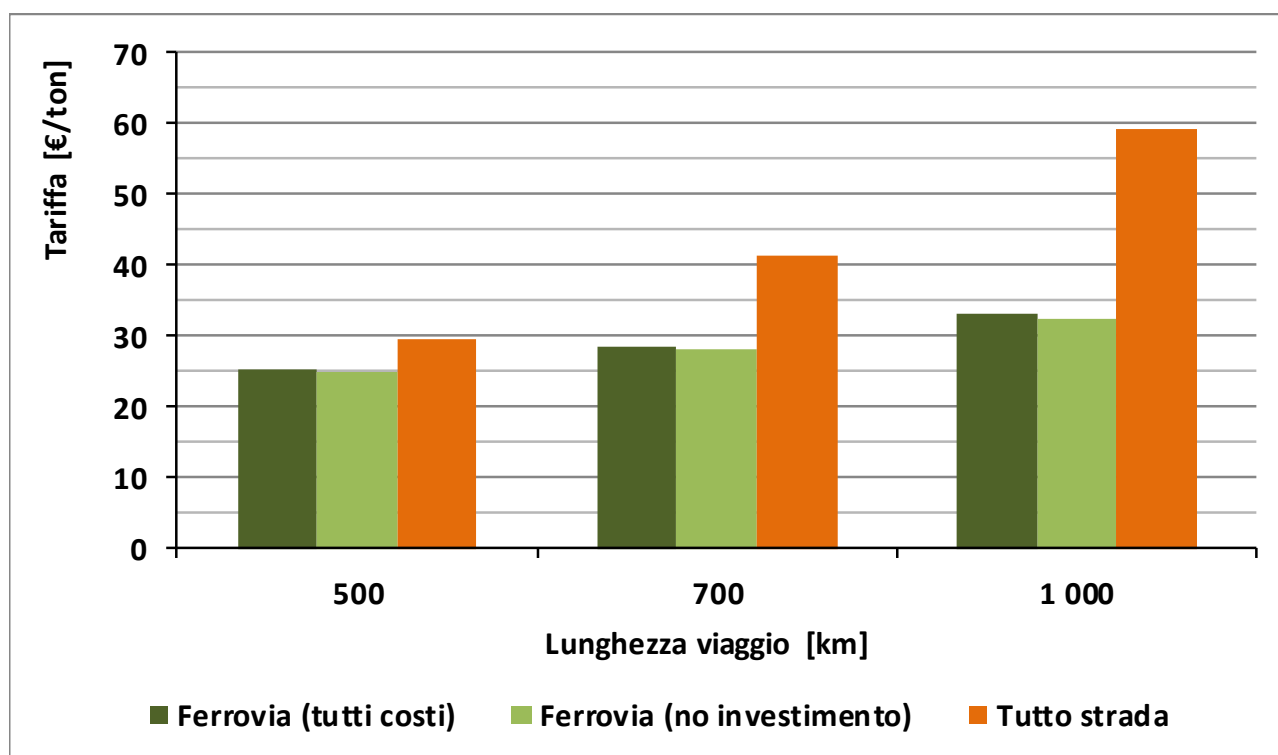
Fonte: Elaborazione degli autori

Tabella 3-15: Confronto prezzi unitari scenario AUTOMATICO, carico in 1 scalo, 2 coppie di treni/g [€/ton]

Distanza	Breve [500 km]		Media [700 km]		Lunga [1.000 km]	
<b>Ferrovia (tutti costi)</b>						
Feeder strada	9.18	36%	9.18	32%	9.18	28%
Manovra interna	0.97	4%	0.97	3%	0.97	3%
Trazione ferroviaria	13.86	55%	17.08	60%	21.44	65%
Scomposizione treno	1.39	5%	1.39	5%	1.39	4%
<b>Totale</b>	<b>25.40</b>	<b>100%</b>	<b>28.62</b>	<b>100%</b>	<b>32.98</b>	<b>100%</b>
<b>Ferrovia (no investimento)</b>						
Feeder strada	9.18	37%	9.18	33%	9.18	25%
Manovra interna	0.44	2%	0.44	2%	0.44	0%
Trazione ferroviaria	13.86	56%	17.08	61%	21.44	69%
Scomposizione treno	1.39	6%	1.39	5%	1.39	4%
<b>Totale</b>	<b>24.88</b>	<b>100%</b>	<b>28.10</b>	<b>100%</b>	<b>32.45</b>	<b>100%</b>
<b>Tutto strada</b>						
<b>Tariffa unitaria</b>	<b>29,64</b>		<b>41,50</b>		<b>59,29</b>	
<b>Ferro vs. Strada</b>	<b>-14%</b>		<b>-31%</b>		<b>-44%</b>	

Fonte: Elaborazione degli autori

Figura 3-9: Confronto prezzi unitari scenario di implementazione e tutto strada [€/ton]



Fonte: Elaborazione degli autori

Tabelle analoghe possono essere prodotte sulla base del costo per UTI (per semirimorchio nella fattispecie).

Le variazioni relative ed i grafici sono esattamente simmetrici in quanto si è assunto un carico rappresentativo di 24 ton/semirimorchio pari ad un pieno carico, costante in tutte le elaborazioni.



## 4 Conclusioni

L'analisi dei valori ottenuti sulla base delle assunzioni fatte richiede alcune considerazioni preliminari relativamente alla competitività del trasporto ferroviario rispetto alla modalità stradale.

- lo studio considera un particolare settore del trasporto ferroviario: **il trasporto intermodale di semirimorchi stradali**. Si tratta della modalità che rende più facile il trasferimento modale in quanto non necessita la sostituzione del mezzo sul quale è trasportata la merce.
- Tale modalità non rappresenta tuttavia la modalità che massimizza la quantità di merce trasportabile via ferro in quanto il carico di semirimorchi, trasportati su carri dedicati (carri “poche” o simili), presuppone che l'intero semirimorchio venga caricato sul carro ferroviario nella proporzione di un semirimorchio per carro; il carico utile di un carro ferroviario corrisponde pertanto in questo caso a quello di un semirimorchio stradale, basso rispetto al carico utile trasportabile via ferro. Viceversa aumentano le tare.
- Le componenti che aggravano il costo ferroviario sono principalmente due: le tratte feeder stradali in origine e destinazione che possono arrivare a pesare sul costo complessivo quasi quanto la tratta ferroviaria, il bilanciamento dei carichi nelle due direzioni; la soluzione prospettata è migliorativa per quanto riguarda i costi delle tratte feeder in quanto con una modalità di carico diffusa sul territorio è verosimile che la distanza feeder da percorrere sia inferiore ai 30 km.

Con queste premesse, lo studio porta alle seguenti conclusioni e osservazioni.

- Il confronto tra i costi del trasporto ferroviario, inclusivo del sistema Smart Wagon, a vari livelli di implementazione, mostra in generale un vantaggio competitivo per la ferrovia. Le variazioni di costo stimate aumentano con la lunghezza della tratta e con l'incremento dell'automatismo implementato, e passano da un minimo di 8% (per lo scenario con carrello ed una distanza ferroviaria di 500 km) ad un massimo del 46% nel caso in cui venga implementato il sistema Smart Wagon su distanze pari o superiori a 1000 km. Le condizioni perché ciò avvenga sono legate alla regolarità del servizio offerto ed alla presenza di una domanda di trasporto costante. Eventuali cali di domanda e comunque andamenti irregolari, sarebbero causa da un lato di extra costi, legati ad esempio alla trazione ferroviaria, dall'altro di mancati ricavi, pregiudicando la sostenibilità economica dell'impianto.
- Il vantaggio più significativo del sistema Smart Wagon rispetto a sistemi di movimentazione tradizionali è ottenibile in due condizioni particolari: in contesti a domanda debole e in contesti a domanda distribuita, non concentrata in un unico terminal. In situazioni a domanda forte che consentono l'effettuazione di treni completi da un terminal di partenza ad uno di arrivo, il sistema di carico previsto con carro elevatore e manovra (ancorché autonoma) dei singoli carri, genera incrementi di numero di operazioni richieste e quindi di tempo di preparazione del treno. Questo è verosimile non porti a risparmi di costo.
- In contesti a domanda debole al contrario i costi di impianto abbastanza contenuti, consentono di ridurre il costo attribuibile alle singole operazioni e quindi di rendere sostenibile economicamente un tipo di trasporto che altrimenti non avrebbe possibilità di essere trasferito su treno. L'esempio prodotto con riferimento all'esercizio con carico in 6 scali differenti, mostra costi per la manovra e composizione del treno abbastanza elevati, in quanto è difficile ottenere efficienza operativa in presenza di bassi livelli di domanda (in ciascuno scalo mediamente si caricano meno di 4 carri per treno). Tuttavia la fattibilità complessiva deve far propendere per l'adozione e lo sviluppo di soluzioni innovative di questo tipo, in grado di convogliare sul trasporto ferroviario domanda ad oggi respinta.
- La massima potenzialità di un sistema di questo tipo è, secondo gli autori dello studio, ottenibile in contesti a domanda distribuita, quali ad esempio realtà portuali caratterizzate da una molteplicità di terminal raccordati, nelle quali consentirebbe di sviluppare soluzioni di trasporto che combinino domanda proveniente da vari terminal, convogliabile su destinazioni unitarie. Più in generale un sistema di questo tipo consentirebbe di attivare un sistema di controllo del traffico interno allo scalo e di

gestione da remoto con evidenti riduzioni di costo per le manovre secondarie svolte all'interno dei terminal, operazioni che spesso hanno costi elevati proprio in funzione di livelli di domanda scarsi e/o irregolari.

- Il costo della manovra interna, ovvero della fase del trasporto in cui è direttamente coinvolto il sistema innovativo, incide per una parte minoritaria sul costo complessivo di trasporto. Tuttavia, si osserva un recupero di efficienza legato al livello di automatismo del sistema adottato. In altre parole i costi di movimentazione gestiti con sistemi automatici evidenziano risparmi crescenti con il livello di automatismo. I costi complessivi paiono già competitivi per livelli di domanda raggiungibili nel breve medio periodo (2 coppie di treni/giorno), mentre per livelli inferiori, i costi di impianto, ancorché contenuti, riducono sicuramente la competitività del sistema, senza pregiudicarne come detto la sostenibilità economica rispetto al tutto strada.
- Dall'altra parte, il costo della trazione ferroviaria varia proporzionalmente con la distanza tra il terminal intermodale di origine e di destinazione. L'incidenza percentuale sul prezzo stimato del servizio è significativa e compresa nell'intervallo 48-67% secondo lo scenario ipotizzato, ed è più elevata qualora non si considerino i costi di investimento del sistema Smart Wagon. Il costo stimato (variabile da 10 a 12 Euro/treno-km) è basato su ipotesi in parte ottimistiche sulla regolarità del servizio e della domanda, che consenta di operare due coppie di treni/giorno. Il costo effettivo andrà verificato con un'impresa ferroviaria sulla base delle condizioni di esercizio effettive (il costo dipende largamente dalla qualità della traccia, dai tempi delle soste, dal materiale utilizzato).
- Allo stesso modo le attività di composizione e scomposizione dei carri e lo scarico del semirimorchio dal carro a destinazione dipendono dalle tariffe di altri fornitori, non vi è, nello schema testato alcun vantaggio nello scalo di destinazione, rispetto a sistemi di movimentazione tradizionale. Ci potrebbe essere, qualora ci fossero volumi significativi di merci nel terminal di destinazione grazie all'applicazione di sconti, ma il valore imputato è comunque contenuto.
- Il costo delle tratte *feeder*, elemento critico in molti casi per la sostenibilità economica di servizi di trasporto intermodali, dipende dalla lunghezza delle distanze percorse. Aumentando il raggio del trasporto, il costo aumenta proporzionalmente. È quindi importante che i punti di origine e di destinazione siano il più possibile prossimi ai terminal intermodali di partenza ed arrivo. Le assunzioni circa le distanze medie percorse dipendono dalla concentrazione della domanda sui diversi scali; ovvero, qualora si decidesse di operare su un unico scalo è verosimile che l'area di approvvigionamento risulti più ampia e pertanto alla tratta feeder viene imputato un costo maggiore.
- Limiti dello scenario di implementazione. Rispetto al trasporto tutto strada, si dovrebbero considerare anche i maggiori tempi di viaggio dovuti (i) a due cambi modali (i.e., strada-ferrovia e ferrovia-strada) ed (ii) ai tempi d'attesa per l'immissione in linea dei carri ferroviari una volta preparati. Questo aspetto potrebbe incidere in modo discriminante sulla scelta di uno spedizioniere di fare viaggiare la merce tra un modo di trasporto e l'altro (anche considerando la necessità di consegne ad orari predefiniti). Ciò dovrebbe essere valutato considerando la tipologia di merce (e.g., deperibile, inerte, macchinari, etc.).
- L'analisi finanziaria per la stima della tariffa da applicare nello scenario di implementazione è svolta in modo semplificato, essendo il progetto ad un livello preliminare. Se il promotore dovrà ricorrere ad un prestito per finanziare la realizzazione degli impianti e del carrello di manovra, la tariffa dovrà tenere conto anche di altri costi finanziari (e.g., interessi sul debito). Si è deciso di tenere conto di questa incertezza assumendo un *mark-up* del 10% relativamente al valore delle tariffe unitarie stimate.
- Va altresì ricordato che non è stato qui quantificato il costo per l'utilizzo delle infrastrutture terminali, Qualora RFI o altro ente proprietario degli scali nei quali dovesse essere implementato il sistema dovesse richiedere un canone di utilizzo dell'infrastruttura, questo andrà aggiunto ai costi di gestione.

## 5 Riferimenti bibliografici

Agenzia delle Dogane e dei Monopoli (2017). Benefici sul gasolio per uso autotrazione utilizzato nel settore del trasporto. Rimborso sui quantitativi di prodotto consumati nel terzo trimestre dell'anno 2017. Direzione centrale legislazione e procedure accise e altre imposte indirette Ufficio accise sui prodotti energetici e alcolici e altre imposizioni indirette. Roma.

Comité National Routier (2016). Comparative study of employment and pay conditions of international lorry drivers. Version of 16 November 2016.

Daily Sabah (2016). Driverless cars tow vehicles at Nissan plant in Japan<sup>19</sup>.

European Commission (2014). Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020, Directorate-General for Regional and Urban policy, Brussels.

Kückelhaus M., Zeiler K., Niezgodá D. and Chung G. (2014). Self-Driving Vehicles in Logistics - A DHL perspective on implications and use cases for the logistics industry, in cooperation with Bosch and Karlsruhe Institut für Technologie.

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (2014). Pubblicazione periodica dei costi di esercizio dell'impresa di autotrasporto per conto di terzi (Articolo 83 bis della legge 6 agosto 2008, n. 133 di conversione del decreto legge 25 giugno 2008, n. 112 e s.m.i.). Determinazione mensile del costo medio del carburante per chilometro di percorrenza e della relativa incidenza. Roma.

Morris R., Chang M. L., Ronald Archer, Vincent Cross II E., Thompson S., Franke J. L., Garrett R. C., Waqar M, McGuire K. and Hemann G. (2015). Self-Driving Aircraft Towing Vehicles: A Preliminary Report. Artificial Intelligence for Transportation: Advice, Interactivity and Actor Modeling: Papers from the 2015 AAAI Workshop.

Rete Ferroviaria italiana (2015). Prospetto Informativo Rete 2015.

Trenitalia Divisione Cargo (2010). Listino Prezzi Condizioni Generali di Contratto per il Trasporto delle Merci per Ferrovia (CGCTM). Emanato dal Responsabile di Trenitalia Divisione Cargo il 28 gennaio 2010 e registrato presso l'Agenzia delle Entrate in data 26 febbraio 2010 serie 3 n. 4630, in vigore dal 1 marzo 2010.

Terminali Italia (2015). Tariffe servizi terminalistici presso gli impianti di noi gestiti, Decorrenza dal 01.01.2016.

TuttoTrasporti (2017). Periodico mensile 408, settembre 2017.

---

<sup>19</sup> <https://www.dailysabah.com/automotive/2016/12/05/driverless-cars-tow-vehicles-at-nissan-plant-in-japan>.

**FINE DEL DOCUMENTO**