

POLITECNICO DI MILANO

Scuola di Ingegneria Civile, Ambientale e Territoriale

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile

Orientamento Infrastrutture di Trasporto



**INSERIMENTO DI UN TERMINAL INTERMODALE STRADA-FERROVIA NEI TRAFFICI
DEL TRASPORTO COMBINATO TRA ITALIA E NORD EUROPA ATTRAVERSO IL VALICO
DEL SAN GOTTARDO**

Relatore: Prof. Ing. Roberto Maja

Correlatore: Dr. Silvano Spada

Tesi di Laurea di:

Andrea LOMUSCIO

matricola: 801757

Anno Accademico 2013/2014

Abstract

Nell'ambito dei flussi di traffico merci transalpino attraverso la Svizzera – in particolare sul valico del San Gottardo –, tra i quali le relazioni di traffico tra l'Italia e il nord Europa rappresentano una parte fondamentale della rete europea del trasporto merci, ha una rilevanza strategica il trasporto combinato, con il quale la maggior parte del percorso viene realizzata via ferrovia mentre solamente le tratte terminali si avvalgono della modalità stradale, con il vantaggio di dover trasbordare solamente l'unità di carico che trasporta le merci senza la manipolazione diretta delle stesse.

L'incremento del traffico combinato, che peraltro è caratterizzato da un trend positivo da più di un decennio, è inoltre parte della politica di trasferimento delle merci dalla strada alla ferrovia promossa dalla Svizzera, che è direttamente interessata dai flussi di transito. La prossima realizzazione della Nuova Trasversale Ferroviaria Alpina mediante il completamento dei Tunnel di base del San Gottardo e del Monte Ceneri e il contestuale adeguamento delle tratte di accesso, compresa quella italiana, permetterà un notevole aumento delle merci trasportate.

Il trasporto combinato deve però potersi avvalere di impianti intermodali in cui sia possibile realizzare l'interscambio strada-ferrovia: lo scenario descritto presenta pertanto l'opportunità per l'evoluzione di terminali esistenti o per lo sviluppo di nuovi ed è sulla base di questo contesto che il presente elaborato mostra i vantaggi derivanti dall'installazione di un terminal intermodale nell'area a nord di Milano sulla via di accesso al corridoio transalpino del San Gottardo.

Tali vantaggi si sintetizzano nella possibilità di soddisfare la domanda di trasporto estero in un'area economicamente forte e dinamica come la zona al confine tra la città metropolitana di Milano e la Brianza attraverso una modalità di trasporto che consente di avere un minor numero di veicoli stradali sulla maggior parte del percorso e che presenta costi di trasporto inferiori alla modalità stradale.

Inoltre, la realizzazione di un terminal intermodale terrestre, a differenza di un terminal portuale, può essere conseguita anche in presenza di spazi non abbondanti, grazie alle limitate dimensioni delle componenti dell'impianto.

Il dimensionamento di un terminal intermodale collocato a Seregno, nella Brianza centro-meridionale, dà un esempio concreto degli aspetti esposti.

Indice

1	Introduzione	12
2	Il trasporto combinato attraverso il valico del San Gottardo	14
2.1	Trasporto combinato non accompagnato e accompagnato.....	14
2.2	Dati di traffico del trasporto combinato	17
2.2.1	Traffico attuale (al 2013).....	17
2.2.2	Tendenze di traffico.....	20
2.3	Traffico di merci attraverso il valico del San Gottardo	22
2.3.1	Inserimento nella politica dei trasporti dell'Unione Europea	22
2.3.2	Situazione attuale.....	23
2.3.2.1	Dati di traffico	23
2.3.2.2	Vincoli infrastrutturali.....	27
2.3.3	Scenario futuro	32
2.3.3.1	Nuova Trasversale Ferroviaria Alpina e corridoio di 4 metri.....	32
2.3.3.2	Trasferimento dalla strada alla ferrovia	35
2.3.3.3	Nuovi terminali	38
2.4	Considerazioni generali.....	40
3	Individuazione dei possibili siti.....	41
3.1	Criteri di scelta	41
3.1.1	Superficie necessaria	41
3.1.2	Accessibilità stradale e ferroviaria	42
3.1.3	Impatto sulla rete ferroviaria	42
3.2	Descrizione dell'area a nord di Milano	43
3.2.1	Caratteri generali.....	43
3.2.2	Accessibilità stradale	45
3.2.3	Accessibilità ferroviaria	47
3.3	Identificazione delle alternative	49
3.3.1	① SEREGNO CEREDO	50
3.3.1.1	Descrizione dell'area.....	50
3.3.1.2	Accessibilità ferroviaria.....	50
3.3.1.3	Accessibilità stradale	51
3.3.2	② SEREGNO SAN SALVATORE.....	52
3.3.2.1	Descrizione dell'area.....	52
3.3.2.2	Accessibilità ferroviaria.....	53
3.3.2.3	Accessibilità stradale	53
3.3.3	③ CERIANO LAGHETTO.....	55
3.3.3.1	Descrizione dell'area.....	55
3.3.3.2	Accessibilità ferroviaria.....	55
3.3.3.3	Accessibilità stradale	58
3.3.4	④ DESIO	59
3.3.4.1	Descrizione generale.....	59
3.4	Confronto tra le alternative e scelta del sito	61

4.	Vincoli ferroviari	63
4.1.	Capacità della linea	63
4.1.1.	Generalità	63
4.1.2.	Caso in esame: Milano – Chiasso	64
4.1.3.	Calcolo della capacità	66
4.1.3.1.	UIC.....	66
4.1.3.2.	RFI	76
4.2.	Caratteristiche di esercizio dei treni	78
4.2.1.	Caratteristiche infrastrutturali	78
4.2.2.	Materiale rotabile.....	82
4.2.2.1.	Determinazione della composizione massima	86
4.2.3.	Considerazioni generali	91
5	Dimensionamento del Terminal.....	92
5.1	Traffico previsto	92
5.2	Requisiti progettuali minimi.....	93
5.3	Handling	94
5.3.1	Mezzi di movimentazione	94
5.3.2	Veicolo bimodale.....	95
5.4	Area operativa (lato ferrovia)	97
5.4.1	Fascio binari operativi	97
5.4.2	Binari di sosta e manovra	99
5.4.3	Binari di presa e consegna (fascio arrivi/partenze).....	101
5.5	Aree di movimentazione (lato strada)	103
5.5.1	Corsie di carico e scarico/corsie di scorrimento	103
5.5.2	Aree di deposito	105
5.5.3	Piazzale di manovra dei veicoli stradali.....	105
5.6	Zona di ingresso	106
5.6.1	Gate d'ingresso.....	106
5.6.2	Parcheggi e uffici	107
5.7	Superficie complessiva.....	109
5.8	Connessione alla linea ferroviaria.....	111
5.9	Connessione e modifiche alla viabilità stradale.....	112
5.10	Layout generale.....	112
5.11	Circolazione dei veicoli nel Terminal.....	114
5.11.1	Circolazione stradale	114
5.11.1.1	Autoveicoli e automezzi.....	114
5.11.1.2	Gru semoventi e locotrattore	114
5.11.2	Circolazione ferroviaria	116
5.11.2.1	Treni in arrivo.....	116
5.11.2.2	Treni in partenza	116
5.11.2.3	Manovre.....	116
5.12	Caratteristiche infrastrutturali.....	119
5.12.1	Lato ferrovia	119

5.12.1.1	Armamento.....	119
5.12.1.2	Deviatoi.....	120
5.12.1.3	Alimentazione elettrica.....	122
5.12.1.4	Impianti di segnalamento.....	122
5.12.2	Lato strada.....	123
5.12.2.1	Pavimentazione per area operativa e parcheggio automezzi.....	123
5.12.2.2	Pavimentazione per attraversamenti a raso dei binari.....	124
5.12.2.3	Pavimentazione per parcheggio dipendenti.....	124
5.12.2.4	Illuminazione.....	124
5.13	Dimensionamento del personale.....	126
5.14	Dimensionamento del parco carri.....	127
5.15	Alternative possibili.....	129
5.15.1	Gestione di tutti i tipi di UTI.....	129
5.15.2	Gru a portale.....	129
5.15.3	Movimentazione orizzontale.....	130
5.15.3.1	Sistema tradizionale.....	130
5.15.3.2	Sistema Modalohr.....	133
5.15.3.3	Sistema ISU.....	134
5.15.3.4	Autostrada Viaggiante (RoLa).....	136
6	Costi.....	138
6.1	Costi di trasporto.....	138
6.1.1	Costi monetari.....	138
6.1.2	Tempo impiegato.....	140
6.2	Costi esterni.....	145
6.3	Costi infrastrutturali (investimento).....	148
6.3.1	Acquisizione e preparazione del terreno.....	148
6.3.2	Infrastruttura stradale.....	149
6.3.3	Infrastruttura ferroviaria.....	149
6.3.4	Altro.....	151
6.3.5	Costi fissi totali.....	152
6.3.6	Ricavi.....	152
6.4	Costi di esercizio.....	154
6.4.1	Personale.....	154
7	Conclusioni.....	155
8	Allegati.....	157
9	Bibliografia e sitografia.....	159

Indice delle figure

Figure 2.1.A-2.1.B – Semirimorchio intermodale (a sinistra) a confronto con uno non intermodale (a destra).....	16
Figura 2.2.A – Relazioni internazionali che interessano l’Italia.....	19
Figura 2.2.B – Traffici internazionali del trasporto combinato da e per l’Italia (anno 2007).....	20
Figura 2.2.C – Crescita del trasporto combinato dal 1990 al 2013.....	20
Figura 2.3.A – Corridoi TEN-T della rete centrale.....	23
Figura 2.3.B – Traffico merci transalpino dal 1984 al 2012.....	25
Figura 2.3.C – Traffico merci transalpino su strada diviso per tipologia di veicolo.....	26
Figura 2.3.D – Sagome limite normalizzate (a sinistra) e profili per il trasporto combinato (a destra) ..	27
Figura 2.3.E – Ripartizione modale del traffico merci con variazioni dal 1984 al 2012.....	29
Figura 2.3.F – Corridoio Merci 1, Genova – Rotterdam/Zeebrugge con codifica per traffico combinato.	31
Figura 2.3.G – Tracciato planimetrico della NTFA tra Chiasso e Zurigo.....	32
Figura 2.3.H – Profilo altimetrico della NTFA e confronto con la linea attuale.....	33
Figura 2.3.I – Esempio di ampliamento della sagoma di una galleria.....	34
Figura 2.3.J – Gallerie tra Chiasso e Basilea soggette a lavori di ampliamento.....	34
Figura 2.3.K – Vantaggi derivanti dal completamento della NTFA e del corridoio di 4 metri.....	36
Figura 2.3.L – Obiettivo di trasferimento di veicoli da strada a rotaia (orizzonte 2018).....	36
Figura 2.3.M – Numero di spedizioni del trasporto combinato dal 2002 al 2012.....	37
Figura 2.3.N – Previsioni e stime del volume del traffico merci ferroviario al 2030.....	37
Figura 2.3.O – Previsioni e stime del volume del traffico merci stradale al 2030.....	38
Figura 2.3.P – Flussi di traffico merci transalpino da/per i terminal dell’Italia nord-occidentale.....	39
Figura 3.2.A – Identificazione dell’area considerata all’interno della Lombardia.....	43
Figura 3.2.B – Area nord Milano - Brianza sud-occidentale (foto aerea).....	44
Figura 3.2.C – Rete stradale.....	45
Figura 3.2.D – Futuro tracciato dell’Autostrada Pedemontana.....	46
Figura 3.2.E – Tratto brianzolo dell’Autostrada Pedemontana.....	46
Figura 3.2.F – Rete ferroviaria nell’area tra Milano e il confine svizzero.....	47
Figura 3.2.G – Rete ferroviaria nell’area nord di Milano.....	48
Figura 3.3.A – Alternative possibili (mappa).....	49
Figura 3.3.B – Alternative possibili (foto aerea).....	50
Figura 3.3.C – Seregno località Ceredo.....	51
Figura 3.3.D – Collegamenti con S.S.35 e S.S.36.....	51
Figura 3.3.E – Itinerario alternativo per la S.S.35 con accesso all’area da ovest.....	52
Figura 3.3.F – Seregno località San Salvatore.....	53
Figura 3.3.G – Tratto della linea Seregno – Bergamo da percorrere per l’immissione sulla Milano – Chiasso.....	53
Figura 3.3.H – Itinerario da/per la S.S.36.....	54
Figura 3.3.I – Futuro assetto dello svincolo Desio nord.....	54
Figura 3.3.J – Ceriano Laghetto, confine meridionale con Solaro.....	55
Figura 3.3.K – Distanza ferroviaria tra Ceriano Laghetto e Seregno.....	56

Figura 3.3.L – Tratto a binario unico della ferrovia Saronno – Seregno	56
Figura 3.3.M – Sviluppo geometrico dell’eventuale bretella di collegamento tra la Saronno – Seregno e la Milano – Chiasso.....	57
Figura 3.3.N – Itinerario da/per la S.S.35	58
Figura 3.3.O – Stralcio della nuova viabilità connessa a Pedemontana.....	58
Figura 3.3.P – Itinerario da/per l’autostrada A9	59
Figura 3.3.Q – Desio, confine nord con Lissone	60
Figura 3.3.R – Tracciato della Pedemontana in zona Desio nord	60
Figura 4.1.A – Grado di saturazione nella fascia oraria 06 – 09.....	65
Figura 4.1.B – Grado di saturazione nella fascia oraria 09 – 22.....	65
Figura 4.1.C – Grado di saturazione nella fascia oraria 22 – 06.....	65
Figura 4.1.D – Fiancata di linea Chiasso – Seregno	68
Figura 4.1.E – Stazioni e distanze parziali della Milano – Chiasso.....	68
Figura 4.1.F – Stazioni e distanze parziali della Milano – Chiasso con nuovo P.M. intermedio	74
Figura 4.2.A – Tratto di linea Seregno – Chiasso, con la linea diretta via Monte Olimpino 2 (in nero) e la linea via Como-Monte Olimpino 1 (in grigio).....	78
Figura 4.2.B – Codifica Traffico Combinato su rete RFI (stralcio della planimetria allegata al PIR) per larghezze fino a 250 cm.....	80
Figura 4.2.C – Codifica Traffico Combinato su rete RFI (stralcio della planimetria allegata al PIR) per larghezze tra 250 cm e 260 cm.....	81
Figura 4.2.D – Esempio di carro tasca con semirimorchio	82
Figura 4.2.E – Dettaglio della tasca	83
Figura 4.2.F – Confronto tra semirimorchi tradizionali e Megatrailers	85
Figura 5.3.A – Gru semovente.. Figura 5.3.B – Gru a portale.....	94
Figura 5.3.C – Locotrattore da manovra	96
Figura 5.4.A – Layout schematico in pianta dei binari operativi (in verde) e dei binari di sosta e manovra (in rosso).....	100
Figura 5.4.B – Layout vista frontale: due binari operativi e gru semoventi.....	100
Figura 5.4.C – Layout vista frontale: tre binari operativi e gru a portale.....	101
Figura 5.4.D – Layout vista frontale: tre binari di cui due operativi (esterni) e uno (centrale) di sosta e manovra, con gru semoventi.....	101
Figura 5.4.E – Layout schematico in pianta del fascio arrivi e partenze	102
Figura 5.5.A – Layout vista frontale completo per gru semoventi (binari operativi, corsia di carico/scarico, corsia di scorrimento)	103
Figura 5.5.B – Layout schematico in pianta completo per gru semoventi (binari operativi, corsia di carico/scarico, corsia di scorrimento)	104
Figura 5.5.C – Layout vista frontale completo per gru a portale (binari operativi, corsia di carico/scarico, corsia di scorrimento)	104
Figura 5.5.D – Layout schematico in pianta completo per gru a portale (binari operativi, corsia di carico/scarico, corsia di scorrimento)	105
Figura 5.6.A – Gate d’ingresso.....	107
Figura 5.6.B – Parcheggi e edificio ufficio e servizi	108

Figura 5.7.A – Superficie occupata trasversalmente.....	109
Figura 5.7.B – Superficie occupata longitudinalmente	110
Figura 5.8.A – Schema dell'immissione in linea	111
Figura 5.9.A – Connessione del Terminal alla viabilità.....	112
Figura 5.10.A – Piano schematico del Terminal	113
Figura 5.11.A – Circolazione dei veicoli stradali all'interno del Terminal	115
Figura 5.11.B – Arrivo del treno sul fascio arrivi e partenze	117
Figura 5.11.C – Sostituzione della locomotiva elettrica con il locotratte e manovra sui binari di sosta e manovra	117
Figura 5.11.D – Manovra del convoglio sui binari operativi	117
Figura 5.11.E – Manovra della locomotiva elettrica dai binari di sosta e manovra al fascio arrivi e partenze	118
Figura 5.11.F – Manovra del treno dai binari operativi al fascio arrivi e partenze.....	118
Figura 5.11.G – Partenza del treno e immissione in linea.....	118
Figura 5.11.H – Manovra con locotratte dai binari operativi ai binari di sosta e manovra (o viceversa)	118
Figura 5.12.A – Profilo rotaia 60 UNI.....	119
Figura 5.12.B – Sezione massiciata tipo B	119
Figura 5.12.C – Profilo rotaia 70G	120
Figura 5.12.D – Deviatoio S60 UNI/170/0,12 a cuore retto (caratteristiche geometriche).....	120
Figura 5.12.E – Deviatoio S60 UNI/170/0,12 a cuore curvo (caratteristiche geometriche)	121
Figura 5.12.F – Comunicazione tra due deviatori S60 UNI/170/0,12 a cuore retto (caratteristiche geometriche)	121
Figura 5.12.G – Piano schematico deviatori	121
Figura 5.12.H – Palo LS14a, mensola e sospensione con isolatori.....	122
Figura 5.12.I – Palo LS 16a per ormeggio regolato con contrappesatura.....	122
Figura 5.12.J – Pavimentazione rigida da Catalogo CNR.....	123
Figura 5.12.K – Pavimentazione rigida per l'area operativa	123
Figura 5.12.L – Pavimentazione polifunzionale con rotaia a gola inclusa.....	124
Figura 5.12.M – Pavimentazione flessibile per il parcheggio dipendenti	124
Figura 5.12.N – Piano schematico delle pavimentazioni	124
Figura 5.15.A – Carro a tasca mobile.....	131
Figura 5.15.B – Schema di carico per movimentazione orizzontale.	131
Figura 5.15.C – Semirimorchio caricato su carro a tasca mobile	132
Figura 5.15.D – Carro speciale con piano di carico rotante (sistema Modalohr)	133
Figura 5.15.E – Esempio di superficie occupata da un Terminal con sistema Modalohr.	134
Figura 5.15.F – Piattaforma rialzata con elementi in acciaio in posizione.....	134
Figura 5.15.G – Sollevamento del semirimorchio	135
Figure 5.15.H-5.15.I – Telaio rettangolare connesso allo <i>spreader</i>	135
Figura 5.15.J – Treno dell'Autostrada Viaggiante.	136
Figura 5.15.K – Autoarticolati dell'Autostrada Viaggiante durante il caricamento	137
Figura 6.1.A – Soglia di convenienza del trasporto combinato.....	142
Figura 6.1.B – Confronto tra linee dei costi del TC al variare della tratte stradali.....	143

Figura 6.1.C – Esempio di non convenienza del trasporto combinato	144
Figura 6.2.A – Procedimento di calcolo per i costi esterni.....	146
Figura 6.2.B – Costi esterni del traffico merci per tonnellata-chilometro.	146

Indice delle tabelle

Tabella 2.1.A – Vantaggi e svantaggi delle Unità di Trasporto Intermodale.....	15
Tabella 2.2.A – Numeri del trasporto combinato dal rapporto annuale UIRR 2013.....	17
Tabella 2.2.B – Matrice origine-destinazione con suddivisione delle spedizioni in base al tipo di UTI (anno 2013)	18
Tabella 2.2.C – Traffico merci attraverso le Alpi 2004–2009.	21
Tabella 2.3.A – Traffico merci transalpino attraverso i valichi svizzeri dal 2000 al 2012.....	24
Tabella 2.3.B – Traffico merci transalpino su ferrovia dal 2000 al 2012.....	25
Tabella 2.3.C – Traffico merci su ferrovia attraverso il San Gottardo dal 2004 al 2012	26
Tabella 2.3.D – Dimensioni della codifica P/C 60/384	28
Tabella 2.3.E – Dimensioni della codifica P/C 80/410.....	28
Tabella 2.3.F – Ripartizione modale del traffico merci (totale Svizzera).....	29
Tabella 2.3.G – Ripartizione modale del traffico merci (San Gottardo).....	30
Tabella 3.1.A – Esempi di Terminal intermodali e superfici occupate	41
Tabella 3.2.A – Commercio estero Import-Export in Lombardia.	44
Tabella 3.4.A – Confronto tra le alternative.....	61
Tabella 4.1.A – Caratteristiche cinematiche dei treni... Tabella 4.1.B – Caratteristiche infrastrutturali .	69
Tabella 4.1.C – Tempi di percorrenza per treni PAX e MERCI STOP	70
Tabella 4.1.D – Tempi di percorrenza per treni PAX e MERCI NO STOP	70
Tabella 4.1.E – Ripartizione dei treni in categorie	71
Tabella 4.1.F – Ripartizione giornaliera del servizio.....	71
Tabella 4.1.G – Potenzialità oraria della tratta Carimate – Bivio Rosales	72
Tabella 4.1.H – Potenzialità giornaliera della tratta Carimate – Bivio Rosales	72
Tabella 4.1.I – Treni in circolazione in un giorno feriale sulla base dell’orario attuale	73
Tabella 4.1.J – Grado di utilizzo in un giorno feriale su base oraria.....	74
Tabella 4.1.K – Caratteristiche infrastrutturali del tratto Monza – Desio.....	75
Tabella 4.1.L – Tempi di percorrenza del tratto Monza – Desio	75
Tabella 4.1.M – Potenzialità oraria e giornaliera del tratto Monza – Desio	75
Tabella 4.1.N – Grado di utilizzo in un giorno feriale su base oraria	76
Tabella 4.2.A – Caratteristiche infrastrutturali della Milano – Chiasso tra Seregno e Chiasso.....	79
Tabella 4.2.B – Dimensioni della codifica P/C 60/390.....	82
Tabella 4.2.C – Dimensioni della codifica P/C 80/410.....	82
Tabella 4.2.D – Caratteristiche tecniche dei carri <i>poche</i> tipo T3 (S14 – S17) e T5.....	84
Tabelle 4.2.E-4.2.F – Caratteristiche tecniche delle locomotive E652, E655, E189, E186	86
Tabelle 4.2.G-4.2.H – Numero massimo di carri rimorchiabili, in base al tipo di locomotiva e di carro .	89
Tabella 4.2.I – Numero massimo di carri rimorchiabili nel caso di due locomotive in doppia trazione e modulo di linea di 750 m.....	90
Tabella 4.2.J – Numero massimo di carri rimorchiabili nel caso di massimo carico	90
Tabella 5.2.A – Requisiti progettuali minimi per un Terminal intermodale.....	93
Tabella 5.3.A – Caratteristiche delle gru semoventi e delle gru a portale.....	94

Tabella 5.3.B – Caratteristiche tecniche del locotrattore	96
Tabella 5.6.A – Operazioni effettuate presso il <i>gate</i> d’ingresso	106
Tabella 5.12.A – Caratteristiche geometrica della rotaia tipo 60 UNI.	119
Tabella 5.12.B – Caratteristiche geometrica della rotaia a gola tipo 70G	120
Tabella 5.13.A – Personale necessario per l’operatività del Terminal.....	126
Tabella 5.14.A – Parco carri: tipo T3 in alternativa al tipo T5	127
Tabella 5.14.B – Parco carri: assortimento dei tipi T3 e T5.....	128
Tabella 6.1.A – Costi e tempi del trasporto stradale e combinato sulla relazione Seregno – Duisburg	141
Tabella 6.3.A – Costo della pavimentazione rigida	149
Tabella 6.3.B – Costo della pavimentazione flessibile	149
Tabella 6.3.C – Costi infrastrutturali di investimento	152
Tabella 6.4.A – Costi del personale	154

1 Introduzione

Nell'ambito del trasporto delle merci, un ruolo fondamentale è affidato al trasporto combinato, che rientra nel più generico settore dei trasporti intermodali.

La Commissione Europea [1] dà la seguente definizione di trasporto combinato: "trasporto intermodale in cui la maggior parte del tragitto, in ambito europeo, si effettua per ferrovia, vie navigabili o per mare, mentre i percorsi iniziali e/o terminali, i più corti possibili, sono realizzati su strada".

Tra i vantaggi del trasporto combinato vanno citati innanzitutto la possibilità di trasportare la merce in un'unica unità di carico dall'origine alla destinazione finale, senza la necessità di trasbordi intermedi, in quanto è l'unità di carico stessa ad essere trasbordata da una modalità di trasporto all'altra, e questo è un vantaggio che riguarda in generale qualsiasi trasporto intermodale.

Altri vantaggi, specifici del trasporto combinato, sono la combinazione tra la flessibilità del mezzo stradale, che può arrivare ovunque, anche dove non è presente la ferrovia, e l'economicità del trasporto ferroviario su larga distanza; il minor numero di emissioni nell'ambiente; la riduzione di traffico e di incidentalità stradali; il rischio minore di arrecare danni alla merce e l'integrazione con i servizi delle catene logistiche.

Grazie a questi fattori, il trasporto combinato ha avuto e continua ad avere una crescita positiva su scala europea; l'UIC¹ [2] ha rilevato per tale tipologia di trasporto una variazione da 14,8 milioni di TEU² nel 2005 a 19,1 milioni di TEU nel 2011, con un incremento effettivo del 28,9%. Tale permette di avere un'idea dell'incidenza del trasporto combinato sugli scambi di merci sia a livello nazionale sia a livello internazionale.

L'Italia è interessata da una rilevante quota di trasporto combinato, di cui una considerevole parte è costituita dal traffico internazionale con il nord Europa. In particolare, l'UIC, dai dati del 2011, ha evidenziato che le relazioni più forti in termini di merce trasportata sono, nell'ordine, Germania – Italia via Austria (8.394.000 tonnellate), Belgio – Italia via Svizzera (7.201.000 tonnellate) e Germania – Italia via Svizzera (6.804.000 tonnellate).

Focalizzando l'attenzione sulle relazioni via Svizzera, l'aumento dei traffici del trasporto combinato (ma lo stesso si può dire per il trasporto merci in generale) è in parte vincolato da alcune limitazioni infrastrutturali della rete ferroviaria, che riguardano in particolare il valico del San Gottardo. Tali vincoli sono dati dalle pendenze che limitano fortemente la massa rimorchiabile e quindi il quantitativo di merci trasportabili, e dalle dimensioni delle gallerie, che non consentono il transito delle unità di carico di ultima generazione.

Questa situazione limitante è però destinata a cambiare nel breve termine grazie all'apertura del nuovo Tunnel di base del San Gottardo, che consentirà di eliminare completamente i vincoli sopracitati e aprirà la strada per un possibile aumento dei traffici transalpini.

È inoltre necessario tenere in conto che la Svizzera sta promuovendo da alcuni anni una politica di trasferimento delle merci da strada a ferrovia mediante diversi interventi, tra cui sono inclusi gli interventi infrastrutturali sulla rete ferroviaria (di cui il Tunnel di base del San Gottardo è il principale

¹ Union National des Chemins de fer (International Railways Union)

² Unità equivalente da 20 piedi (Twenty feet Equivalent Unit). Unità di misura di carico corrispondente ad un container ISO di lunghezza 20 piedi (6.10 m), usata come misura di capacità o di flussi di trasporto.

progetto) volti a migliorare le condizioni di capacità e l'introduzione della tassa sul traffico pesante, applicata a qualsiasi automezzo con massa superiore alle 3,5 tonnellate transitante attraverso il territorio svizzero.

Questo contesto può quindi dare l'opportunità per lo sviluppo di nuovi terminali in cui effettuare il cambio modale strada-ferrovia, da collocare in zone caratterizzate da un livello produttivo intenso. Nel nord Italia, la Lombardia ha un ruolo determinante all'interno del commercio estero: i dati Istat mostrano che nel 2013 [3] ha generato il 31% delle importazioni e il 28% delle esportazioni sul totale nazionale. Pertanto, per quanto riguarda la fetta di mercato estero connessa al nord Europa, potrebbe essere vantaggiosa l'installazione di un terminal nell'area settentrionale della regione, alle porte della Svizzera, per intercettare parte del traffico stradale e trasferirlo su ferrovia.

Nel presente elaborato si realizza in primo luogo un'analisi dei dati di traffico merci tra l'Italia e il nord Europa, focalizzando in particolare l'attenzione sul trasporto di merci mediante i semirimorchi, che sono la tipologia di unità di trasporto che ha visto un maggiore incremento di utilizzo negli ultimi anni. Con l'obiettivo di collocare un nuovo Terminal nell'area a nord di Milano, relativamente prossima al confine svizzero e all'accesso per le comunicazioni verso il nord, si identificano poi i possibili siti dotati delle caratteristiche idonee per la realizzazione di un Terminal e da un confronto tra essi si determina l'alternativa con le caratteristiche più favorevoli.

In presenza di un incremento del traffico ferroviario dovuto all'attività del nuovo Terminal, è inoltre necessario verificare la capacità della rete ferroviaria, identificando eventuali criticità infrastrutturali e ipotizzando una possibile soluzione per eliminarle.

Sulla base dei dati di traffico osservati e del quantitativo di merci che si prevede di gestire, si procede quindi con il dimensionamento del Terminal in tutte le sue componenti, sia quelle riguardanti la modalità ferroviaria, sia quelle relative alla modalità stradale, focalizzando l'attenzione sulla specializzazione del Terminal per la movimentazione di semirimorchi, per i motivi prima esposti.

Pur identificando una precisa configurazione del Terminal, si considerano anche eventuali alternative sulla base delle tecniche di movimentazione utilizzate in impianti esistenti, che possono anche essere tenute in considerazione per un ulteriore sviluppo futuro.

Infine si effettua una breve analisi dei costi interni ed esterni connessi con la realizzazione del Terminal e dei servizi di trasporto connessi ad esso.

2 Il trasporto combinato attraverso il valico del San Gottardo

2.1 TRASPORTO COMBINATO NON ACCOMPAGNATO E ACCOMPAGNATO

Prima di descrivere l'attuale situazione dei traffici riguardanti il trasporto combinato, è opportuno descrivere le due differenti tipologie esistenti: il trasporto combinato non accompagnato (TCNA) e il trasporto combinato accompagnato (TCA) o "autostrada viaggiante" (RoLa, dall'equivalente tedesco *Rollende Landstrasse*).

Il TCNA prevede il trasporto via ferrovia (o via mare) di un veicolo stradale non accompagnato dal conducente: l'Unità di Trasporto Intermodale (UTI), che può essere un container, una cassa mobile o un semirimorchio raggiunge il terminal di trasbordo su strada per poi essere caricata sul treno; il trattore stradale con l'autista resta presso il terminal e la UTI viene poi prelevata da un altro autista presso il terminal di arrivo, dopo il viaggio via ferrovia.

Il TCA invece prevede il carico su treno di tutto l'automezzo, comprensivo di motrice, e l'autista viaggia su un apposita carrozza di accompagnamento in composizione al treno.

Oltre alla differenza di base tra i due sistemi, vi sono ulteriori caratteristiche che diversificano il TCNA e il TCA ed evidenziano i rispettivi vantaggi e svantaggi, sintetizzate di seguito:

- tipo di carri: per il TCNA si utilizzano carri pianale (per container e casse mobili) e carri *poche*³ (per i semirimorchi), mentre per il TCA si utilizzano carri ultrabassi, aventi un diametro delle ruote ridotto per consentire una minore altezza tra il piano del ferro (i binari) e il piano di carico. A causa delle particolarità tecniche, i carri ultrabassi presentano costi di investimento e di manutenzione nettamente maggiori rispetto ai carri usati per il TCNA (Hupac [4] stima il doppio per i costi di investimento e il quadruplo per i costi di manutenzione);
- modalità di carico: per il TCNA è verticale, ovvero le UTI vengono prelevate da gru e caricate sui carri ferroviari dall'alto mentre per il TCA è orizzontale, cioè gli automezzi autonomamente sui carri a partire dalla coda del treno (o direttamente sul singolo carro nel caso esso sia dotato di piano di carico girevole). Il carico verticale impiega un tempo minore rispetto a quello orizzontale; richiede però particolare attenzione nelle modalità di aggancio della UTI, per evitarne il ribaltamento;
- carico trasportato: il TCA trasporta un carico netto minore rispetto al TCNA, dato che il trasporto dell'automezzo completo comporta una tara maggiore. Inoltre, in media un treno RoLa trasporta 20 automezzi (per un totale di circa 400 tonnellate nette), mentre un treno del TCNA trasporta 35 UTI (per un totale di circa 750 tonnellate nette), per cui per ogni unità di carico trasportata il TCA presenta costi unitari maggiori.

Da quanto osservato, emerge un numero maggiore di aspetti positivi per il TCNA. Secondo Hupac [4] "è opportuno mantenere il mix attuale (circa 100.000 spedizioni annue con il TCA contro le 850.000 del

³ I carri pianale presentano un piano orizzontale per l'alloggiamento di container e casse mobili. I carri *poche* hanno invece una tasca che consente l'alloggiamento delle ruote del semirimorchio e tramite l'utilizzo di dispositivi di appoggio possono trasportare anche container e casse mobili.

2. Il trasporto combinato attraverso il valico del San Gottardo

TCNA) anche in futuro, incentrando il focus della politica di trasferimento sul TCNA e lasciando all'Autostrada Viaggiante un ruolo integrativo per il trasferimento dei trasporti che non dispongono dell'equipaggiamento speciale necessario per il TCNA".

Pertanto è auspicabile che ulteriori sviluppi del trasporto combinato si concentrino sulla modalità non accompagnata, che sulle tratte transalpine risulta competitiva rispetto al trasporto "tutto strada" già per distanze maggiori di 300 chilometri.

All'interno del TCNA è poi interessante evidenziare le differenze tra le UTI utilizzabili: container, casse mobili e semirimorchi. ECR Italy [5] ha posto l'attenzione sulle caratteristiche mostrate in Tabella 2.1.A.

UTI	VANTAGGI	SVANTAGGI
Container	<ul style="list-style-type: none"> - Sovrapponibile - Costo contenuto - Integrazione con le infrastrutture di trasporto internazionali 	<ul style="list-style-type: none"> - Accessibilità limitata - Dimensioni interne non congruenti con EPAL⁴ - Necessarie attrezzature di handling
Cassa mobile	<ul style="list-style-type: none"> - Elevata accessibilità (laterale e posteriore) - Dimensioni interne congruenti con EPAL - Dimensioni esterne congruenti con autoveicoli - Più leggero rispetto al semirimorchio nel trasporto ferroviario (- 3 t) 	<ul style="list-style-type: none"> - Non sovrappponibile - Costo maggiore rispetto al container - Più pesante del semirimorchio nel trasporto stradale (+ 2 t) - Caricamento solo verticale
Semirimorchio	<ul style="list-style-type: none"> - Elevata flessibilità d'impiego - Dimensioni interne congruenti con EPAL - Possibile il caricamento orizzontale 	<ul style="list-style-type: none"> - Non sovrappponibile - Costo maggiore rispetto alla cassa mobile - Tara maggiore rispetto alla cassa mobile (+ 3 tonnellate dovute al carrello) - Necessità del carro tipo <i>poche</i>

Tabella 2.1.A – Vantaggi e svantaggi delle Unità di Trasporto Intermodale

Ogni tipologia di UTI ha i propri aspetti vantaggiosi, tuttavia è possibile fare alcune considerazioni aggiuntive.

L'utilizzo dei container, che sono le UTI maggiormente utilizzate su scala mondiale, è diffuso soprattutto nel trasporto marittimo e, di conseguenza, in buona parte anche nel trasporto combinato mare-ferrovia. Tuttavia, per i traffici in cui non è inclusa la modalità marittima, come ad esempio le relazioni tra l'Italia e la Germania o tra l'Italia e il Benelux (escludendo i collegamenti con i porti di del nord), il container non rappresenta la soluzione più adatta, poiché si è evidenziato come le sue dimensioni non siano congruenti con gli EPAL.

Per tali spostamenti risulta più pratico l'utilizzo di casse mobili e semirimorchi; pur tenendo conto del minor costo delle prime rispetto ai secondi, va però considerata la flessibilità di impiego dei semirimorchi.

Il Consiglio Federale Svizzero [6] ha rilevato che "in considerazione delle osservazioni fatte in tutta Europa, gli specialisti e gli operatori di mercato interpellati suppongono che in futuro gli autoarticolati (e i relativi contenitori, i semirimorchi) saranno impiegati in misura ancora maggiore nel traffico merci

⁴ Pallet (pedana per il trasporto di merci) europeo, di dimensioni standard 800x1200 mm.

su strada” e che i semirimorchi presentano diversi vantaggi logistici rispetto a casse mobili e container, tra i quali si possono citare:

- le dimensioni ottimizzate (lunghezza, altezza e volume del vano di carico),
- la facilità di caricamento,
- la maggiore facilità di aggancio e sgancio,
- l'autotelaio fisso,
- la possibilità di posteggio o movimentazione con facilità mediante un trattore stradale.

È necessario specificare però che non tutti i semirimorchi sono intermodali, cioè provvisti della struttura adatta al caricamento verticale, che consiste in un telaio rinforzato in corrispondenza dei punti di aggancio da parte dei mezzi di movimentazione; è comunque possibile caricare su carri ferroviari anche i semirimorchi mediante la movimentazione orizzontale.



Figure 2.1.A-2.1.B – Semirimorchio intermodale (a sinistra) a confronto con uno non intermodale (a destra). Fonte: [7]

È possibile osservare nel semirimorchio intermodale l’indicazione in giallo delle feritoie per l’aggancio da parte dei mezzi di movimentazione (gru). Nel semirimorchio non intermodale tali indicazioni sono assenti.

In virtù delle considerazioni espresse finora, il nuovo terminale che si prevede di sviluppare nell’area settentrionale della Lombardia, compresa tra Milano e il confine svizzero nell’intorno di Chiasso, sarà dedicato al TCNA e in particolare alla movimentazione di semirimorchi. Tale scelta non è, peraltro, esclusiva, poiché i carri *poche* possono essere utilizzati anche per il trasporto di container e casse mobili, così come i mezzi di movimentazione sono gli stessi per la gestione di qualsiasi UTI.

2.2 DATI DI TRAFFICO DEL TRASPORTO COMBINATO

2.2.1 Traffico attuale (al 2013)

I numeri del trasporto combinato sono elaborati e pubblicati annualmente dall'UIRR⁵, a cui fanno parte numerosi operatori del trasporto combinato e gestori dei terminali di trasbordo. I dati più recenti sono quelli dell'anno 2013 (Tabella 2.2.A).

	Border Crossing			Domestic			Total		
	2012	2013	2013/2012	2012	2013	2013/2012	2012	2013	2013/2012
Number of consignments	1,603,630	1,701,999	6,13%	925,634	924,294	-0,14%	2,529,264	2,626,293	3,84%
containers	1,206,652	1,273,627	5,55%	860,836	840,720	-2,34%	2,067,488	2,114,347	2,27%
(craneable) semi-trailers	278,344	301,832	8,44%	55,253	73,600	33,21%	333,597	375,432	12,54%
complete trucks (RoLa)	118,634	126,540	6,66%	9,545	9,974	4,49%	128,179	136,514	6,50%
Average distance	843	840	-0,40%	425	473	11,10%	702	722	2,81%
Billion tkm	31,10	32,20	3,51%	7,97	8,54	7,13%	39,08	40,74	4,25%
Number of TEU	3,207,260	3,403,998	6,13%	1,851,268	1,848,588	-0,14%	5,058,528	5,252,586	3,84%

Tabella 2.2.A – Numeri del trasporto combinato dal rapporto annuale UIRR 2013. Fonte: [8]

Dal rapporto annuale del 2013 [8] emergono le seguenti informazioni:

- delle 2.626.293 spedizioni⁶ del 2013, 1.701.999 (circa il 65%) sono state in ambito internazionale;
- di queste 1.701.999 spedizioni, 1.273.627 (circa il 75%) sono state effettuate con container e casse mobili, 301.832 (circa il 18%) con semirimorchi e il restante 7% con automezzi completi (Autostrada Viaggiante);
- il traffico di semirimorchi è quello che ha subito il maggior incremento rispetto al 2012, con 40.000 semirimorchi in più trasportati (incremento del 13%);
- per quanto riguarda le distanze medie coperte dalle rotte del traffico combinato:
 - il 38% delle spedizioni ha coperto distanze maggiori di 900 km,
 - il 39% distanze comprese tra 600 km e 900 km,
 - il 21% distanze comprese tra 300 km e 600 km,
 - il 2% distanze inferiori ai 300 km;
- le relazioni con le migliori performance sono state, nell'ordine, Germania – Italia (e viceversa), Italia – Paesi Bassi (e viceversa), Belgio – Germania (e viceversa) e Belgio – Italia (e viceversa).

⁵ International Union for Rail-Road combined transport.

⁶ Il dato espresso in numero di spedizione invece che di tonnellate permette di quantificare direttamente il numero di UTI trasportate, poiché a una "spedizione" corrisponde una UTI.

2.Il trasporto combinato attraverso il valico del San Gottardo

Focalizzando l'attenzione sulle relazioni che interessano l'Italia, si hanno i dati esposti in Tabella 2.2.B.

Relazione		Spedizioni	Distanza media (km)	Carico medio (t)	Tonn-km ⁷ (1.000 tkm)	Tipologia UTI in % sul totale spedizioni			
da	a					Container/casse mobili con lunghezza < 8,30m	Container/casse mobili con lunghezza > 8,30m	Semirimorchi	RoLa
Paese									
AT	IT	4.996	190	21	20.375	62%	35%	3%	-
IT	AT	7.479	334	26	70.120	15%	10%	2%	73%
BE	IT	104.842	1.002	25	2.632.484	22%	67%	11%	-
IT	BE	98.969	931	21	1.880.110	19%	68%	13%	-
CH	IT	2.599	300	21	16.438	31%	13%	56%	-
IT	CH	4.979	311	26	39.741	40%	23%	38%	-
CZ	IT	2.620	941	26	54.320	17%	-	83%	-
IT	CZ	2.444	955	22	51.120	19%	5%	76%	-
DE	IT	295.303	784	28	6.408.204	30%	19%	34%	17%
IT	DE	282.369	788	23	4.752.089	30%	21%	32%	17%
DK	IT	7.040	1.172	28	227.742	24%	23%	53%	-
IT	DK	9.283	1.478	26	354.398	16%	20%	64%	-
ES	IT	1.846	1.066	28	54.911	75%	25%	-	-
IT	ES	1.521	1.024	21	32.941	69%	31%	-	-
FR	IT	20.861	897	26	491.427	-	99%	1%	-
IT	FR	23.107	879	21	419.481	13%	86%	1%	-
IT	HU	133	338	8	355	100%	-	-	-
IT	LU	2.940	715	7	15.059	100%	-	-	-
LU	IT	2.952	715	31	66.359	100%	-	-	-
IT	NL	41.655	1.176	18	884.153	43%	54%	3%	-
NL	IT	38.267	1.186	25	1.143.314	42%	56%	2%	-
IT	PL	2.519	1.067	21	57.609	24%	76%	-	-
PL	IT	1.899	1.153	15	33.722	7%	93%	-	-
IT	RU	5	1.617	21	173	40%	60%	-	-
RU	IT	2	1.218	9	16	100%	-	-	-
IT	SE	4.833	1.443	24	168.314	66%	30%	4%	-
SE	IT	8.351	1.341	29	321.714	42%	18%	39%	-
SI	IT	1.215	265	3	976	100%	-	-	-

Tabella 2.2.B – Matrice origine-destinazione con suddivisione delle spedizioni in base al tipo di UTI (anno 2013). Fonte: [8]

AT: Austria, BE: Belgio, CH: Svizzera, CZ: Repubblica Ceca, DE: Germania, DK: Danimarca, ES: Spagna, FR: Francia, HU: Ungheria, IT: Italia, LU: Lussemburgo, NL: Paesi Bassi, PL: Portogallo, RU: Russia, SE: Svezia, SI: Slovenia

Si può osservare che su alcune relazioni il traffico di semirimorchi raggiunge quote importanti (Austria, Belgio, Svizzera, Repubblica Ceca, Germania e Danimarca), mentre su altre rappresenta una minima parte (Francia, Paesi Bassi e Svezia).

La Figura 2.2.A, tratta da un'analisi del 2011 sul trasporto combinato condotta dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti [9], esplicita schematicamente quanto osservato in Tabella 2.2.B.

⁷ Tonnellate-chilometro: prodotto tra le tonnellate trasportate e i chilometri percorsi, è una misura del traffico merci che interessa una determinata relazione tra due regioni o Paesi.

2. Il trasporto combinato attraverso il valico del San Gottardo

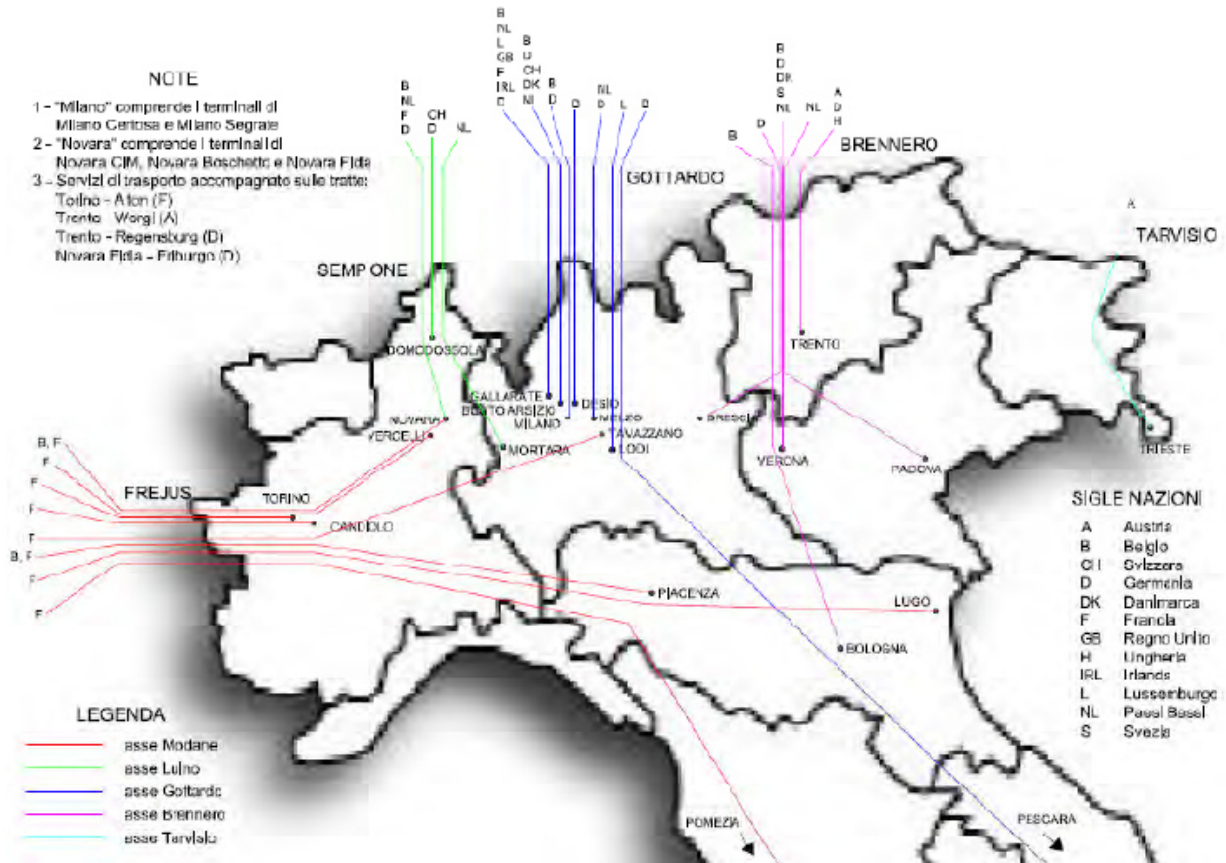


Figura 2.2.A – Relazioni internazionali che interessano l'Italia. Fonte: [9]

Di queste relazioni, alcune interessano l'attraversamento del valico del San Gottardo, in particolare parte dei collegamenti con Belgio, Paesi Bassi, Germania, Danimarca e Svezia, mentre la restante parte attraversa i valichi del Sempione e del Brennero.

Dall'analisi del MIT risulta inoltre che "la maggior quota di traffico combinato è concentrata nei terminali di Verona, Milano e Novara/Busto Arsizio, la cui somma movimentata è circa due terzi del totale, ed è quasi esclusivamente traffico internazionale". Ciò conferma che il trasporto combinato ha un ruolo importante nei traffici tra l'Italia settentrionale e il nord Europa, come mostrato nella mappa schematica dei collegamenti tra l'Italia e i Paesi esteri (Figura 2.2.B).

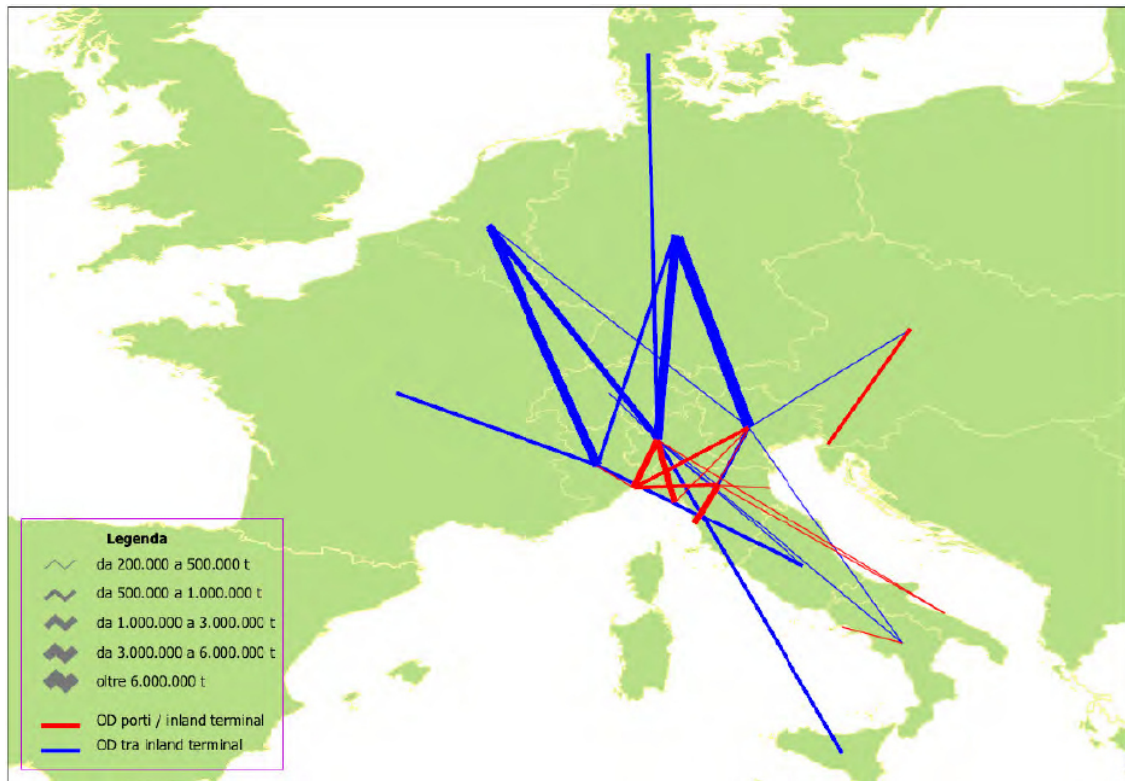


Figura 2.2.B – Traffici internazionali del trasporto combinato da e per l'Italia (anno 2007). Fonte: [9]

2.2.2 Tendenze di traffico

Per quanto riguarda le tendenze del traffico combinato, si può fare riferimento all'andamento degli ultimi decenni presentato dall'UIRR (Figura 2.2.C).

UIRR CT Growth Index - Consignments

(REFERENCE YEAR: 1990 = 100)

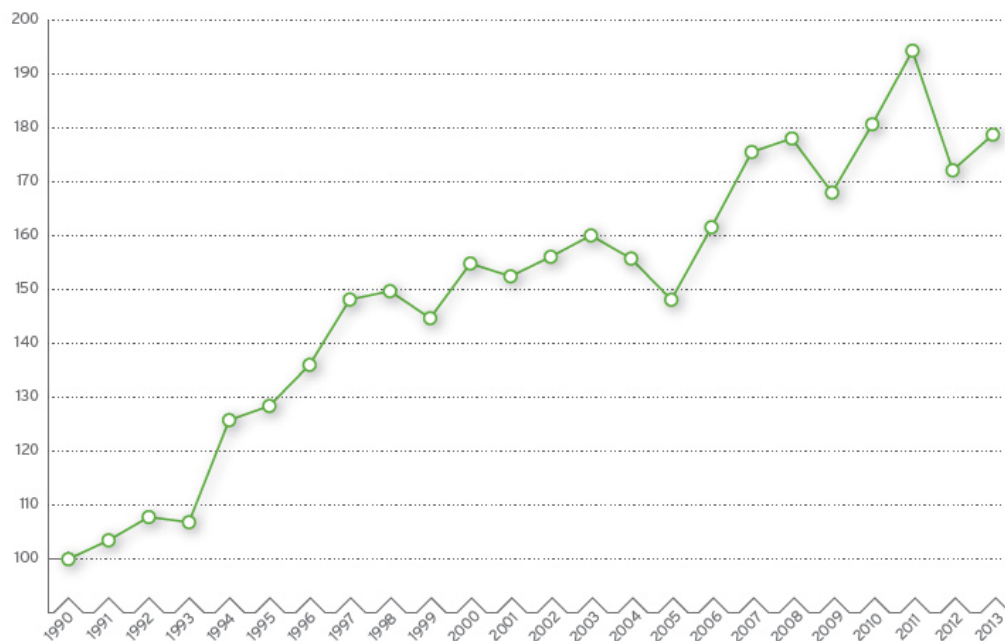


Figura 2.2.C – Crescita del trasporto combinato dal 1990 al 2013. Fonte: [8]

2. Il trasporto combinato attraverso il valico del San Gottardo

Gli anni in cui si è registrata un'inflexione negativa rispetto al trend positivo quasi ininterrotto dal 1990 sono quelli caratterizzati da una forte crisi economica (in particolare, il 2009 e il 2012).

A dispetto di questi dati, che riguardano in generale i traffici di tutta Europa, i dati dell'Ufficio Federale dei Trasporti svizzero [10] mostrano che nell'ambito dei traffici transalpini il trasporto combinato, nel periodo tra il 2004 e il 2009, ha comunque avuto una crescita, seppur limitata (Tabella 2.2.C).

Modi di trasporto	2004	2009	2004-2009	
	mio. t	mio. t	Mio. t	%
Tutti	35.42	34.20	-1.22	-3.4
Strada	12.50	13.36	+0.87	+6.9
Ferrovia, carri completi	8.99	6.39	-2.60	-28.9
Ferrovia, TC accompagnato	1.71	1.76	+0.05	+2.8
Ferrovia, TC non acc.	12.22	12.69	+0.47	+3.8

Tabella 2.2.C – Traffico merci attraverso le Alpi 2004–2009. Fonte: [10]

La crescita ha coinvolto sia il TCNA che il TCA, mentre si nota come il trasporto merci tradizionale su ferrovia abbia subito un forte calo.

In Tabella 2.2.C è possibile osservare un altro dato importante: il traffico di carri completi, ovvero il trasporto tradizionale su ferrovia, è l'unica tipologia ad aver subito un forte calo. Ciò è dovuto a un cambiamento all'interno del trasporto merci del ruolo della ferrovia, in cui i vantaggi dell'intermodalità fanno sì che si opti sempre più per il trasporto combinato rispetto all'invio di merci su carri tradizionali, per i quali è necessario il trasbordo della merce da un mezzo di trasporto all'altro, con conseguenti maggiori costi di gestione, tempi tecnici e rischi connessi alla manipolazione delle merci.

2.3 TRAFFICO DI MERCI ATTRAVERSO IL VALICO DEL SAN GOTTARDO

2.3.1 Inserimento nella politica dei trasporti dell'Unione Europea

Il valico del San Gottardo rappresenta uno dei passaggi obbligati per i collegamenti ferroviari tra la Svizzera tedesca (e per estensione, i Paesi del nord Europa) e l'Italia nord-occidentale. L'altro passaggio è invece il valico del Sempione, mentre per i collegamenti stradali sono disponibili anche i valichi del Gran San Bernardo e del San Bernardino.

Entrambi i valichi ferroviari sono inclusi nelle Reti Trans-Europea di Trasporto TEN-T (Trans-European Network – Transport), progetto avviato nel 1992 dall'Unione Europea con lo scopo di realizzare una rete di trasporti capace di promuovere la crescita e la competitività dei 28 Stati membri, grazie alla realizzazione di un sistema di connessioni costruito attraverso tutte le modalità di trasporto esistenti. La nuova rete di trasporto, una volta completata, dovrà garantire nel complesso spostamenti più sicuri, meno congestionati e viaggi più rapidi..

Dopo i primi 14 progetti elaborati nel 1994 (Consiglio Europeo di Essen), nel 2005 è stata compilata la nuova lista dei 30 assi prioritari sui quali avviare progetti di miglioramento entro il 2010; di questi 30 assi, 8 riguardano direttamente l'Italia e tra questi uno interessa nello specifico i collegamenti transalpini su ferro tra l'Italia e il nord Europa, l'asse ferroviario **TEN-T 24 Lione/Genova – Basilea – Duisburg – Rotterdam/Antwerpen.**

Successivamente le nuove scelte politiche presentate nel 2013 [11] hanno concentrato i finanziamenti sulla costruzione di una rete centrale costituita da nove corridoi principali di trasporto, ciascuno dei quali deve includere tre modi di trasporto, tre Stati membri e due sezioni transfrontaliere.

In tal modo la rete centrale collegherà 94 grandi porti europei alla rete stradale e ferroviaria, 38 grandi aeroporti alle reti ferroviarie verso le principali città, 15.000 km di linee ferroviarie convertite ad alta velocità e 35 progetti transfrontalieri mirati a ridurre o eliminare le strozzature.

I 9 corridoi, elencati qui di seguito, si possono identificare in Figura 2.3.A:

- Baltico – Adriatico (blu)
- Mare del Nord – Mar Baltico (rosso)
- Mediterraneo (verde)
- Orientale / Mediterraneo orientale (marrone)
- Scandinavo – Mediterraneo (rosa)
- **Reno – Alpi (arancione)**
- Atlantico (giallo)
- Mare del Nord – Mar Mediterraneo (viola)
- Reno – Danubio (azzurro)

Il corridoio Reno – Alpi è di fatto il corrispondente del precedente TEN-T 24 Genova – Rotterdam, e include pertanto l'attraversamento delle Alpi attraverso i valichi del Sempione e del San Gottardo.

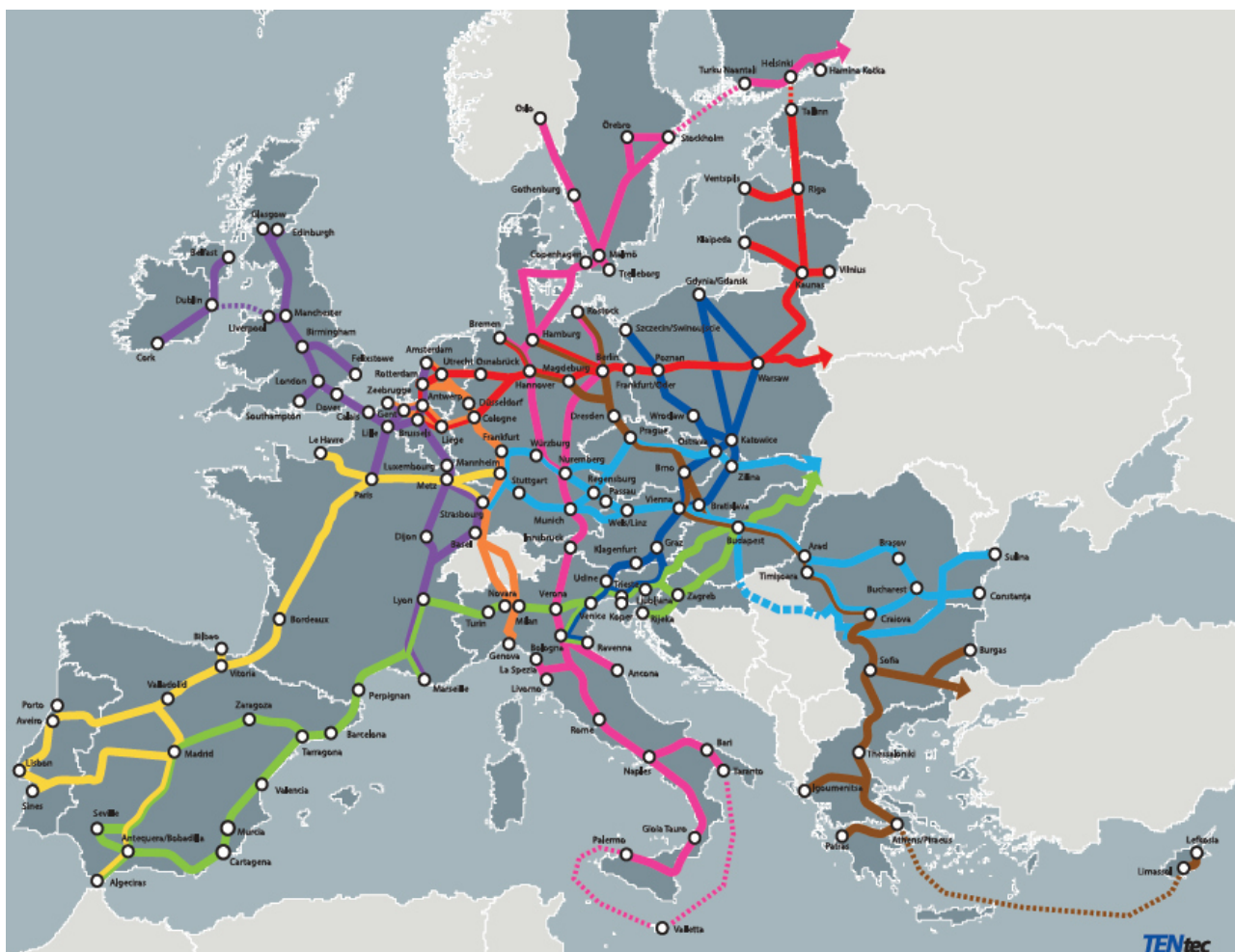


Figura 2.3.A – Corridoi TEN-T della rete centrale. Fonte: [12]

Inoltre, è opportuno fare riferimento anche ai corridoi merci istituiti a norma del regolamento UE n. 913/2010 [13], con lo scopo di realizzare una rete di corridoi ferroviari “per un trasporto merci competitivo sulla quale i treni merci possano circolare in buone condizioni e transitare agevolmente da una rete nazionale all’altra”.

La definizione dei nuovi corridoi TEN-T del 2013, temporalmente successiva alla direttiva 913/2010, è stata fatta in modo da “massimizzare gli sforzi e le sinergie tra i corridoi della rete centrale e i corridoi merci” [14], senza quindi modificare la struttura dei corridoi merci e facendo corrispondere il loro ambito geografico ai corridoi della rete centrale.

I corridoi merci sono pertanto geograficamente sovrapponibili a quelli della rete centrale e nel caso specifico del corridoio Reno – Alpi ad esso corrisponde il **corridoio merci 1 Genova – Novara/Milano – Basel – Köln – Rotterdam/Zeebrugge**.

2.3.2 Situazione attuale

2.3.2.1 Dati di traffico

L’ufficio federale di statistica della Confederazione Svizzera [15] fornisce i dati sul traffico di merci via strada e via ferrovia divisi per valico, distinguendo inoltre sul totale il traffico in transito, cioè con origine e destino in due Paesi che non siano la Svizzera. Dentro questa parte di traffico rientrano pertanto le relazioni Italia – Germania/Danimarca e Italia – Benelux (Belgio, Paesi Bassi e Lussemburgo). I dati sono presentati in Tabella 2.3.A.

2. Il trasporto combinato attraverso il valico del San Gottardo

Traffico merci transalpino														
In milioni di tonnellate nette														
	2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006	
	Totale	di cui in transito	Totale	di cui in transito	Totale	di cui in transito	Totale	di cui in transito	Totale	di cui in transito	Totale	di cui in transito	Totale	di cui in transito
Ferrovia														
Sempione	3,7	3,0	4,8	3,2	4,8	4,1	5,7	4,9	6,8	6,1	8,0	7,7	9,0	8,6
Gottardo	16,8	14,2	16,0	13,1	14,5	11,8	14,8	12,0	16,1	13,4	15,6	12,8	16,2	13,0
Totale Svizzera	20,6	17,1	20,8	16,3	19,3	15,8	20,5	16,9	22,9	19,5	23,6	20,5	25,2	21,5
Strada														
Gran S. Bernardo	0,4	0,1	0,5	0,2	0,8	0,1	0,6	0,3	0,6	0,3	0,6	0,3	0,6	0,4
Sempione	0,1	0,0	0,6	0,1	0,8	0,0	0,6	0,2	0,7	0,3	0,8	0,4	0,9	0,4
Gottardo	7,6	4,4	7,6	4,1	7,4	4,7	8,9	5,6	9,9	6,2	9,9	5,1	9,3	5,0
San Bernardino	0,8	0,2	2,1	0,9	1,7	0,3	1,3	0,6	1,3	0,7	1,5	0,7	2,0	0,9
Totale Svizzera	8,9	4,7	10,8	5,3	10,7	5,1	11,4	6,7	12,5	7,5	12,8	6,5	12,8	6,7

	2007		2008		2009		2010		2011		2012	
	Totale	di cui in transito	Totale	di cui in transito	Totale	di cui in transito	Totale	di cui in transito	Totale	di cui in transito	Totale	di cui in transito
Ferrovia												
Sempione	9,7	9,0	9,9	9,4	9,2	8,8	9,6	9,1	11,3	10,7	9,8	9,3
Gottardo	15,6	12,4	15,5	12,4	11,6	9,2	14,4	11,4	14,4	11,2	13,9	11,2
Totale Svizzera	25,3	21,4	25,4	21,8	20,8	18,0	24,1	20,5	25,6	21,9	23,7	20,4
Strada												
Gran S. Bernardo	0,6	0,4	0,7	0,4	0,5	0,3	0,6	0,3	0,7	0,4	0,6	0,3
Sempione	0,9	0,4	0,9	0,4	0,8	0,2	0,8	0,3	0,9	0,3	1,0	0,3
Gottardo	10,8	6,1	11,0	6,6	10,2	6,6	10,8	7,0	10,6	6,8	10,0	6,2
San Bernardino	1,8	0,9	1,8	1,0	1,9	1,1	2,1	1,1	2,2	1,1	2,0	1,0
Totale Svizzera	14,0	7,8	14,4	8,4	13,4	8,2	14,3	8,7	14,5	8,6	13,7	7,8

Tabella 2.3.A – Traffico merci transalpino attraverso i valichi svizzeri dal 2000 al 2012. Fonte: [15]

Si può notare che il traffico in transito rappresenta la quota maggiore rispetto al totale (che include anche i traffici interni, di importazione ed esportazione). In particolare, per la ferrovia risulta circa l'85% del totale, mentre per la strada il 60% del totale.

L'Ufficio Federale dei Trasporti [16] mostra invece il dettaglio della divisione all'interno della modalità ferroviaria tra trasporto combinato e di carri completi (Figura 2.3.B), e un'ulteriore distinzione tra TCNA e TCA (Tabella 2.3.B).

2. Il trasporto combinato attraverso il valico del San Gottardo

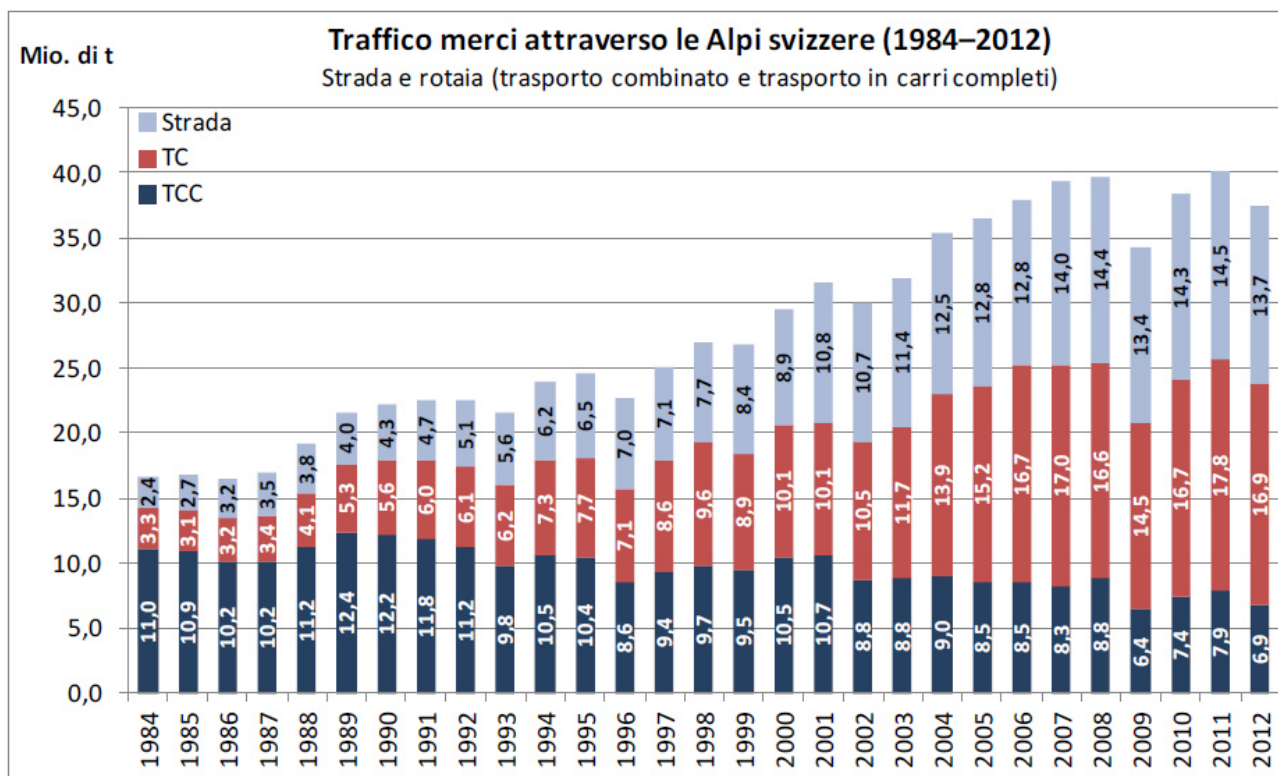


Figura 2.3.B – Traffico merci transalpino dal 1984 al 2012. Fonte: [17]

Traffico merci transalpino su ferrovia (totale Svizzera)														
In milioni di tonnellate nette														
	2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006	
	Frazioni	%	Frazioni	%	Frazioni	%	Frazioni	%	Frazioni	%	Frazioni	%	Frazioni	%
Traffico combinato	10,0		10,1		10,5		11,7		13,9		15,2		17,0	
combinato accompagnato	1,0	5%	1,0	5%	1,1	6%	1,5	7%	1,7	7%	1,9	8%	1,9	7%
combinato non accompagnato	9,0	44%	9,1	44%	9,4	49%	10,2	50%	12,2	53%	13,3	56%	15,1	59%
Carri completi	10,6	51%	10,7	51%	8,8	46%	8,8	43%	9,0	39%	8,4	36%	8,2	33%
TOTALE Ferrovia	20,6	100%	20,8	100%	19,3	100%	20,5	100%	22,9	100%	23,6	100%	25,2	100%

	2007		2008		2009		2010		2011		2012	
	Frazioni	%	Frazioni	%	Frazioni	%	Frazioni	%	Frazioni	%	Frazioni	%
Traffico combinato	17,0		16,6		14,5		16,7		17,8		16,9	
combinato accompagnato	1,9	8%	1,8	7%	1,8	9%	1,8	7%	1,8	7%	1,6	7%
combinato non accompagnato	15,1	60%	14,8	58%	12,7	61%	14,9	62%	16,0	62%	15,3	64%
Carri completi	8,3	33%	8,8	35%	6,3	31%	7,4	31%	7,8	31%	6,8	29%
TOTALE Ferrovia	25,3	100%	25,4	100%	20,8	100%	24,1	100%	25,6	100%	23,7	100%

Tabella 2.3.B – Traffico merci transalpino su ferrovia dal 2000 al 2012. Fonte [16]

È possibile osservare che il traffico combinato non accompagnato ha subito un aumento considerevole, seguendo di fatto il trend a livello europeo registrato dall'UIRR (cfr. Figura 2.2.C) e tale aumento è associato alla contestuale diminuzione del traffico tradizionale (carri completi); inoltre il traffico combinato non accompagnato rappresenta attualmente la quota maggiore sul totale. Questi due

2. Il trasporto combinato attraverso il valico del San Gottardo

aspetti evidenziano come il trasporto combinato sia il punto di riferimento per il trasporto merci su rotaia e come ne rappresenti la base per i futuri sviluppi.

I dati relativi al solo San Gottardo, riportati in Tabella 2.3.C, seguono lo stesso andamento.

Traffico merci transalpino su ferrovia (San Gottardo)										
In milioni di tonnellate nette										
	2004		2005		2006		2007		2008	
	Frazioni	%	Frazioni	%	Frazioni	%	Frazioni	%	Frazioni	%
Traffico combinato	10,2		10,1		11,0		10,6		10,0	
combinato accompagnato	0,5	3%	0,4	3%	0,4	2%	0,4	3%	0,3	2%
combinato non accompagnato	9,7	61%	9,7	62%	10,6	65%	10,2	65%	9,7	63%
Carri completi	5,8	36%	5,5	35%	5,2	32%	5,0	32%	5,5	35%
TOTALE	16,0	100%	15,6	100%	16,2	100%	15,6	100%	15,5	100%

	2009		2010		2011		2012	
	Frazioni	%	Frazioni	%	Frazioni	%	Frazioni	%
Traffico combinato	7,8		9,7		9,4		9,6	
combinato accompagnato	0,2	2%	0,2	1%	0,2	1%	0,2	1%
combinato non accompagnato	7,6	66%	9,5	66%	9,2	64%	9,4	68%
Carri completi	3,8	33%	4,7	33%	5,0	35%	4,3	31%
TOTALE	11,6	100%	14,4	100%	14,4	100%	13,9	100%

Tabella 2.3.C – Traffico merci su ferrovia attraverso il San Gottardo dal 2004 al 2012. Fonte: [15]

Infine, è interessante osservare la ripartizione tra le tipologie di automezzo riguardante la modalità stradale (Figura 2.3.C).

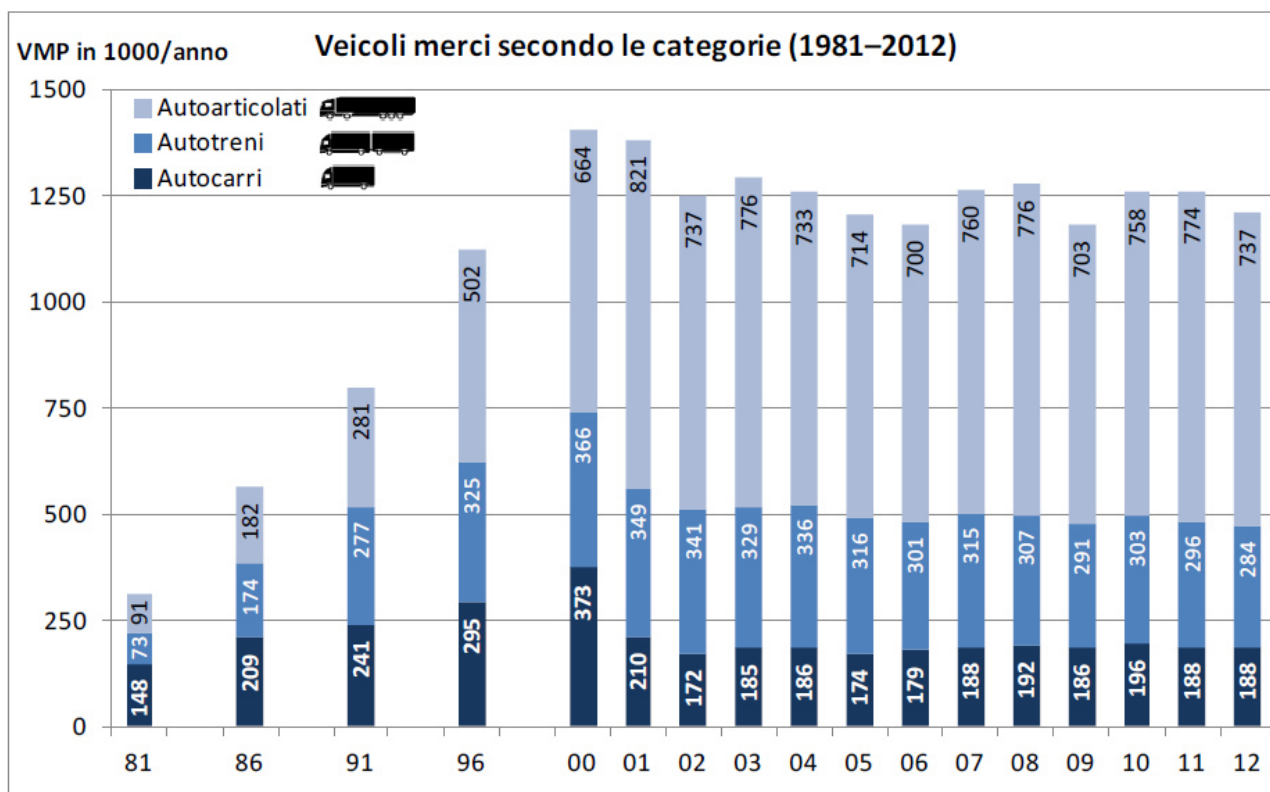


Figura 2.3.C – Traffico merci transalpino su strada diviso per tipologia di veicolo. Fonte: [16]

Si nota che la quota predominante è relativa agli autoarticolati; pertanto nell'ottica del trasferimento di merci dalla strada alla ferrovia si può supporre che una diminuzione degli autoarticolati in circolazione sia facilmente auspicabile, grazie al contributo del trasporto combinato. I contenitori trasportati dagli autoarticolati sono, infatti, semirimorchi con autotelaio o semirimorchi su cui vengono caricati casse mobili o container, cioè le UTI che caratterizzano il TCNA.

2.3.2.2 Vincoli infrastrutturali

Il traffico ferroviario percorre l'attuale galleria del San Gottardo, aperta da oltre un secolo e caratterizzata da pendenze fino al 26‰ [18]. Questo aspetto è decisamente limitante per il trasporto merci, in quanto la massima massa rimorchiabile da una sola locomotiva è di 800 tonnellate [19], e pertanto per carichi maggiori si rende necessario l'utilizzo di due locomotive in trazione multipla, con maggiori costi di esercizio.

Un altro vincolo è rappresentato dall'attuale modulo di linea⁸, pari a 600 metri, per il quale non è possibile far circolare treni con lunghezza secondo lo standard europeo di 750 metri.

Un'ulteriore limitazione è poi data dalle dimensioni delle gallerie dell'intera tratta ferroviaria inclusa tra Chiasso e Basilea; a tal proposito è opportuno introdurre il concetto di codifica del trasporto combinato.

Innanzitutto, la codifica riguarda le dimensioni delle UTI e consente quindi di stabilire se un carro codificato, che trasporta una UTI codificata, può circolare o meno sulla linea ferroviaria. Il concetto di base è quello della sagoma limite⁹, con la differenza che le regole utilizzate per la codifica del trasporto combinato sono diverse da quelle del trasporto passeggeri e merci non combinato, che dispone di sagome limite normalizzate per la verifica di transitabilità (si veda il confronto in Figura 2.3.D).

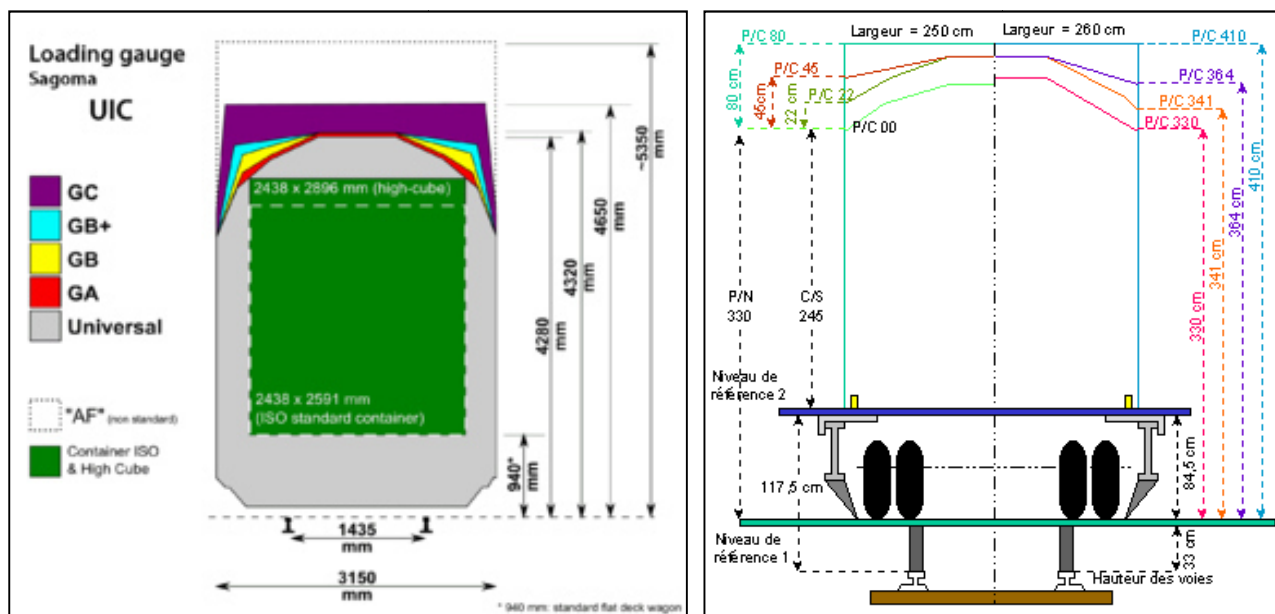


Figura 2.3.D – Sagome limite normalizzate (a sinistra) e profili per il trasporto combinato (a destra). Fonte: [20]

⁸ Lunghezza massima dei binari delle stazioni di una linea ferroviaria per l'effettuazione di precedenza (sorpasso da parte di un treno più veloce su uno più lento).

⁹ Per sagoma limite, o *gabarit* (termine francese), si intende la dimensione massima di larghezza e altezza che qualunque veicolo ferroviario deve rispettare per circolare liberamente. Il concetto di sagoma limite è strettamente correlato all'infrastruttura, e in particolare alla presenza di ostacoli fissi, la cui presenza condiziona le dimensioni della sagoma limite. L'esempio più diffuso di ostacolo fisso è dato dalle gallerie.

2. Il trasporto combinato attraverso il valico del San Gottardo

Le UTI del trasporto combinato (container, casse mobili e semirimorchi) hanno infatti sezione rettangolare, per cui gli elementi critici sono gli spigoli superiori. Si usano pertanto sagome di profilo particolari che devono essere compatibili con speciali profili di carico ammessi dalle linee percorse; tali profili sono stabiliti dall'UIC in base alle misure in larghezza e in altezza rispetto al piano di carico.

Le misure sono quindi espresse mediante il codice P/C xx/xxx, in cui la lettera identifica il tipo di unità di trasporto (container e casse mobili → C, semirimorchi → P), il primo numero si riferisce a unità aventi larghezze fino a 250 cm mentre il secondo per quelle aventi larghezze comprese tra 250 cm e 260 cm. Nel caso in esame, l'intera Chiasso – Basilea è codificata P/C 60/384 [6], che in termini applicativi si traduce nel seguente modo (si veda anche la Figura 2.3.D):

UTI	Larghezza	Altezza rispetto al piano di carico ¹⁰
Containers e casse mobili (C)	250 cm – 260 cm	305 cm
Semirimorchi (P)	250 cm – 260 cm	384 cm

Tabella 2.3.D – Dimensioni della codifica P/C 60/384

Dal documento sulla codifica del trasporto combinato del MIT [20] si osserva come la codifica più alta è la P/C 80/410, a cui corrispondono le seguenti misure:

UTI	Larghezza	Altezza rispetto al piano di carico
Containers e casse mobili (C)	250 cm – 260 cm	325 cm
Semirimorchi (P)	250 cm – 260 cm	410 cm

Tabella 2.3.E – Dimensioni della codifica P/C 80/410

La Chiasso – Basilea ha quindi caratteristiche infrastrutturali che in parte ne limitano la codifica ad un livello inferiore rispetto al massimo¹¹. Pertanto, focalizzando l'attenzione sui semirimorchi, non risulta possibile il trasporto dei i semirimorchi di maggiori dimensioni attualmente in circolazione, aventi un'altezza di 400 cm dalla ruota allo spigolo superiore, ma solo di semirimorchi tradizionali con altezza fino a 384 cm. Anche il MIT [9] osserva che la limitazione al trasporto di semirimorchi di ultima generazione è un grave impedimento al trasferimento del traffico stradale alla ferrovia perché obbliga le imprese a dotarsi di mezzi specifici, i cosiddetti semirimorchi "Gottardo", con altezza interna di 2,70 metri.

Nonostante i vincoli infrastrutturali, la ferrovia riveste comunque un ruolo di primaria importanza per i traffici transalpini. Dai dati esposti in Tabella 2.3.A è possibile esprimere la **ripartizione modale strada-ferrovia**, presentata in Tabella 2.3.F.

¹⁰ Il piano di carico è fissato a +33 cm dal piano del ferro per i semirimorchi e a +117,5 cm per container e casse mobili.

¹¹ I limiti infrastrutturali non sono dati solamente dall'attuale galleria del San Gottardo, ma anche da tutte le altre gallerie comprese nella tratta.

2. Il trasporto combinato attraverso il valico del San Gottardo

Ripartizione modale totale Svizzera					
Anno	Strada	Ferrovia	Totale	Strada	Ferrovia
	milioni di tonnellate nette		%		
2000	8,9	20,6	29,5	30,2%	69,8%
2001	10,8	20,8	31,5	34,1%	65,9%
2002	10,7	19,3	30,0	35,6%	64,4%
2003	11,4	20,5	32,0	35,8%	64,2%
2004	12,5	22,9	35,4	35,3%	64,7%
2005	12,8	23,6	36,5	35,2%	64,8%
2006	12,8	25,2	38,0	33,7%	66,3%
2007	14,0	25,3	39,3	35,7%	64,3%
2008	14,4	25,4	39,8	36,2%	63,8%
2009	13,4	20,8	34,2	39,1%	60,9%
2010	14,3	24,1	38,4	37,3%	62,7%
2011	14,5	25,6	40,1	36,1%	63,9%
2012	13,7	23,7	37,4	36,6%	63,4%

Ripartizione modale totale Svizzera (transito)					
Anno	Strada	Ferrovia	Totale	Strada	Ferrovia
	milioni di tonnellate nette		%		
2000	4,7	17,1	21,8	21,5%	78,5%
2001	5,3	16,3	21,6	24,3%	75,7%
2002	5,1	15,8	21,0	24,4%	75,6%
2003	6,7	16,9	23,7	28,5%	71,5%
2004	7,5	19,5	26,9	27,7%	72,3%
2005	6,5	20,5	27,1	24,2%	75,8%
2006	6,7	21,5	28,2	23,8%	76,2%
2007	7,8	21,4	29,2	26,6%	73,4%
2008	8,4	21,8	30,2	27,7%	72,3%
2009	8,2	18,0	26,2	31,4%	68,6%
2010	8,7	20,5	29,2	29,9%	70,1%
2011	8,6	21,9	30,5	28,2%	71,8%
2012	7,8	20,4	28,3	27,7%	72,3%

Tabella 2.3.F – Ripartizione modale del traffico merci (totale Svizzera). Fonte: [15]

La modalità stradale presenta un andamento pressoché costante e stabile dai primi anni 2000, mentre la ferrovia, pur avendo avuto un calo, mantiene comunque la quota più importante del traffico merci. Ciò risulta in maniera ancora più marcato se si osserva la ripartizione modale per i soli traffici di transito, dove alla strada compete poco più di un quarto del traffico totale.

La Figura 2.3.E mostra invece il dettaglio della ripartizione modale distinguendo all'interno della modalità ferroviaria il trasporto combinato dal trasporto di carri completi.

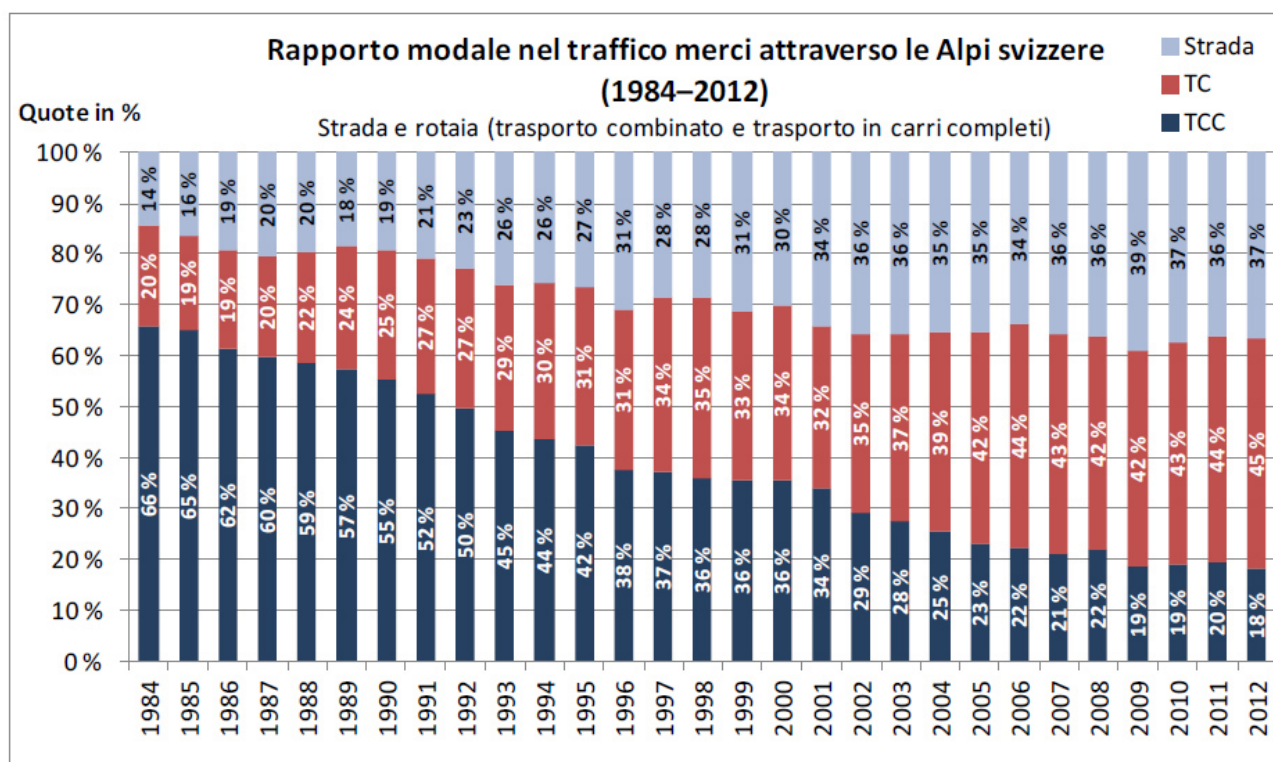


Figura 2.3.E – Ripartizione modale del traffico merci con variazioni dal 1984 al 2012. Fonte: [16]

2. Il trasporto combinato attraverso il valico del San Gottardo

Oltre alle considerazioni precedenti, è possibile notare come il trasporto di carri completi stia sempre più lasciando spazio al trasporto combinato.

Simili valutazioni possono essere fatte se si considera a parte il traffico che interessa il valico del San Gottardo (Tabella 2.3.G).

Ripartizione modale S.Gottardo					
Anno	Strada	Ferrovia	Totale	Strada	Ferrovia
	milioni di tonnellate nette			%	
2000	7,6	16,8	24,4	31,1%	68,9%
2001	7,6	16,0	23,6	32,2%	67,8%
2002	7,4	14,5	21,9	33,8%	66,2%
2003	8,9	14,8	23,7	37,6%	62,4%
2004	9,9	16,1	26,0	38,1%	61,9%
2005	9,9	15,6	25,5	38,8%	61,2%
2006	9,3	16,2	25,5	36,5%	63,5%
2007	10,8	15,6	26,4	40,9%	59,1%
2008	11,0	15,5	26,5	41,5%	58,5%
2009	10,2	11,6	21,8	46,8%	53,2%
2010	10,8	14,4	25,2	42,9%	57,1%
2011	10,6	14,4	25,0	42,4%	57,6%
2012	10,0	13,9	23,9	41,8%	58,2%

Ripartizione modale S.Gottardo (transito)					
Anno	Strada	Ferrovia	Totale	Strada	Ferrovia
	milioni di tonnellate nette			%	
2000	4,4	14,2	18,6	23,7%	76,3%
2001	4,1	13,1	17,2	23,8%	76,2%
2002	4,7	11,8	16,5	28,5%	71,5%
2003	5,6	12,0	17,6	31,8%	68,2%
2004	6,2	13,4	19,6	31,6%	68,4%
2005	5,1	12,8	17,9	28,5%	71,5%
2006	5,0	13,0	18,0	27,8%	72,2%
2007	6,1	12,4	18,5	33,0%	67,0%
2008	6,6	12,4	19,0	34,7%	65,3%
2009	6,6	9,2	15,8	41,8%	58,2%
2010	7,0	11,4	18,4	38,0%	62,0%
2011	6,8	11,2	18,0	37,8%	62,2%
2012	6,2	11,2	17,4	35,6%	64,4%

Tabella 2.3.G – Ripartizione modale del traffico merci (San Gottardo). Fonte: [15]

In questo caso le differenze sono meno marcate, ma resta comunque evidente che la ferrovia ha di fatto il ruolo predominante.

Nell’ottica dei trasporti su scala internazionale è però necessario guardare anche le caratteristiche di tutte le reti ferroviarie coinvolte nel trasporto combinato tra l’Italia e il nord Europa. In particolare, interessa la codifica delle tratte che costituiscono il corridoio merci 1 Genova – Milano – Basel (Svizzera) – Köln (Germania) – Rotterdam (Paesi Bassi)/Zeebrugge(Belgio), che come si è visto nel paragrafo 2.2.1 coincide con il corridoio Reno – Alpi della rete centrale TEN-T. In Figura 2.3.F è rappresentato il corridoio merci 1.

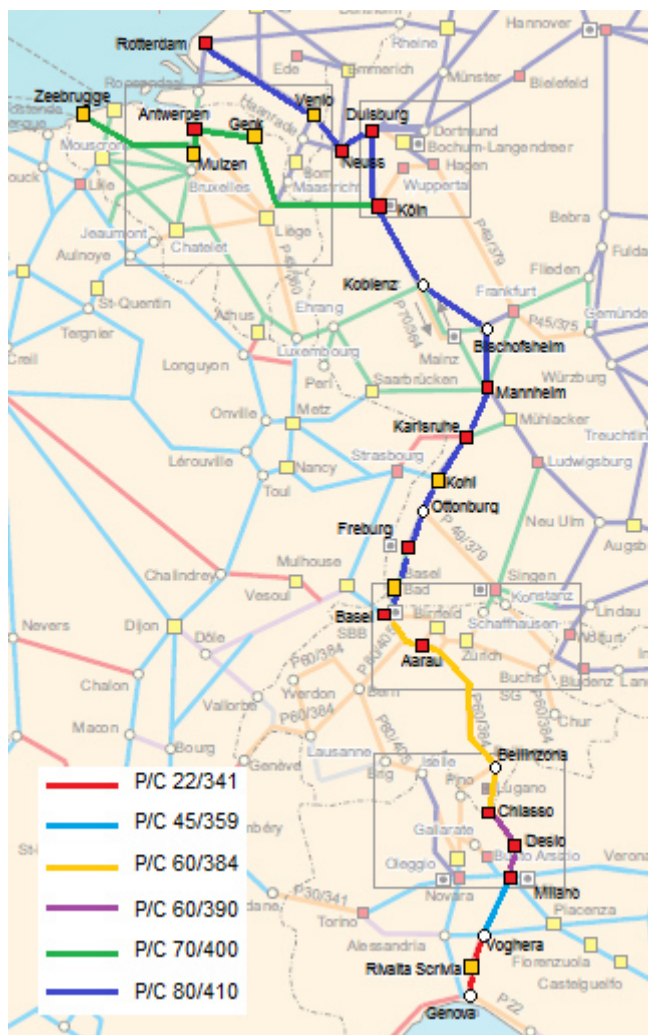


Figura 2.3.F – Corridoio Merci 1, Genova – Rotterdam/Zeebrugge con codifica per traffico combinato. Fonte: [21]

Dallo stralcio della mappa d’Europa dell’UIRR/INTERUNIT [21] si può osservare che, escludendo la tratta Genova – Milano, le condizioni più limitanti si riscontrano nella parte svizzera, tra Chiasso e Basilea, come già osservato.

Tuttavia la situazione è simile anche nella parte alta del tratto italiano, tra Milano e Chiasso, con una codifica di poco maggiore rispetto a quella del tratto svizzero. Inoltre, sussiste anche la stessa limitazione relativa al modulo di linea del tratto svizzero (600 metri).

Nel tratto tedesco non si hanno invece limitazioni, in quanto la codifica è la più alta possibile, così come in quello olandese; anche sulla rete belga la situazione è comunque più favorevole rispetto a quella riscontrata nelle tratte svizzere e italiane.

Pertanto i vincoli infrastrutturali che limitano lo sviluppo del trasporto merci, compreso il traffico combinato, non sono concentrati solo in Svizzera ma interessano in parte anche la rete italiana.

2.3.3 Scenario futuro

2.3.3.1 Nuova Trasversale Ferroviaria Alpina e corridoio di 4 metri

La situazione descritta nel paragrafo precedente è destinata a cambiare nel breve-medio termine grazie a una serie di interventi infrastrutturali promossi dalla Confederazione Elvetica, che vedono anche un parziale coinvolgimento dell'Italia.

Il progetto cardine di questa serie di interventi è **AlpTransit**, che coinvolge il valico del San Gottardo e il valico del Sempione, mirato alla realizzazione di nuovi tunnel posti a una quota nettamente inferiore rispetto ai tunnel esistenti, in modo da eliminare gli attuali vincoli dovuti alle forti pendenze, e dotati di una sagoma corrispondente alla massima codifica possibile, in modo da consentire il transito di carri con le UTI di ultima generazione.

Sul valico del Sempione è già attiva dal 2011 la galleria di base del Lötschberg, mentre invece è in fase di ultimazione la galleria di base del San Gottardo, la cui apertura è prevista per la fine del 2016.

A quest'opera, nell'ottica della costituzione della **Nuova Trasversale Ferroviaria Alpina (NTFA, o anche NEAT)** [18], si aggiungono la galleria di base del Monte Ceneri, attualmente in costruzione e prevista in esercizio nel 2019, e la galleria di base dello Zimmerberg, tra Zurigo e Zugo, già operativa. La Figura 2.3.G mostra lo schema completo della linea ferroviaria attuale e futura tra Chiasso e Zurigo.

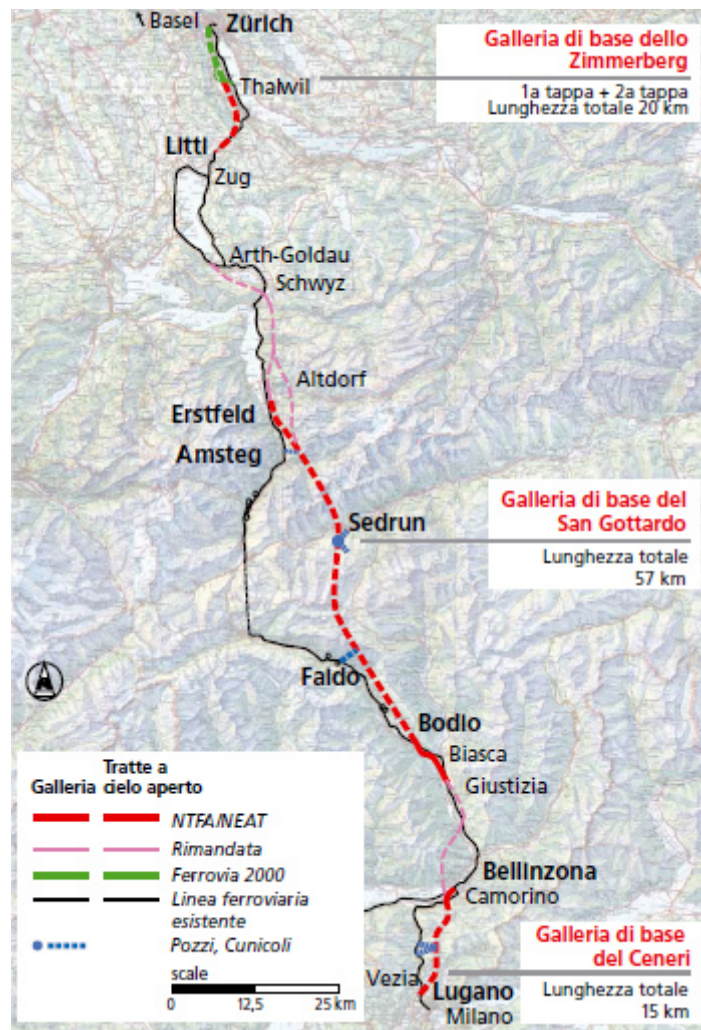


Figura 2.3.G – Tracciato planimetrico della NTFA tra Chiasso e Zurigo. Fonte: [18]

2. Il trasporto combinato attraverso il valico del San Gottardo

La Figura 2.3.H mostra invece il profilo altimetrico della NFTA, che grazie alle pendenze mai superiori al 12‰ viene definita anche come una nuova “ferrovia di pianura”; in particolare si può apprezzare la marcata differenza tra le quote del tunnel del San Gottardo attuale e quello nuovo.

Grazie alle pendenze inferiori sarà possibile aumentare la massa rimorchiabile da una sola locomotiva e far circolare treni più lunghi rispetto agli attuali, fino a 700-750 metri (secondo gli standard europei), senza la necessità di due locomotive al treno.

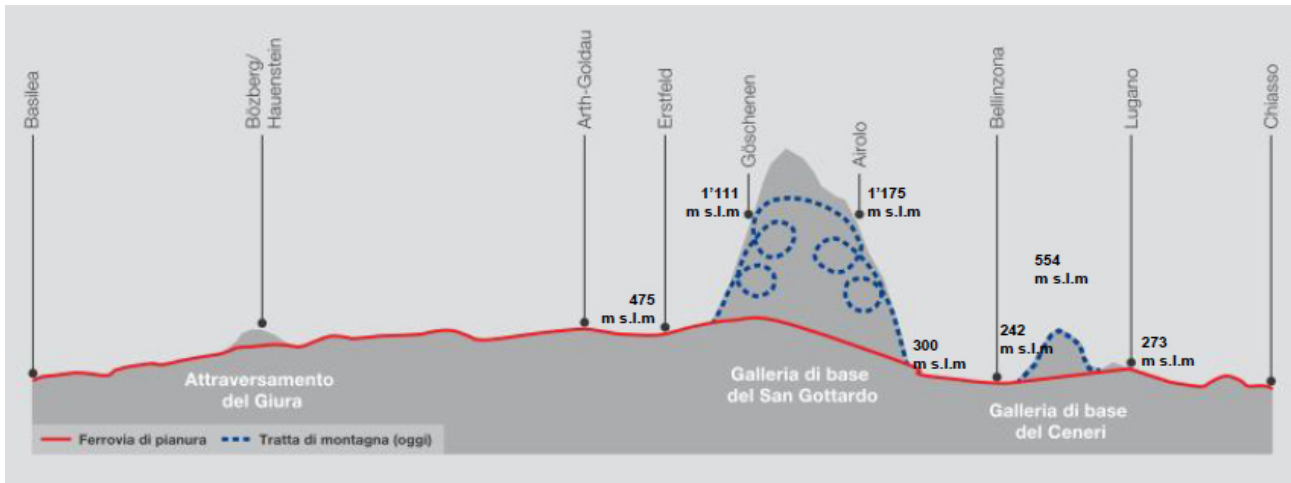


Figura 2.3.H – Profilo altimetrico della NFTA e confronto con la linea attuale. Fonte: [22]

Gli altri provvedimenti riguardanti l’infrastruttura sono invece relativi alla **realizzazione di un corridoio di 4 metri di altezza sulle tracce di accesso alla NFTA** [6]. La NFTA risolve infatti il problema gravoso delle pendenze e quello della sagoma limitatamente a parte della tratta compresa tra Chiasso e Zurigo; restano tuttavia numerose gallerie su questa tratta, sul tronco Basilea – Zurigo e sulla rete italiana (nello specifico, tra Milano e Chiasso) con codifica inferiore alla P/C 80/410, che se non fossero adeguate alla codifica massima non consentirebbero di sfruttare a pieno i vantaggi del progetto AlpTransit.

Il Consiglio Federale Svizzero ha definito tutte le fasi per il finanziamento e la realizzazione del corridoio di 4 metri, con riferimento diretto all’obiettivo di consentire il transito dei carri con semirimorchi a sagoma alta, aventi un’altezza di 4 metri allo spigolo superiore.

In Figura 2.3.I si mostra la differenza di sagoma tra la galleria esistente e la galleria futura ampliata.

2. Il trasporto combinato attraverso il valico del San Gottardo

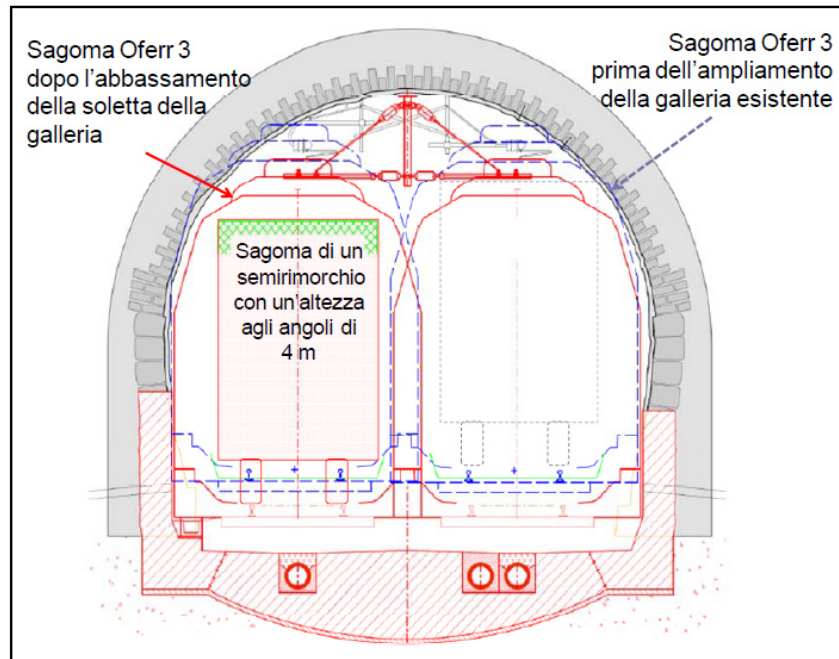


Figura 2.3.I – Esempio di ampliamento della sagoma di una galleria. Fonte: [22]

In Figura 2.3.J sono indicate tutte le gallerie svizzere per le quali è previsto l'ampliamento.

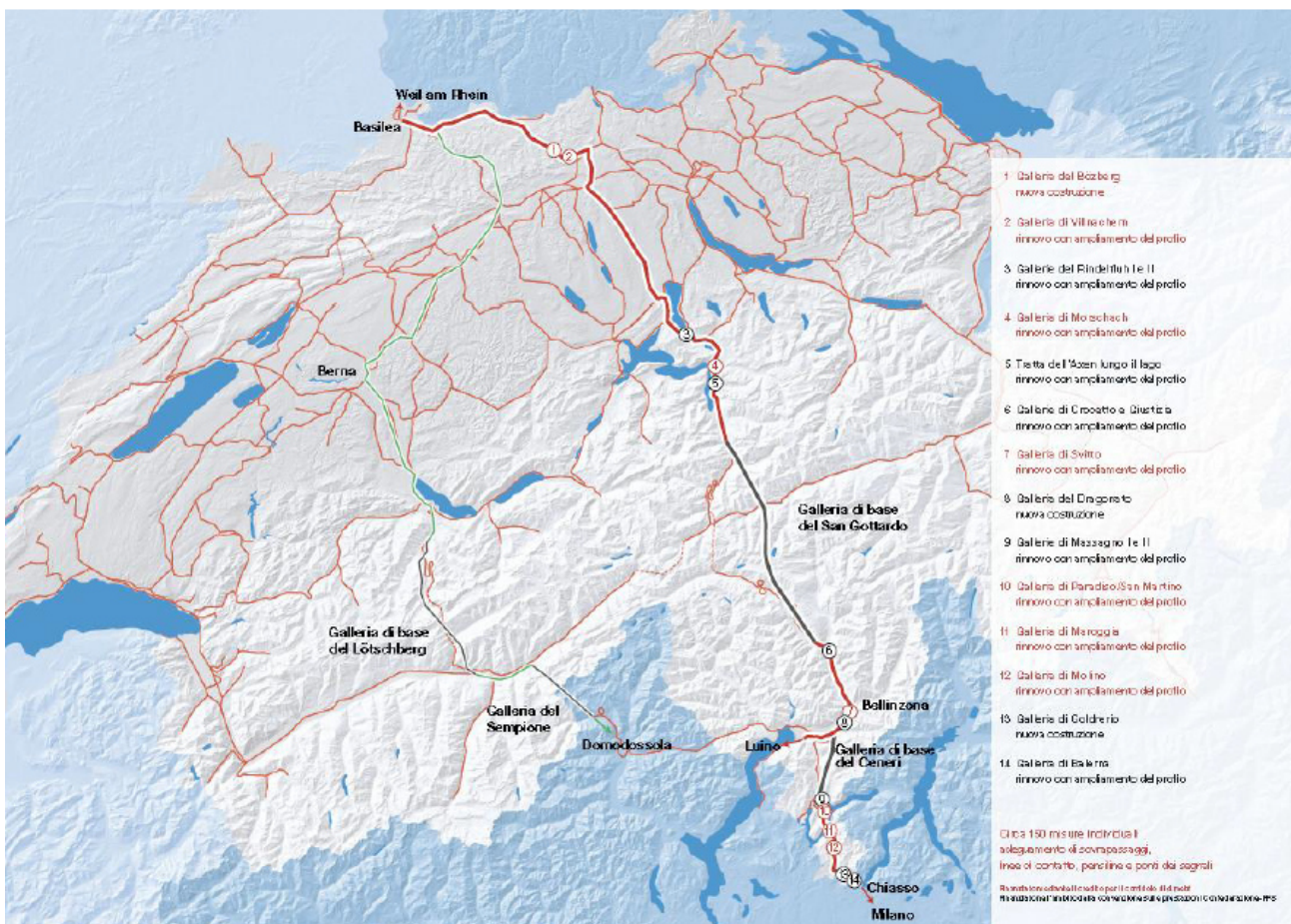


Figura 2.3.J – Gallerie tra Chiasso e Basilea soggette a lavori di ampliamento. Fonte: [22]

2. Il trasporto combinato attraverso il valico del San Gottardo

Per quanto riguarda la tratta italiana afferente alla NFTA, inoltre, il Dipartimento dei Trasporti svizzero ha stretto nel 2001 una convenzione con il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti italiano per garantire il miglioramento dell'infrastruttura ferroviaria della linea Milano – Chiasso.

Successivamente si è passati ad azioni più concrete con la Dichiarazione d'Intenti (Memorandum of Understanding) del 17/12/2012, per i progetti infrastrutturali comuni fino al 2020; è ancora più recente l'accordo italo-svizzero [23] firmato dal Ministro delle Infrastrutture italiano e dalla Consigliera Federale svizzera (28/01/2015) per il finanziamento delle opere di ampliamento previste per le linee afferenti al valico del San Gottardo (Milano – Chiasso e Gallarate – Luino – Giubiasco).

Per la Milano – Chiasso, in particolare, tali opere riguardano l'adeguamento alla codifica P/C 80/410 delle gallerie di Monza e di Cucciago, nonché l'adeguamento del modulo di linea alla lunghezza di 750 metri.

Il completamento dell'intero corridoio di 4 metri da Basilea a Chiasso per quanto riguarda la tratta Svizzera e da Chiasso a Milano per quella italiana è previsto per il 2020.

I benefici derivanti dagli interventi descritti non si limiteranno alla possibilità di far viaggiare treni più lunghi e più alti (e quindi con un carico maggiore) con conseguente riduzione dei costi di esercizio, ma permetteranno anche di far circolare più treni: attualmente la capacità giornaliera della linea del San Gottardo è di 90 treni merci al giorno per direzione [17] mentre con la nuova infrastruttura sarà di 120 treni merci al giorno per direzione [6].

La risoluzione dei vincoli infrastrutturali consentirà un consistente aumento del traffico merci transalpino attraverso il San Gottardo, e in generale su tutto il corridoio europeo merci 1, e pertanto anche il trasporto combinato potrà assistere a un incremento dei propri traffici in particolare sulle relazioni tra l'Italia e i Paesi del nord Europa.

2.3.3.2 Trasferimento dalla strada alla ferrovia

I progetti descritti fanno infatti parte della politica di trasferimento delle merci dalla strada alla ferrovia adottata dalla Confederazione Elvetica da ormai oltre un ventennio. È opportuno citare anche le altre misure [17]:

- la Tassa sul Traffico Pesante Commisurata alle Prestazioni (TTPCP), introdotta nel 2001; è applicata a qualsiasi automezzo avente massa superiore alle 3,5 tonnellate e circolante su rete svizzera e viene calcolata sulla base dell'effettivo tonnellaggio del mezzo e dei chilometri percorsi;
- l'aumento del limite di peso da 28 tonnellate a 40 tonnellate, con l'obiettivo di massimizzare il carico degli automezzi più capienti;
- le misure di accompagnamento nel settore ferroviario (indennità per il trasporto combinato¹², aiuti per il finanziamento di terminali e binari di raccordo) e stradale (controlli sul traffico pesante). Le indennità per il trasporto combinato sono previste almeno fino all'entrata in esercizio di tutti i tunnel di base (2019, con il completamento del Monte Ceneri) e fino alla completa realizzazione del corridoio da 4 metri. A tal proposito, la Figura 2.3.K sintetizza i vantaggi di cui si potrà beneficiare grazie agli interventi infrastrutturali, grazie ai quali sarà possibile ridurre progressivamente le sovvenzioni.

¹² Si tratta di indennità con lo scopo di incentivare il trasferimento da strada a ferrovia e si basano sul rimborso dei costi pianificati agli operatori del trasporto combinato (sia TCNA che TCA).

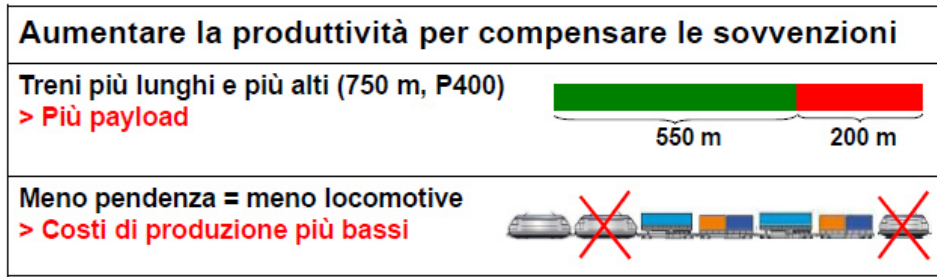


Figura 2.3.K – Vantaggi derivanti dal completamento della NTFA e del corridoio di 4 metri. Fonte: [24]

La Figura 2.3.L evidenzia quale sia l'obiettivo di trasferimento fissato per il 2018.

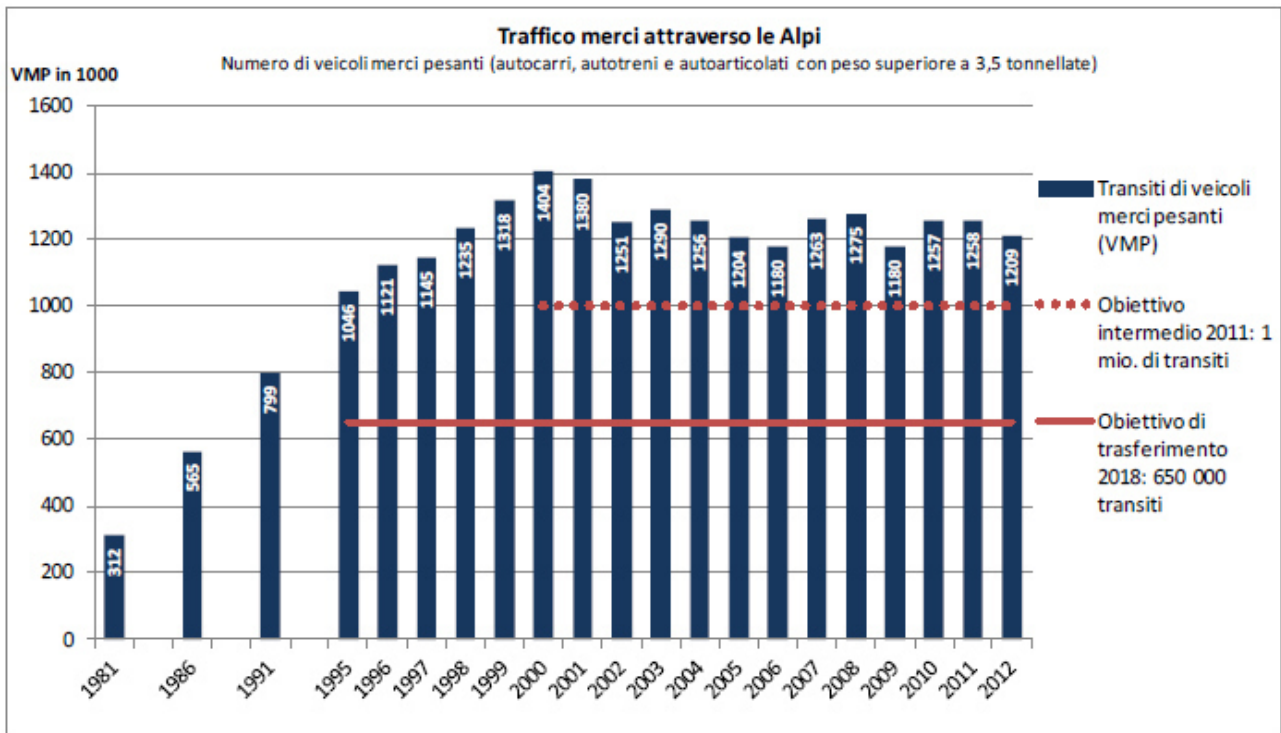


Figura 2.3.L – Obiettivo di trasferimento di veicoli da strada a rotaia (orizzonte 2018). Fonte: [17]

Arrivare ad avere 650.000 transiti nel 2018 vuol dire che, contestualmente, circa la stessa cifra in termini di veicoli dovrà essere trasferita su ferrovia; in altre parole la modalità ferroviaria, e in particolare il trasporto combinato, dovrebbe essere in grado di sostenere circa 600.000 spedizioni annue aggiuntive rispetto alle attuali. Riferendosi alla Figura 2.3.M, questo si traduce in 1.500.000 spedizioni totali, di cui la maggior parte affidate al TCNA.

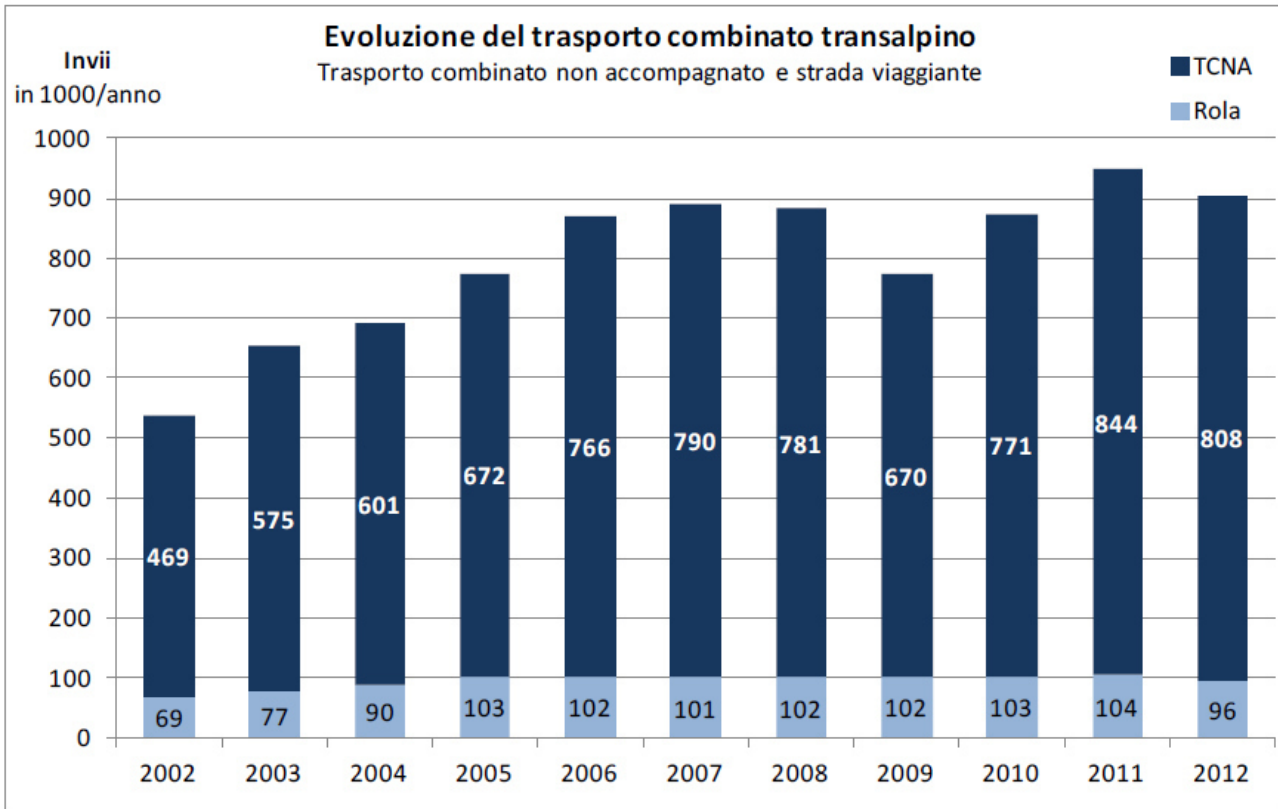


Figura 2.3.M – Numero di spedizioni del trasporto combinato dal 2002 al 2012. Fonte: [17]

Le Figura 2.3.N e Figura 2.3.O mostrano invece le previsioni estese fino al 2030 riguardanti sia il traffico ferroviario, sia quello stradale, in termini di tonnellate nette trasportate.

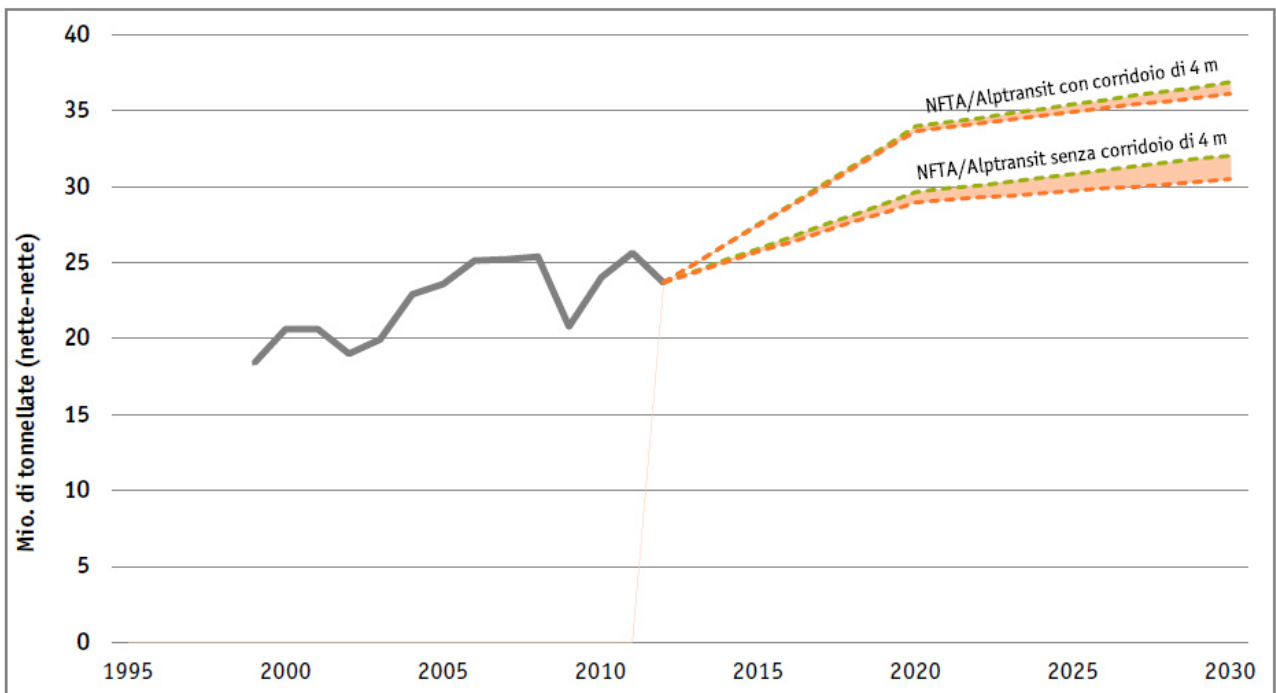


Figura 2.3.N – Previsioni e stime del volume del traffico merci ferroviario al 2030. Fonte [17]

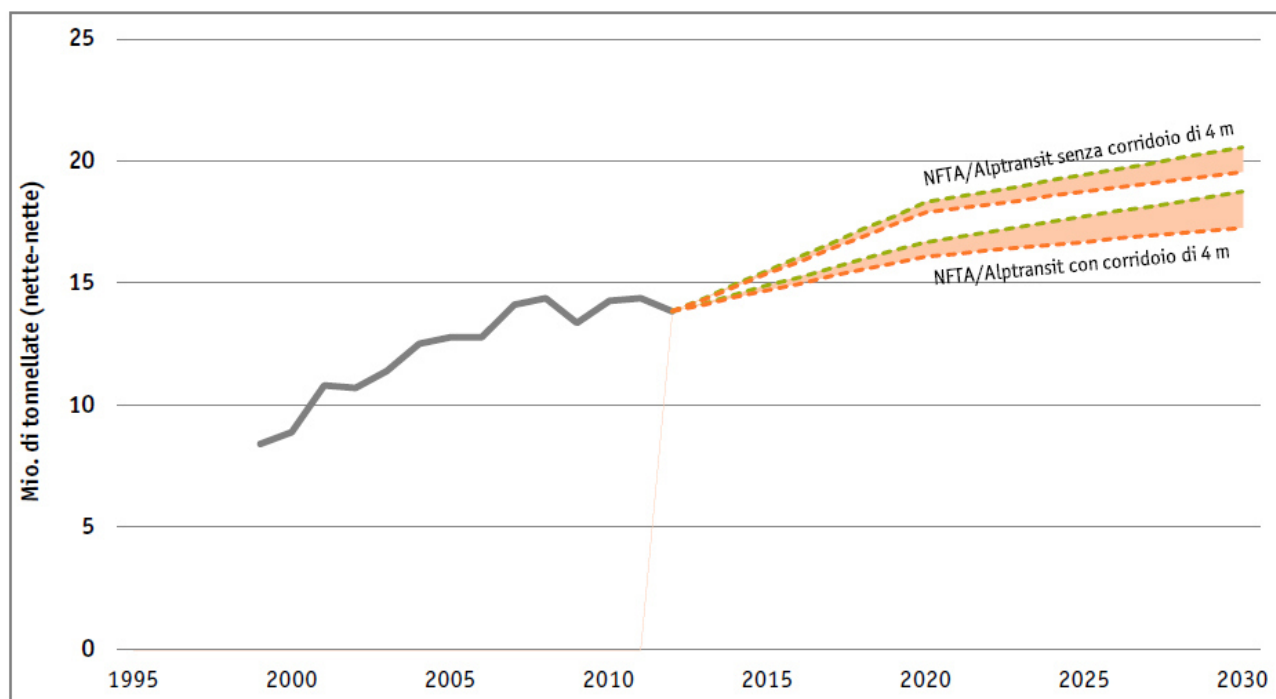


Figura 2.3.O – Previsioni e stime del volume del traffico merci stradale al 2030. Fonte [17]

Queste previsioni considerano gli effetti positivi generati dalla messa in opera della NFTA distinguendoli da quelli conseguenti alla realizzazione del corridoio di 4 metri.

Risulta chiaro che i due scenari sono invertiti per strada e ferrovia: lo scenario che consente il massimo aumento di traffico su ferrovia (NFTA + corridoio da 4 metri) è anche quello che incentiva il trasferimento delle merci dalla strada, che pertanto presenta una crescita inferiore rispetto allo scenario che include solo la NFTA.

2.3.3.3 Nuovi terminali

Un elemento fondamentale della catena del trasporto combinato è rappresentato dai terminali di trasbordo, dove con l'ausilio di diversi mezzi di movimentazione si effettua il trasferimento delle UTI dalla strada alla rotaia (e viceversa). L'Unione Europea ha sottolineato come lo sviluppo di terminali per il trasporto merci intermodale dovrebbe essere considerato necessario per sostenere la realizzazione dei corridoi merci di cui si è parlato nel paragrafo 2.2.1.

Il Consiglio Federale Svizzero ha evidenziato che sarebbe necessario potenziare o costruire almeno quattro terminali da collocare nelle zone di accesso alla NFTA in territorio italiano in modo da poter garantire la possibilità di incrementare il trasporto combinato; nel dettaglio viene inoltre indicato che nel caso risulti problematico identificare aree disponibili nell'intorno della città di Milano, si potrebbero considerare anche le zone in prossimità del confine italo - svizzero.

Attualmente, la maggior parte del traffico transalpino in transito attraverso il San Gottardo ha origine dai terminal di **Busto Arsizio/Gallarate, Novara** e Melzo Scalo. Una parte minore è collegata invece con terminal di minori dimensioni, come Milano (Certosa e Smistamento), Desio, Brescia Scalo e Piacenza. In Figura 2.3.P si possono identificare i principali terminal della Lombardia, associati ai flussi di merci diretti e provenienti dal nord Europa.

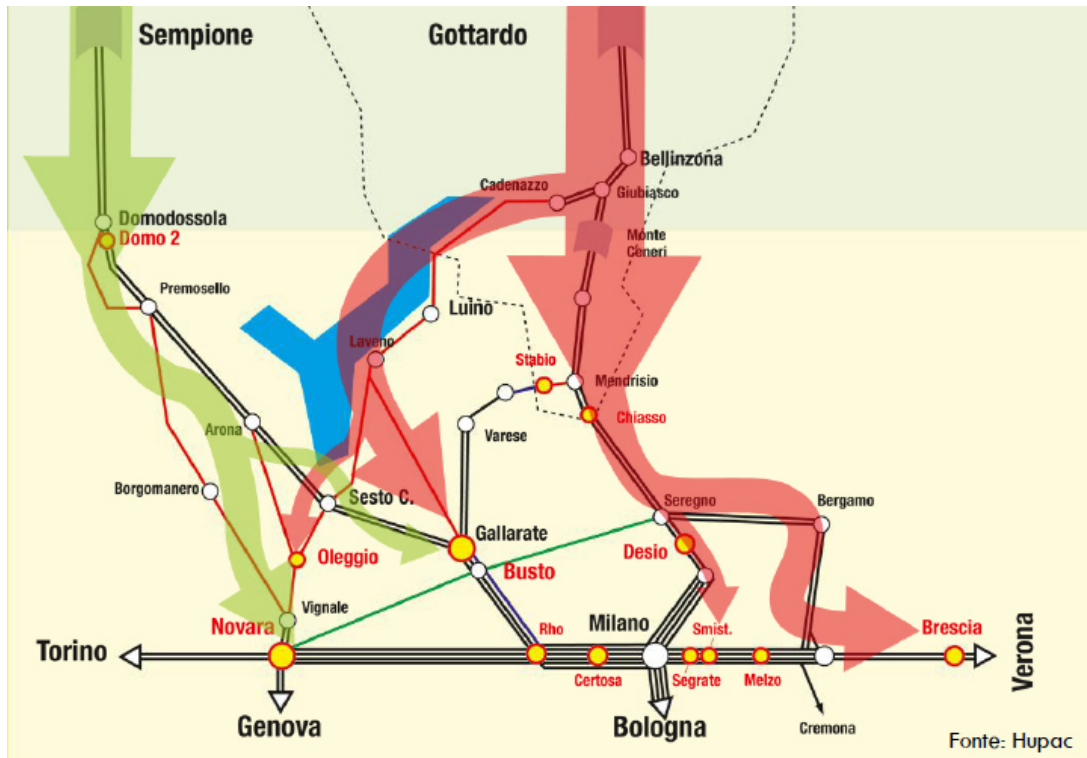


Figura 2.3.P – Flussi di traffico merci transalpino da/per i terminal dell’Italia nord-occidentale. Fonte: [24]

Nell’ottica della Dichiarazione d’Intenti per la realizzazione delle opere comuni tra Italia e Svizzera, è prevista la riconversione di parte dell’area attualmente occupata dallo scalo di Milano Smistamento¹³, nella zona orientale di Milano, con la realizzazione di un terminal intermodale dedicato al trasporto combinato. Questo terminal è già stato finanziato [25], mentre sono in corso studi di fattibilità per il potenziamento dei terminal di Brescia Scalo e Piacenza.

In mancanza di altri progetti che interessino la modifica di terminali esistenti o la collocazione di nuovi, un terminal collocato nella zona a nord di Milano, relativamente vicina a Chiasso, potrebbe quindi contribuire a soddisfare l’incremento del traffico combinato, seguendo le indicazioni del Consiglio svizzero.

La realizzazione di questa nuova infrastruttura intermodale potrebbe, tra l’altro, essere parte integrante del progetto Horizon 2020 di Regione Lombardia [26] nell’ambito dello sviluppo del trasporto intermodale delle merci e della logistica, con lo scopo di perseguire la strada del “trasporto intelligente, non inquinante e integrato”.

¹³ Impianto ferroviario nel quale avviene la scomposizione dei treni merci in arrivo e la composizione dei treni merci in partenza allo scopo di smistare i carri verso la destinazione prefissata. La funzione originaria di questo tipo di scali è andata esaurendosi nel tempo, con la crescente importanza del traffico merci intermodale e la progressiva riduzione del traffico merci tradizionale.

2.4 CONSIDERAZIONI GENERALI

La situazione descritta evidenzia come, da un lato, il trasporto combinato sia un riferimento fondamentale per il trasporto delle merci in Europa, e dall'altro come siano previsti incrementi di traffico non solo nel lungo periodo ma già nel breve-medio termine.

Visto il ruolo fondamentale del San Gottardo nei flussi di merci tra l'Italia e il nord Europa e visti i miglioramenti attesi dagli interventi infrastrutturali, nei prossimi capitoli si procederà con l'individuazione dei possibili siti in cui collocare un nuovo terminale intermodale e al successivo dimensionamento dello stesso, circoscrivendo l'area di analisi alla zona a nord di Milano, che rappresenta la porta d'accesso italiana più vicina alla NFTA.

3 Individuazione dei possibili siti

3.1 CRITERI DI SCELTA

La scelta del sito in cui collocare il nuovo Terminal è influenzata da diversi fattori: lo spazio disponibile, l'andamento altimetrico del terreno, l'accessibilità ferroviaria e stradale, la capacità delle linee ferroviarie interessate.

3.1.1 Superficie necessaria

L'area deve avere dimensioni tali da poter accogliere il Terminal in tutte le sue componenti, che verranno successivamente descritte. Facendo riferimento a casi già esistenti si osserva una notevole occupazione di suolo nel caso di Terminal in cui si movimentano principalmente container e ciò è dovuto al fatto che è necessario disporre di spazi sufficienti per lo stoccaggio delle UTI, che spesso sostano nel Terminal anche qualche giorno dal momento in cui arrivano a quello della partenza.

Nei Terminal adibiti alla movimentazione di casse mobili e/o semirimorchi, così come in quelli dedicati all'Autostrada Viaggiante, il suolo occupato è, invece, di dimensioni modeste, grazie al rapido transito delle UTI all'interno del Terminal, senza la necessità di predisporre di ampi spazi per lo stoccaggio.

Nella Tabella 3.1.A sono elencati alcuni Terminal intermodali e le rispettive superfici occupate. Si sottolinea che alcuni degli impianti considerati sono inclusi in un interporto¹⁴, per cui si è fatta una distinzione tra la superficie complessiva, che spesso comprende spazi dedicati ai servizi logistici, doganali, magazzini e spazi per lo stoccaggio dei container, e quella effettivamente interessata dall'interscambio modale, cioè dal trasbordo delle UTI da strada e ferrovia o viceversa.

Terminal	Superficie occupata	Superficie area operativa
Terminal Intermodale di Mortara (PV)	130.000 mq	50.000 mq
Interbrennero (Trento)	190.000 mq	70.000 mq
Novara CIM	225.000 mq	70.000 mq
Milano Segrate	130.000 mq	50.000 mq
Piattaforma logistica di Latina	133.000 mq	60.000 mq
Terminal Intermodale di Singen (Germania)	50.000 mq	32.500 mq
Terminal Intermodale di Anversa (Paesi Bassi)	200.000 mq	50.000 mq

Tabella 3.1.A – Esempi di Terminal intermodali e superfici occupate

Nel caso in esame, trattandosi di un Terminal dedicato al traffico di semirimorchi, sarà dunque sufficiente una superficie di circa 100.000 mq.

L'orografia del territorio è un fattore importante, poiché risulta chiaro che il Terminal debba svilupparsi su un terreno piano e livellato. Pertanto eventuali aree eccessivamente accidentate e per le quali fossero necessari eccessivi movimenti di terra non possono essere considerate utilizzabili.

¹⁴ Concentrazione territoriale di organismi ed imprese indipendenti coinvolte con il trasporto delle merci (per esempio, corrieri, spedizionieri, operatori del trasporto, dogane) e di servizi ausiliari (per esempio, deposito, manutenzione e riparazione) che include almeno un terminal [1].

3.1.2 Accessibilità stradale e ferroviaria

L'accessibilità al Terminal è un altro fattore determinante per la scelta del sito. Per quanto riguarda l'accessibilità ferroviaria, è auspicabile che un Terminal in cui si realizza l'interscambio modale strada – ferrovia si collochi in posizione adiacente o, al più, nelle vicinanze di una linea ferroviaria, in modo da evitare la costruzione di lunghi raccordi tra la linea e il Terminal; inoltre, in base al traffico previsto, con le relative destinazioni dei treni in partenza e le provenienze dei treni in arrivo, è necessario valutare se sia migliore una configurazione di tipo passante, dove cioè sia possibile entrare e uscire verso entrambe le direzioni della linea ferroviaria, o una configurazione con binari tronchi e un accesso/uscita in una sola direzione.

Relativamente all'accessibilità stradale, è opportuno analizzare la viabilità esistente a livello locale e a livello più ampio. Per quest'ultimo aspetto, si deve tenere conto della vicinanza ad importanti assi di comunicazione, come autostrade o strade extraurbane principali, in modo da avvantaggiare il traffico pesante in arrivo al Terminal dalle zone più lontane. A livello locale è necessario considerare i percorsi che collegano le uscite dalle importanti arterie di comunicazione al Terminal: per limitare il più possibile l'impatto sulla viabilità della zona è opportuno che tali percorsi abbiano una breve lunghezza e che si sviluppino lungo strade periferiche e tangenziali rispetto ai centri abitati o su strade a carattere extraurbano.

3.1.3 Impatto sulla rete ferroviaria

Per quanto riguarda l'ambito ferroviario, è inoltre necessario valutare la capacità delle linee interessate, per verificare che sia possibile immettere i nuovi treni con origine dal Terminal.

Infatti, se anche si identificasse un sito idoneo che soddisfi i requisiti precedentemente elencati e, nel contempo, non si avesse capacità residua e utilizzabile sulla linea ferroviaria, il Terminal risulterebbe evidentemente privo di utilità. Si sottolinea che questo aspetto non riguarda solamente la Milano – Chiasso, che come si è detto nell'introduzione è la linea internazionale che permette il transito dei treni diretti verso la Svizzera e il nord Europa, ma anche eventuali linee afferenti, nel caso la collocazione del Terminal vi fosse adiacente; ciò viene chiarito in seguito.

3.2 DESCRIZIONE DELL'AREA A NORD DI MILANO

Il presupposto per la scelta dei possibili siti consiste chiaramente nell'aver già individuato l'area geografica in cui effettuare la ricerca, in base alla presenza di attività industriali ed economiche che giustifichino la generazione di flussi di merci e che presentino una certa domanda di traffico.

Si è già osservato al termine del capitolo precedente che la decisione di considerare l'area compresa tra Milano e il confine italo – svizzero nell'intorno di Chiasso si ricollega in parte alla necessità di potenziare il sistema dei terminali per il trasporto combinato della Lombardia e in parte alla stretta vicinanza di quest'area con la Svizzera, per cui di fatto essa rappresenta una delle porte di accesso per il nord Europa.

Nel paragrafo successivo si evidenzierà come effettivamente a tali considerazioni si aggiunge anche il ruolo determinante della Lombardia e, in dettaglio, dell'area a nord di Milano, nel contesto economico-industriale italiano.

3.2.1 Caratteri generali

La macro area considerata per l'ubicazione del nuovo Terminal intermodale è la zona a nord di Milano e compresa nella parte occidentale della provincia di Monza e Brianza (riquadro rosso, Figura 3.2.A).



Figura 3.2.A – Identificazione dell'area considerata all'interno della Lombardia

Tale zona è caratterizzata da un'elevata urbanizzazione, facilmente constatabile sia da foto aeree sia dai dati relativi alla densità abitativa. In particolare, la provincia di Monza e Brianza presenta una densità abitativa di 2.126 abitanti/kmq [27], la più alta tra tutte le province lombarde, inclusa la provincia del capoluogo regionale, Milano, e seconda solo alla provincia di Napoli, a livello nazionale. Agli insediamenti abitativi si aggiungono numerose industrie e alcuni siti di interesse ambientale e paesaggistico. Il consumo di territorio della zona è, pertanto, decisamente elevato e non sono molte le

aree potenzialmente utilizzabili per nuove strutture e infrastrutture. La Figura 3.2.B permette di osservare l'elevata densità urbanistica e insediativa della zona; le uniche grandi aree libere che si notano sono due parchi, il Parco delle Groane (a ovest) e il parco di Monza (a est).

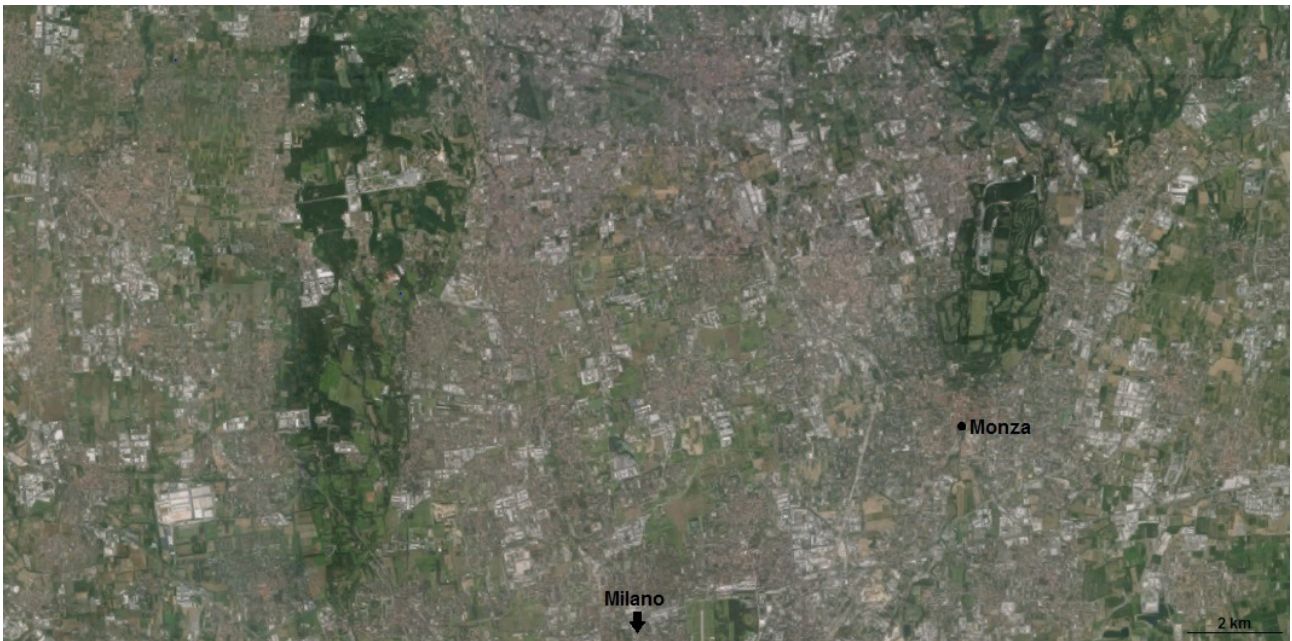


Figura 3.2.B – Area nord Milano - Brianza sud-occidentale (foto aerea)

Dal punto di vista orografico, la zona risulta prevalentemente pianeggiante nella parte più meridionale della Brianza, che è quella considerata, mentre la presenza significativa di colline si osserva nella parte settentrionale, che è esclusa dallo studio.

Per quanto riguarda l'attività economica della zona, con riferimento in particolare al commercio estero, è possibile fare riferimento ai dati Istat del 2013 [3] (Tabella 3.2.A).

Commercio estero: Import-Export		
Italia, Lombardia e province lombarde. Anno 2013		
Unità di misura: x 1.000 Euro.		
	Importazioni	Esportazioni
Varese	5.573.202,62	9.863.786,62
Como	2.862.344,84	5.292.558,75
Sondrio	395.888,76	563.198,82
Milano	56.990.196,31	37.461.621,70
Bergamo	7.522.654,27	13.139.363,77
Brescia	7.221.687,04	13.669.071,78
Pavia	10.815.656,60	4.422.509,79
Cremona	2.666.882,58	3.468.852,35
Mantova	4.661.925,43	5.563.605,64
Lecco	2.072.172,90	3.725.548,21
Lodi	4.280.459,98	2.277.381,45
Monza e Brianza	5.184.612,20	8.648.321,39
Lombardia	110.247.683,53	108.095.820,26
Italia	361.002.213,27	390.232.593,09

Tabella 3.2.A – Commercio estero Import-Export in Lombardia. Fonte: [3]

Oltre a notare come la Lombardia abbia un ruolo predominante a livello nazionale (concentra il 31% delle importazioni e il 28% delle esportazioni), si può osservare che la provincia di Monza e Brianza, pur avendo la minor estensione territoriale tra le dodici province lombarde (405,41 kmq), si colloca al **sesto posto** nelle importazioni dopo Milano, Pavia, Bergamo, Brescia e Varese e al **quinto posto** per le esportazioni dopo Milano, Brescia, Bergamo e Varese.

Le attività produttive della zona hanno pertanto un peso piuttosto rilevante nell'ambito del commercio estero.

3.2.2 Accessibilità stradale

Per quanto riguarda i collegamenti stradali della parte occidentale della provincia, le principali arterie di comunicazione sono la Strada Statale 35 dei Giovi, che collega Milano a Como, e la Strada Statale 36 del Lago di Como e dello Spluga, che collega Milano a Lecco. Sono entrambe strade extraurbane principali, che nella parte meridionale, all'uscita da Milano, si collegano con il sistema autostradale costituito dalle tangenziali milanesi e dall'autostrada A4 Torino – Trieste. La zona presenta quindi una rete stradale abbastanza capillare, soggetta però a un traffico molto elevato, che causa frequenti congestioni.

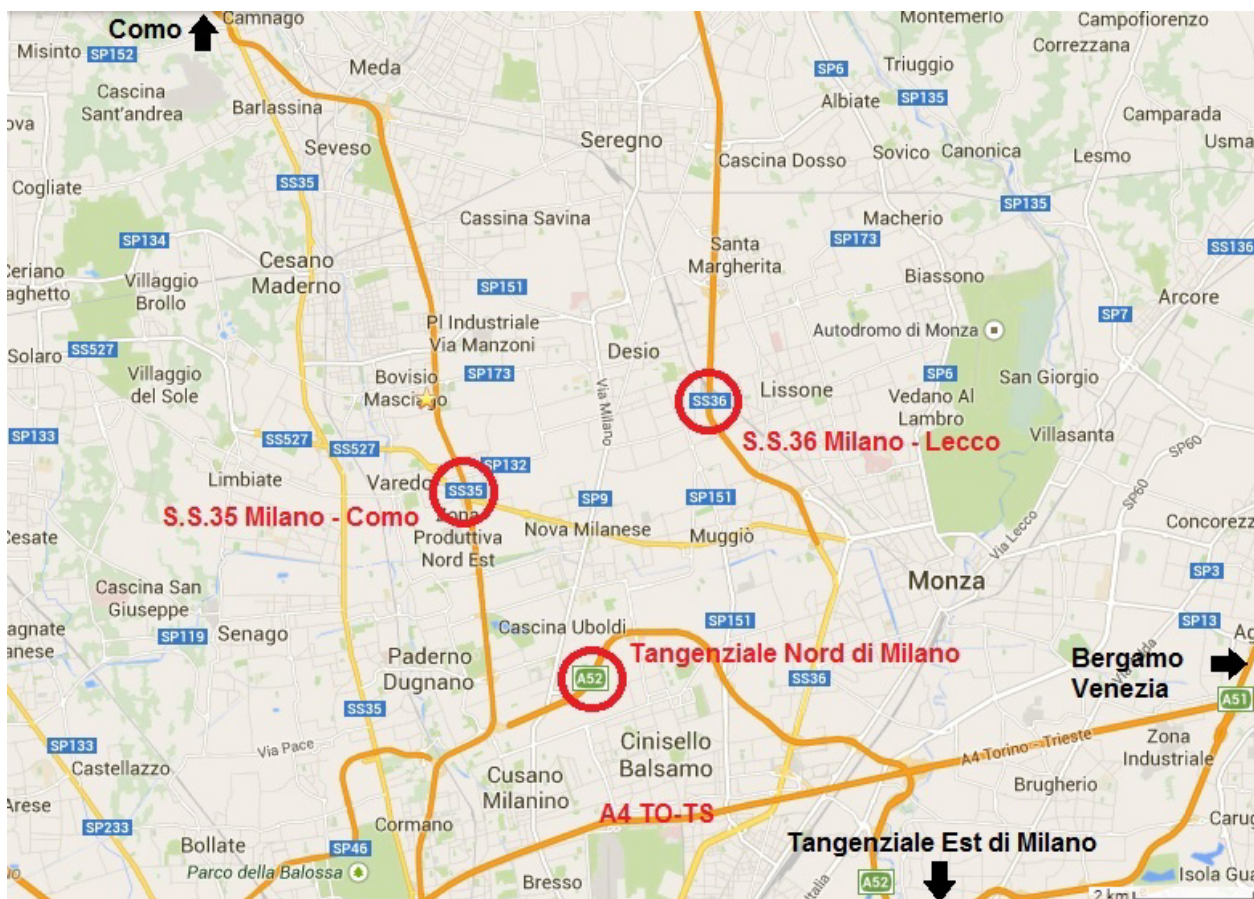


Figura 3.2.C – Rete stradale

È necessario osservare che alla rete stradale esistente si aggiungerà nei prossimi anni la nuova Autostrada Pedemontana Lombarda, che fornirà un collegamento diretto tra l'Autostrada A8 Milano – Varese e l'autostrada A4 nel tratto Milano – Bergamo e che si svilupperà nel suo tratto centrale attraverso diversi comuni della provincia di Monza e Brianza. In particolare, un tratto dell'attuale e

3. Individuazione dei possibili siti

sopracitata SS 35 (compreso tra Lentate sul Seveso e Cesano Maderno) verrà riammodernato e diventerà parte dell'Autostrada Pedemontana.

La Figura 3.2.D presenta il tracciato della nuova autostrada nella sua totalità; il riquadro (Figura 3.2.E) identifica il tratto di autostrada che attraverserà la Brianza sud-occidentale.

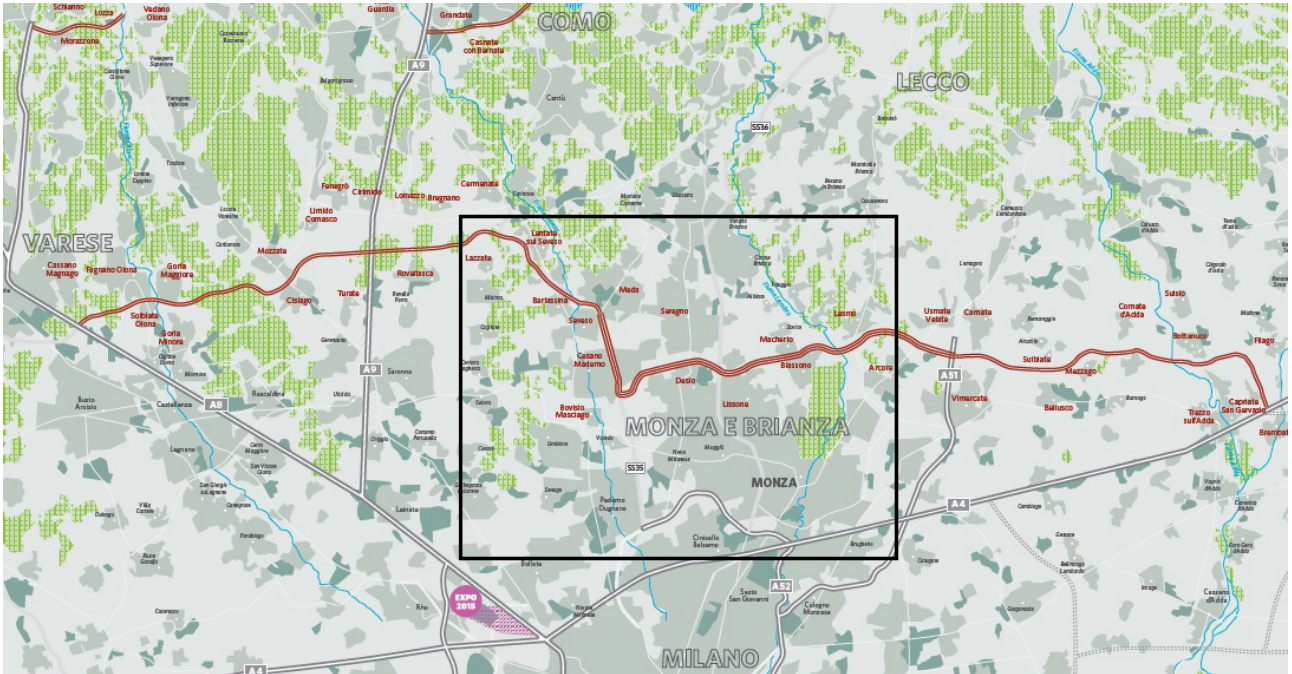


Figura 3.2.D – Futuro tracciato dell'Autostrada Pedemontana. Fonte: [28]



Figura 3.2.E – Tratto brianzolo dell'Autostrada Pedemontana. Fonte: [28]

3.2.3 Accessibilità ferroviaria

Per quanto riguarda i collegamenti ferroviari, l'area è attraversata da quattro linee, la Milano – Chiasso e Seregno – Bergamo di RFI, e le linee Milano – Seveso – Asso e Saronno – Seregno di Ferrovienord.

Come è stato osservato nel Capitolo 2, la ferrovia Milano – Chiasso rappresenta la tratta di accesso al valico del San Gottardo e quindi al nord Europa; pertanto è necessario tenere in conto delle connessioni tra le linee ferroviarie identificate e la Milano – Chiasso.

La Figura 3.2.F mostra la rete ferroviaria nell'area tra Milano e il confine con la Svizzera, mettendo in evidenza la Milano – Chiasso (in verde); la Figura 3.2.G è invece un dettaglio della rete nella provincia di Monza e Brianza.

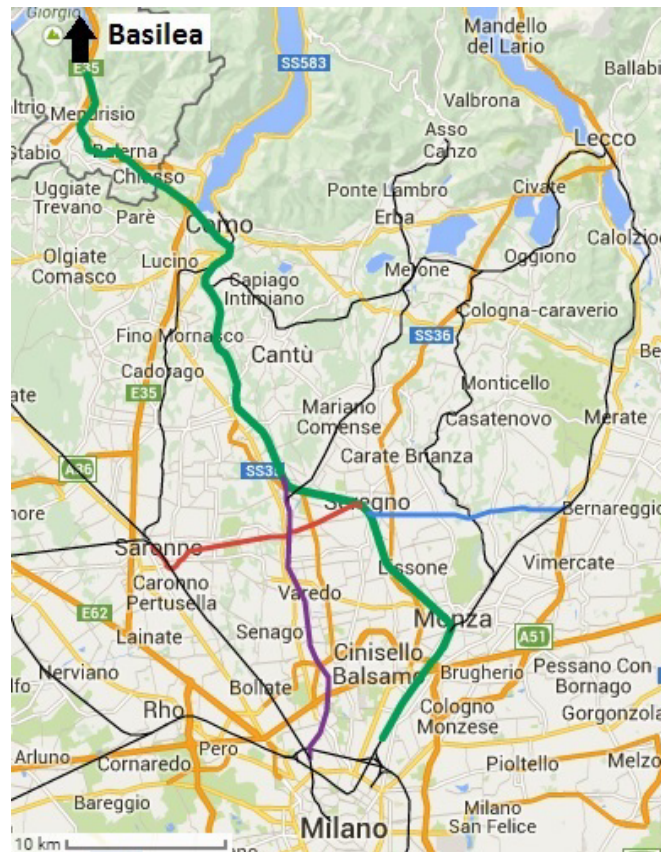


Figura 3.2.F – Rete ferroviaria nell'area tra Milano e il confine svizzero

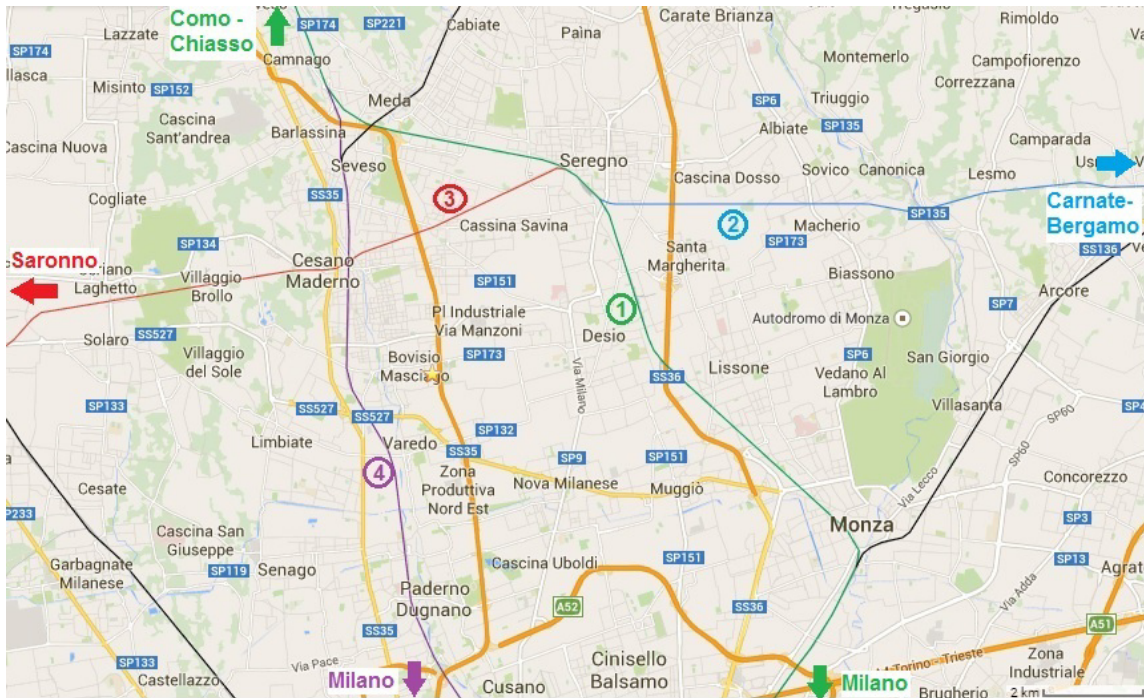


Figura 3.2.G – Rete ferroviaria nell’area nord di Milano

- ① Milano – Monza – Como – Chiasso
- ② Seregno – Carnate – Bergamo
- ③ Seregno – Saronno
- ④ Milano – Seveso – Camnago

① La linea Milano – Chiasso, superata la stazione di Monza, piega verso nord-ovest attraversando i comuni di Lissone, Desio, Seregno, Meda e Lentate sul Seveso ed è una linea interessata da un traffico vario ed eterotachico, che comprende treni regionali, treni Eurocity in servizio internazionale da e per la Svizzera, e numerosi treni merci diretti verso la Svizzera e il nord Europa, attraverso il valico del San Gottardo.

② La linea Seregno – Carnate, provenendo da est, dopo aver attraversato i comuni di Macherio e Sovico, entra nel territorio di Seregno e si immette sulla linea Milano – Chiasso, a sud della stazione di Seregno, in direzione Chiasso. Si tratta di una linea secondaria, con traffico sia di tipo passeggeri (treni regionali) che merci.

③ La linea Saronno – Seregno è invece caratterizzata da solo traffico passeggeri, come la quasi totalità delle linee gestite da Ferrovienord, ma ha visto in passato anche alcuni servizi merci (interrotti in occasione della riqualificazione della linea nel 2011 e previsti nuovamente in futuro). Attraversa i comuni di Ceriano Laghetto, Cesano Maderno, Seveso e Seregno, dove, a nord della stazione di Seregno, si immette sulla linea Milano – Chiasso in direzione Milano.

④ La linea Milano – Seveso – Camnago è anch’essa utilizzata solo per servizio passeggeri, e attraversa i comuni di Varedo, Bovisio-Masciago, Cesano Maderno, Seveso, Meda e Lentate sul Seveso, dove, in località Camnago, è presente un raccordo che la collega alla linea Milano – Chiasso, in direzione Chiasso. Pur essendo ancora nella fase descrittiva, è opportuno osservare che il traffico attualmente presente sulla linea, costituito da treni del servizio suburbano e regionale lombardo, non permette l’inserimento di ulteriori tracce orarie; in altre parole la capacità residua della linea è nulla, a meno di considerare la fascia notturna, che peraltro viene utilizzata per la manutenzione. Pertanto, nella successiva fase di ricerca del sito, l’esclusione di eventuali aree libere e adiacenti alla linea Milano – Seveso – Camnago sarà una scelta obbligata.

3.3 IDENTIFICAZIONE DELLE ALTERNATIVE

Per individuare i siti alternativi in cui collocare il Terminal, sono stati considerati entrambi gli aspetti precedentemente esposti in 3.1 e 3.2, applicando cioè i criteri di scelta alle caratteristiche della macro-area considerata. Di seguito, viene prima spiegato il procedimento generale seguito, e poi vengono elencate e analizzate le alternative identificate.

La prima considerazione necessaria è relativa allo spazio necessario: si è osservato che Terminal con funzioni analoghe a quello del caso in esame occupano una superficie di 100.000 mq e pertanto si è proceduto ricercando un'area libera di tali dimensioni e che si collocasse in prossimità di una delle linee ferroviarie identificate (escludendo, come anticipato in precedenza, la Milano – Seveso – Camnago per saturazione della stessa).

A tale scopo si sono utilizzate le fotografie aeree disponibili su Google Maps, e successivamente si sono cercati ulteriori dettagli dall'osservazione direttamente sul luogo.

In secondo luogo, è stata considerata l'accessibilità stradale sulla base della viabilità esistente, attraverso la cartografia disponibile in rete, calcolando la distanza via strada dagli assi principali di comunicazione, valutando la necessità di eventuali nuove strade per accedere all'area e l'impatto del traffico pesante diretto alla zona identificata sulla viabilità locale.

Sulla base dei criteri sopra esposti, sono stati identificati tre possibili siti, mostrati Nelle Figura 3.3.A e Figura 3.3.B e di seguito elencati:

- 1) Seregno località Ceredo, al confine con Meda;
- 2) Seregno località San Salvatore, al confine con Sovico;
- 3) Ceriano Laghetto, al confine con Saronno e Solaro.

Per completezza, si riporta anche un quarto sito, inizialmente preso in considerazione, ma poi escluso a causa della destinazione d'uso già prevista per un'altra opera:

- 4) Desio, via San Giuseppe, al confine con Lissone.

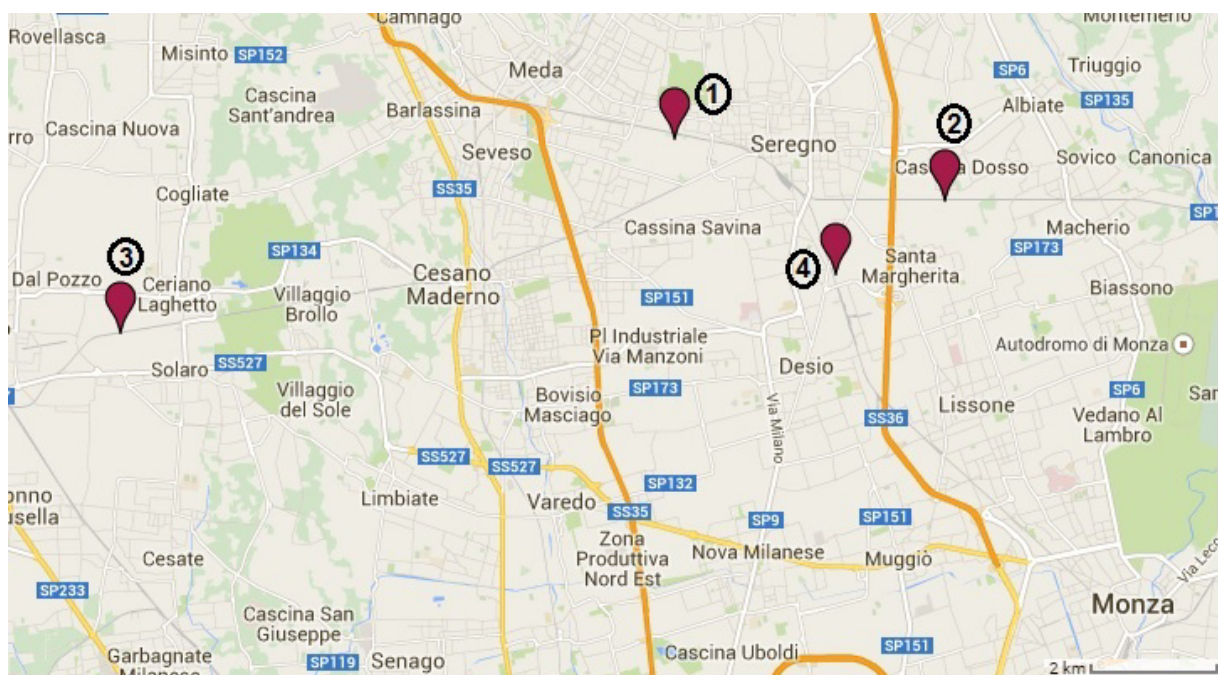


Figura 3.3.A – Alternative possibili (mappa)



Figura 3.3.B – Alternative possibili (foto aerea)

3.3.1 ① SEREGNO CEREDO

3.3.1.1 Descrizione dell'area

La zona presenta un'ampia superficie (130.000 mq), costeggiando la linea ferroviaria Milano – Chiasso in direzione est – ovest, tra le stazioni di Seregno (P.K. 21,598) e Camnago-Lentate (P.K. 27,902), per un lungo tratto (compreso tra le P.K. 22,900 e 23,800), che consente una disposizione del Terminal in affiancamento alla ferrovia. A ovest l'area confina con la zona meridionale del comune di Meda, con presenza sia di abitazioni private che di industrie, mentre a est è delimitata dalla via delle Nazioni Unite, in comune di Seregno. A sud, invece, l'area si estende fino al limite posta dalla ferrovia Seregno – Saronno e dalla strada di collegamento Seregno – Seveso ad essa affiancata, includendo una grande porzione del Parco Brianza Centrale (parco locale di interesse sovracomunale).

La fascia di interesse presenta un andamento pianeggiante, ma si trova ad una quota leggermente maggiore rispetto alla ferrovia che la affianca.

3.3.1.2 Accessibilità ferroviaria

Come già anticipato, la linea ferroviaria adiacente all'area è la Milano – Chiasso; lo sviluppo longitudinale del Terminal permetterebbe di accedere sia lato Chiasso sia lato Milano, anche se, per le finalità del Terminal, è sufficiente garantire l'accesso/uscita verso nord-ovest (Chiasso).



Figura 3.3.C – Seregno località Ceredo

In rosso: linea ferroviaria Milano – Chiasso, in giallo: area identificata per la collocazione del Terminal

3.3.1.3 Accessibilità stradale

L'accessibilità stradale a livello locale è garantita da via delle Nazioni Unite in Seregno; l'area risulta pressoché equidistante – circa 4,5 km – da entrambi gli assi di comunicazione della Brianza, la S.S.35 e la S.S.36, nonché dalla futura Autostrada Pedemontana, ma è da osservare che il percorso in tutti i casi prevede l'attraversamento di zone abitate (Figura 3.3.D).

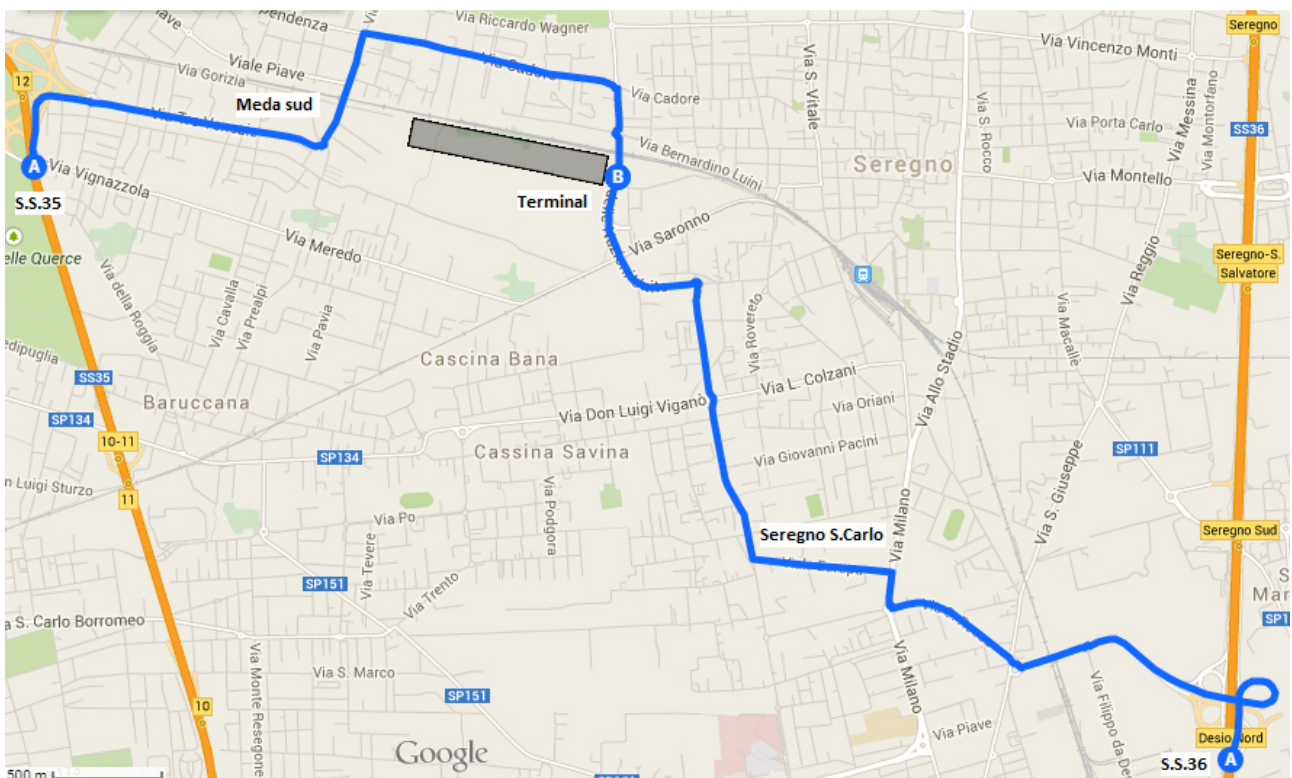


Figura 3.3.D – Collegamenti con S.S.35 e S.S.36

La S.S.35 è raggiungibile dallo svincolo di Meda, distante 3,8 km dall'area identificata, con attraversamento della zona industriale di Meda sud.

La S.S.36 si raggiunge con un percorso di 4,5 km attraversando il quartiere di Seregno S. Carlo, per poi lambire il confine nord della zona industriale di Desio che consente l'accesso allo svincolo di Desio nord sulla superstrada.

L'Autostrada Pedemontana sarà invece raggiungibile in entrambi i modi precedentemente descritti, dal momento che il suo tracciato si svilupperà al posto dell'attuale S.S.35, mantenendo lo svincolo di Meda, e intersecherà la S.S.36 dove attualmente è posto lo svincolo di Desio nord.

In Figura 3.3.E si osserva che il collegamento con la S.S.35 – e quindi anche alla Pedemontana – potrebbe essere realizzato allacciandosi al quartiere di Meda sud in via Gorizia, attraverso una via periferica rispetto allo stesso e già inclusa in una zona industriale. In tal caso si diminuirebbe la distanza percorsa a 2 km (Figura 3.3.E).



Figura 3.3.E – Itinerario alternativo per la S.S.35 con accesso all'area da ovest

3.3.2 ② SEREGNO SAN SALVATORE

3.3.2.1 Descrizione dell'area

L'area, che si sviluppa su un terreno pianeggiante di 200.000 mq, è attraversata dalla ferrovia Seregno – Bergamo. Le delimitazioni sono rappresentate dalla S.S.36 a ovest, dal quartiere Dosso (Seregno) a Nord, da alcuni abitati periferici di Sovico a est e da una zona industriale al confine con Lissone a sud.

Lo spazio è disponibile sia a nord sia a sud della ferrovia, tra le P.K. 29,700 e 28,700, e come nel caso dell'alternativa ①, è possibile sviluppare il Terminal in affiancamento. Tuttavia nella parte nord, a ridosso della strada ferrata, è presente una cascina, che rappresenta evidentemente un limite all'utilizzo di questo spazio, a meno di un esproprio.

La zona sud, invece, lambisce una cava che però non risulterebbe interessata dal Terminal; si avrebbe invece l'attraversamento di una strada locale (via Giacomo Matteotti) che collega la località cascina Greppi con Sovico; a tale collegamento è comunque presente, in alternativa, la Strada Comunale delle Prigioni, 350 metri più a est (Figura 3.3.F).



Figura 3.3.F – Seregno località San Salvatore

In rosso: linea ferroviaria Seregno – Bergamo, in giallo: area identificata per la collocazione del Terminal.

3.3.2.2 Accessibilità ferroviaria

Si è detto che la linea interessata è la Seregno (P.K. 31,867) – Bergamo (P.K. 0,000), pertanto, a differenza del caso precedente, sarebbe necessario percorrere l'ultimo tratto di tale linea, di circa 2 km, prima di immettersi sulla Milano – Chiasso, in direzione Chiasso, nell'ambito della stazione di Seregno (Figura 3.3.G).

Il binario da/per il Terminal si inserirebbe chiaramente solo in direzione Seregno, non essendovi necessità di raccordarsi verso Bergamo.

È da considerare che la linea Seregno – Bergamo è a singolo binario, aspetto che rappresenta una limitazione all'aggiunta di nuovi treni, anche se la tratta da percorrere ha una lunghezza esigua. Attualmente, la linea, di carattere secondario, è percorsa dai treni regionali della relazione Seregno – Carnate, con frequenza oraria, e da un limitato numero di treni merci, e dispone di ulteriori tracce orarie libere.



Figura 3.3.G – Tratto della linea Seregno – Bergamo da percorrere per l'immissione sulla Milano – Chiasso

3.3.2.3 Accessibilità stradale

L'area si colloca a circa 1,5 km dallo svincolo Seregno Sud sulla S.S.36. Dalla svincolo, via delle Industrie attraverso la zona industriale di Lissone nord/Seregno est conduce alla cava adiacente all'area, pertanto l'accesso sarebbe realizzato attraverso un prolungamento della stessa via (Figura 3.3.H).

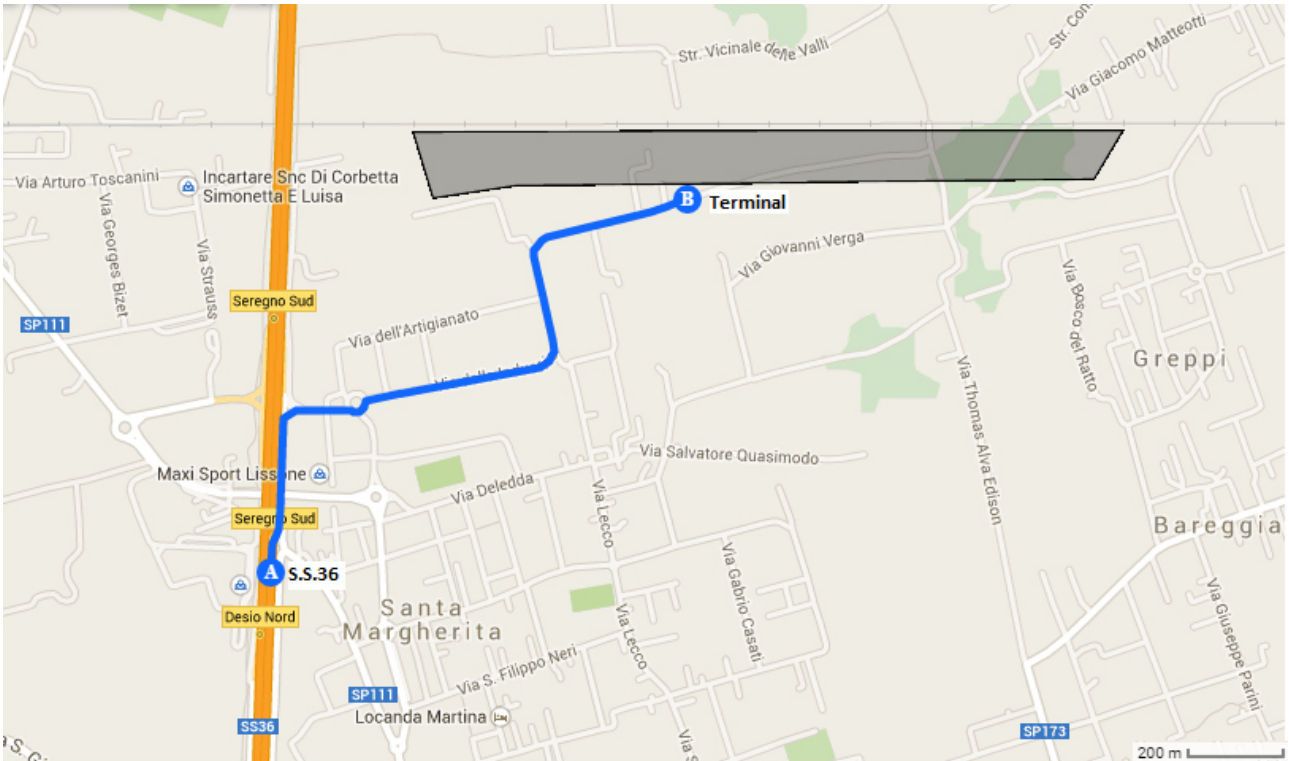


Figura 3.3.H – Itinerario da/per la S.S.36



Con la realizzazione della Pedemontana, lo svincolo di Seregno Sud sarà inglobato dal nuovo futuro svincolo di interscambio di Desio nord tra l'autostrada e la S.S.36; pertanto, la distanza tra l'area considerata e lo svincolo sarà di circa 2,5 km. L'inconveniente di tale lieve aumento di percorrenza è però l'attraversamento dell'area urbana del quartiere Santa Margherita di Lissone (Figura 3.3.I).

Figura 3.3.I – Futuro assetto dello svincolo Desio nord. Fonte: [28]

3.3.3 ③ CERIANO LAGHETTO

3.3.3.1 Descrizione dell'area

L'area presenta una superficie pianeggiante di circa 140.000 mq, a ridosso della ferrovia Saronno – Seregno, che ne rappresenta il limite settentrionale. A est è delimitata dalla zona industriale di Ceriano Laghetto, a sud dagli insediamenti abitativi periferici del comune di Solaro, mentre a ovest il limite è rappresentato dalla stessa ferrovia che piega verso sud-ovest (Figura 3.3.J).

Si osserva che, a differenza delle alternative precedenti, questa zona risulta più decentrata, e si colloca, effettivamente, al limite della Brianza occidentale. Viene comunque considerata in virtù dell'ampio spazio disponibile e delle difficoltà nell'identificare spazi di queste dimensioni, a causa della densità insediativa.



Figura 3.3.J – Ceriano Laghetto, confine meridionale con Solaro

In rosso: linea ferroviaria Saronno – Seregno, in giallo: area identificata per la collocazione del Terminal.

3.3.3.2 Accessibilità ferroviaria

La linea ferroviaria in questione è la Saronno – Seregno di Ferrovienord, che si immette sulla Milano – Chiasso, in direzione Milano, alla radice nord della stazione di Seregno. L'area si trova a fianco del binario di precedenza posto tra le P.K.25,187 e 25,887, dopo la stazione di Ceriano Laghetto-Solaro (P.K. 26,164), provenendo da Seregno.

L'immissione del binario del Terminal in linea sarebbe realizzata solo verso est (Seregno), sfruttando l'esistente binario di precedenza.

La ferrovia è a doppio binario tra Saronno (P.K. 21,157) e P.M. Groane (P.K. 29,147), mentre è a singolo binario tra P.M. Groane e Seregno (P.K. 36,397), senza stazioni intermedie dotate di binari di incrocio (Figura 3.3.K).

Per raggiungere la Milano – Chiasso è quindi necessario percorrere circa 10,5 km, di cui 3,26 km a doppio binario e i restanti 7,24 km nella tratta a binario unico; quest'ultimo aspetto è certamente penalizzante, e rappresenta una forte limitazione alla potenzialità della linea.

Attualmente, la ferrovia è utilizzata per il solo servizio passeggeri ed è percorsa dai treni del servizio suburbano milanese (linea S9 Saronno – Seregno – Milano S.Cristoforo – Albairate), con una frequenza di un treno ogni 30 minuti: questo fa sì che la tratta a binario unico sia saturata già allo stato attuale, senza alcuna possibilità di aggiungere ulteriori treni.



Figura 3.3.K – Distanza ferroviaria tra Ceriano Laghetto e Seregno

La soluzione a tale limitazione si avrebbe con l'introduzione di un Posto di Movimento¹⁵ intermedio tra P.M. Groane e Seregno, che, a causa dello spazio limitato affiancato alla ferrovia, potrebbe essere localizzato solamente tra Cesano Maderno (P.K. 31,259) e Seveso-Baruccana (P.K. 32,828), o tra Seveso-Baruccana e Seregno, cioè nella tratta terminale, e in tal caso non avrebbe molta utilità, nell'ottica di spezzare i 7,24 km di binario unico.

Nella Figura 3.3.L sono evidenziati in nero le tratte in cui eventualmente inserire il Posto di Movimento, dotati di un binario di incrocio.



Figura 3.3.L – Tratto a binario unico della ferrovia Saronno – Seregno

Vi è però anche un altro aspetto da tenere in conto. Si è già osservato che la Saronno – Seregno si innesta sulla radice nord della stazione di Seregno in direzione Milano (si vedano le Figure 3.3.K-L), mentre i treni merci provenienti dal Terminal dovrebbero essere istradati verso Chiasso; sarebbe pertanto necessario realizzare una bretella di collegamento tra le due ferrovie.

¹⁵ Stazione senza servizio viaggiatori in cui è possibile effettuare operazioni di precedenza (sorpasso di un treno veloce su uno più lento) o incrocio (nel caso di linee a binario unico).

3. Individuazione dei possibili siti

Tale bretella sarebbe costituita da una curva circolare di 400 metri di raggio, per una lunghezza di circa 1000 metri, con inizio indicativo presso la P.K. 34,600 della Saronno – Seregno (circa 1200 metri prima dell’innesto sulla radice nord di Seregno), e da un raccordo parabolico tra la suddetta curva e un tratto rettilineo e parallelo alla Milano – Chiasso di circa 400 metri, con innesto sulla linea principale tra le P.K. 22,500 e 23,500 (Figura 3.3.M). L’area per realizzare la bretella presenta lo spazio necessario, per cui non si avrebbero limitazioni, almeno dal punto di vista geometrico; vi sarebbe però un problema di interferenza con la strada di collegamento tra Seregno e Seveso (via Saronno).

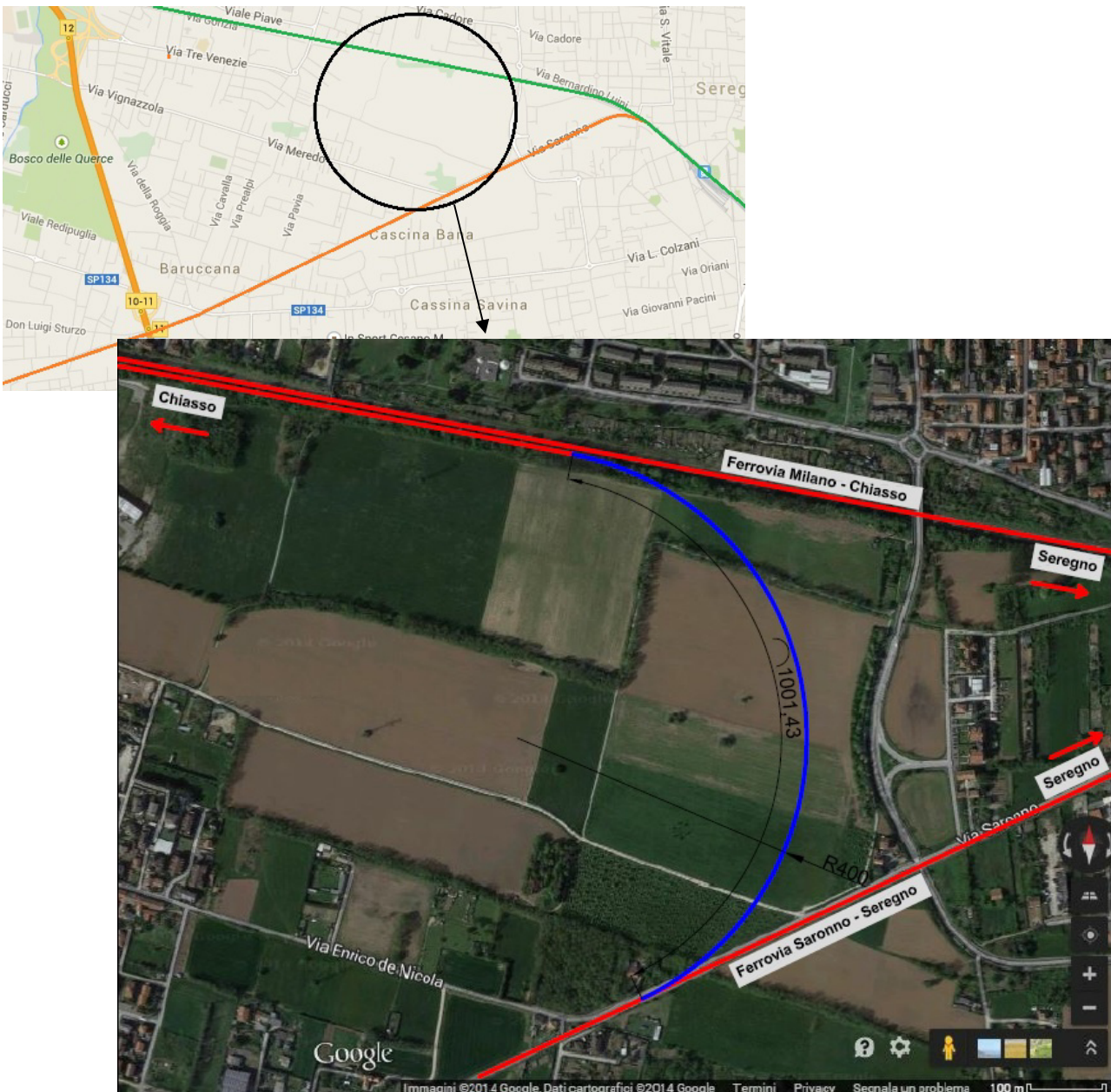


Figura 3.3.M – Sviluppo geometrico dell’eventuale bretella di collegamento tra la Saronno – Seregno e la Milano – Chiasso

In questo caso, quindi, si presentano diverse problematiche non tanto legato all’accesso alla ferrovia Saronno – Seregno, adiacente all’area considerata, ma al raggiungimento della linea Milano – Chiasso, a causa dei limiti infrastrutturali sopra descritti.

3.3.3.3 Accessibilità stradale

L'area in questione risulta attualmente priva di vie d'accesso, ad eccezioni di strade rurali di campagna, pertanto si renderebbe necessaria la realizzazione di una strada di accesso collegata all'attuale via per Saronno (comune di Solaro).

A causa della posizione periferica della zona, risultano distanti sia la S.S.35, a 10 km di distanza, raggiungibile mediante la S.P. 527 (strada extraurbana secondaria, a singola corsia per senso di marcia), sia la S.S.36, posta ancora più a est (Figura 3.3.N).

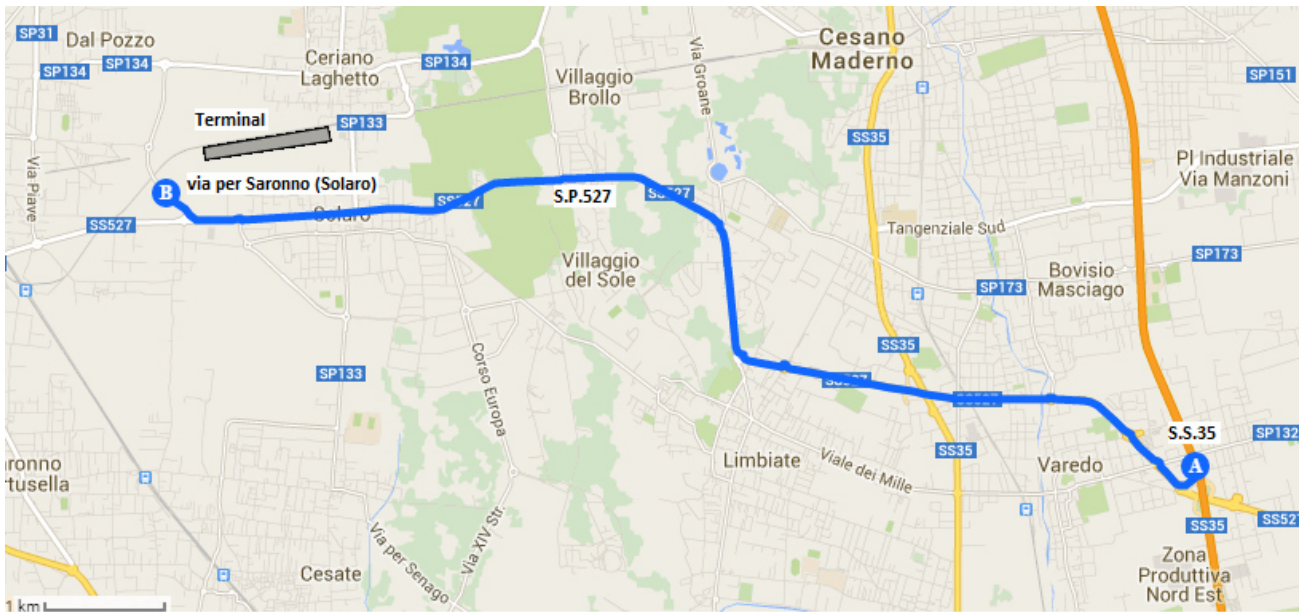


Figura 3.3.N – Itinerario da/per la S.S.35

Il collegamento con la futura Autostrada Pedemontana sarebbe invece garantito dalla nuova strada extraurbana di collegamento, lunga circa 6 km, prevista tra le opere connesse all'autostrada stessa, con origine dallo svincolo autostradale di Lazzate e termine in corrispondenza dell'esistente rotonda sulla S.P. 134, distante 1,5 km dalla strada di accesso al Terminal posta sulla via per Saronno (Figura 3.3.O).



Figura 3.3.O – Stralcio della nuova viabilità connessa a Pedemontana. Fonte: [28]

Nelle vicinanze della zona è presente anche un'altra importante arteria di collegamento, l'Autostrada A9 Milano – Lainate – Chiasso; dallo svincolo di Origgio sarebbe possibile raggiungere l'accesso al Terminal su un percorso di circa 4 km lungo la parte Terminale della S.P. 527, restando in ambito extraurbano (Figura 3.3.P).

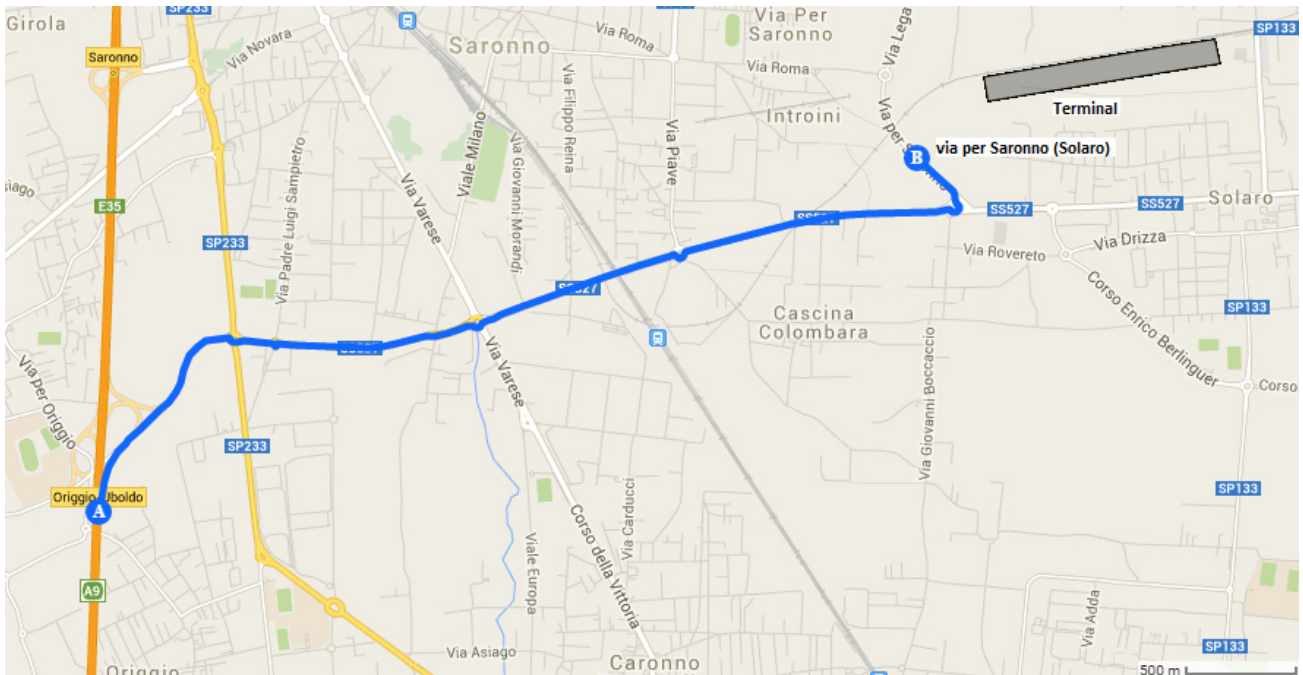


Figura 3.3.P – Itinerario da/per l'autostrada A9

3.3.4 ④ DESIO

Come già anticipato, si descrive sommariamente anche il quarto sito inizialmente preso in considerazione, ma successivamente escluso, poiché dalle tavole riguardanti il progetto definitivo dell'Autostrada Pedemontana si è osservato che questa zona sarà interamente interessata dai lavori di costruzione della nuova autostrada [28], e pertanto ciò porta automaticamente all'esclusione di questa alternativa.

3.3.4.1 Descrizione generale

Si tratta di un'area pianeggiante di 250.000 mq, situata in affiancamento alla ferrovia Milano – Chiasso, tra le stazioni di Desio (P.K. 18,346) e Seregno (P.K. 21,598).

L'area è delimitata a ovest dalla linea ferroviaria, a est dalla Strada Statale 36 (comune di Lissone), a nord da un gruppo di abitazioni e da una piccola area industriale e, infine, a sud dalla strada di collegamento che congiunge lo svincolo di Desio nord della S.S.36 ai comuni di Desio e Seregno (Figura 3.3.Q).

In tale area il Terminal potrebbe essere realizzato solamente in direzione perpendicolare alla linea ferroviaria, con un raccordo circolare, in quanto il lato ovest in affiancamento alla ferrovia non ha una lunghezza sufficiente a predisporre un affiancamento longitudinale. Il raccordo si immetterebbe poi in linea alla P.K. 19,800.

L'accessibilità stradale sarebbe garantita grazie alla vicinanza con la S.S. 36, con accesso diretto alla via di collegamento per lo svincolo di Desio nord.

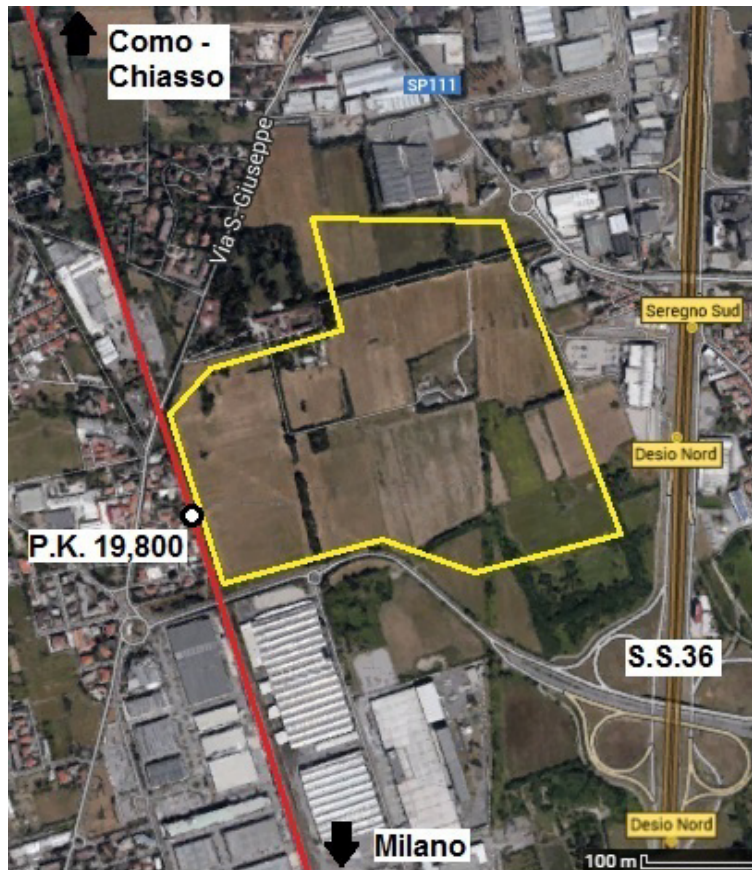


Figura 3.3.Q – Desio, confine nord con Lissone

In rosso: linea ferroviaria Milano – Chiasso, in giallo: area identificata per la collocazione del Terminal.

Nella Figura 3.3.R è possibile osservare la stessa area e, in sovrapposizione, il futuro tracciato della Pedemontana; risulta in modo chiaro che lo spazio rimanente non sarebbe sufficiente alle necessità del Terminal.



Figura 3.3.R – Tracciato della Pedemontana in zona Desio nord. Fonte: [28]

3.4 CONFRONTO TRA LE ALTERNATIVE E SCELTA DEL SITO

Dopo aver descritto i possibili siti dove collocare il Terminal secondo i criteri presentati all'inizio di questo capitolo, il passo successivo è il confronto tra le tre alternative. Avendo appurato, infatti, che in tutti e tre i casi si hanno le condizioni idonee e necessarie per la collocazione fisica del Terminal e per la sua connessione con le reti stradali e ferroviarie, è necessario analizzare, per ciascun caso, gli aspetti positivi e negativi per arrivare, infine, alla scelta definitiva del sito.

In Tabella 3.4.A si considerano gli aspetti positivi e negativi per ciascuna opzione.

① Seregno Ceredo	
Aspetti positivi	Aspetti negativi
<p><u>Ubicazione</u>: collocazione in un'area periferica rispetto agli abitati di Seregno e Meda, vicinanza alla zona industriale di Meda sud</p> <p><u>Accessibilità ferroviaria</u>: accesso diretto alla Milano – Chiasso, possibile sia in direzione Chiasso (fondamentale) sia in direzione Milano (marginale)</p> <p><u>Accessibilità stradale</u>: prossimità alle S.S. 35 e S.S. 36 (4,5 km) su percorsi esistenti, collegamento rapido (1,9 km) alla S.S.35 e futura Pedemontana attraverso la zona industriale di Meda sud</p>	<p><u>Ubicazione</u>: zona adiacente a un parco locale</p> <p><u>Accessibilità ferroviaria</u>: non immediata vicinanza rispetto alla stazione di Seregno</p> <p><u>Accessibilità stradale</u>: attraversamento di aree urbane per raggiungere le S.S. 35 e S.S. 36, necessario prolungamento di una strada della zona di industriale di Meda sud per la realizzazione del collegamento rapido con S.S. 35 e futura Pedemontana</p>
② Seregno San Salvatore	
Aspetti positivi	Aspetti negativi
<p><u>Ubicazione</u>: collocazione in un'area periferica rispetto agli abitati di Seregno e Sovico, attualmente costituita da spazi liberi e limitrofi a una zona industriale</p> <p><u>Accessibilità ferroviaria</u>: vicinanza alla Milano – Chiasso (2 km)</p> <p><u>Accessibilità stradale</u>: prossimità alla S.S. 36 (1,5 km) e al nuovo svincolo Desio nord (2,5 km) della Pedemontana e della S.S. 36</p>	<p><u>Ubicazione</u>: interruzione di una strada a carattere locale</p> <p><u>Accessibilità ferroviaria</u>: necessità di percorrere 2 km di singolo binario della linea Seregno – Bergamo</p> <p><u>Accessibilità stradale</u>: attraversamento di un'area urbana per raggiungere il futuro svincolo di Desio nord</p>
③ Ceriano Laghetto	
Aspetti positivi	Aspetti negativi
<p><u>Ubicazione</u>: collocazione in un'area periferica rispetto agli abitati di Ceriano Laghetto e Solaro, attualmente costituita da spazi liberi ad uso agricolo</p> <p><u>Accessibilità ferroviaria</u>: presenza di un binario di precedenza a fianco all'area</p> <p><u>Accessibilità stradale</u>: prossimità all'autostrada A9 (5 km), relativa vicinanza (6 km) alla Pedemontana attraverso viabilità extraurbana</p>	<p><u>Ubicazione</u>: zona posta ai limiti occidentali della Brianza e decentrata</p> <p><u>Accessibilità ferroviaria</u>: limiti infrastrutturali della linea Saronno – Seregno: binario unico per 7,24 km dei 10,5 km totali, con conseguente necessità di realizzare un Posto di Movimento intermedio, innesto sulla linea Milano – Chiasso in direzione Milano e conseguente bretella di collegamento da realizzare in direzione Chiasso</p> <p><u>Accessibilità stradale</u>: lontananza (oltre 10 km) rispetto agli assi portanti (S.S. 35 e S.S. 36)</p>

Tabella 3.4.A – Confronto tra le alternative

Sulla base di quanto esposto, risulta che l'alternativa ③ è quella che presenta maggiori problematiche e lati negativi, rispetto a quelli a favore e pertanto viene esclusa.

Le rimanenti due opzioni presentano invece situazioni simili per quanto riguarda l'ubicazione, mentre vi sono alcuni dettagli relativi ai restanti aspetti che danno un maggior punteggio alla prima rispetto alla seconda.

In primo luogo, l'accessibilità ferroviaria è l'aspetto forse più vantaggioso, in quanto si ha l'accesso diretto alla linea Milano – Chiasso, a differenza del secondo caso, in cui si devono percorrere 2 km della Seregno – Bergamo, peraltro a binario singolo. L'aspetto negativo della ① indicato in tabella, cioè la discreta lontananza dalla stazione di Seregno, è un problema marginale e comunque non particolarmente limitante: è stato citato poiché il caso ottimale sarebbe quello di un raccordo diretto tra il Terminal e la stazione, ai fini della circolazione ferroviaria, ma non è una condizione necessaria.

Per quanto riguarda l'accessibilità stradale, in entrambi i casi si presenta l'aspetto penalizzante dell'attraversamento di aree urbane, per accedere al Terminal dagli svincoli dei grandi assi di comunicazione; tuttavia si è osservato che nel caso della prima alternativa è possibile ovviare al problema attraverso il prolungamento della via Gorizia della zona industriale di Meda sud, realizzando un collegamento breve con lo svincolo di Meda sulla S.S. 35, nonché sulla futura Pedemontana. Al contrario, invece, nel caso ② l'attuale accesso diretto alla S.S. 36 mediante lo svincolo di Seregno sud non sarà più possibile con l'arrivo della Pedemontana, per la quale sarà necessario portarsi allo svincolo di Desio nord, attraversando il quartiere di Santa Margherita su viabilità urbana.

In definitiva, quindi, la scelta del sito dove collocare il nuovo Terminal ricade sull'alternativa ①, Seregno Ceredo. Nei capitoli successivi si procederà quindi a descrivere lo sviluppo di tale alternativa, con il dimensionamento del Terminal, la descrizione delle sue funzionalità e di tutti gli aspetti relativi alla gestione operativa.

4. Vincoli ferroviari

Prima di procedere con lo sviluppo dell'alternativa scelta, si trattano due aspetti prettamente legati all'ambito ferroviario: la stima di capacità della linea Milano – Chiasso per verificare la possibilità di inserire treni aggiuntivi rispetto a quelli già previsti in orario, e la determinazione delle caratteristiche di esercizio dei treni a servizio del Terminal per ottenere le tonnellate effettivamente trasportabili, dato necessario per il dimensionamento del Terminal.

4.1. CAPACITÀ DELLA LINEA

4.1.1. Generalità

Un aspetto importante già citato nel capitolo precedente è quello relativo alla capacità della linea ferroviaria interessata. Il nuovo Terminal, infatti, genererà un certo numero di coppie di treni al giorno – la determinazione di tale numero si tratterà successivamente – che andrà ad inserirsi sul traffico esistente, a patto che vi sia “spazio” per tali nuovi treni.

Per spiegare tale aspetto è utile ricorrere alla definizione di capacità ferroviaria, contenuta nel PIR (Prospetto Informativo della Rete) [29] pubblicato da RFI (Rete Ferroviaria Italiana), che è il gestore dell'infrastruttura della rete ferroviaria statale: “la somma delle tracce orarie e dei servizi connessi (...), costituenti la potenzialità di utilizzo di determinati segmenti di infrastruttura ferroviaria”.

In altre parole, la capacità esprime il numero di treni che possono circolare, senza interferenze, su una linea; ne consegue quindi che ogni treno circolante, con la propria traccia oraria, contribuisce al consumo della capacità della linea.

Di conseguenza, per traccia oraria si intende “la frazione di capacità dell'infrastruttura ferroviaria necessaria a far viaggiare un convoglio tra due località in un determinato periodo temporale”. Citando ancora il PIR, una linea viene definita “a capacità limitata” quando “si caratterizza per un grado di utilizzazione prossimo alla saturazione” mentre è definita “satura” quando “anche dopo il coordinamento delle diverse richieste di assegnazione di capacità, non è possibile soddisfare pienamente la domanda, anche se solo in determinati periodi temporali di esercizio”.

Ciò vuol dire che nel caso di linee a capacità limitata vi è la possibilità di aggiungere ulteriori treni, seppur in numero esiguo, a causa della prossimità alla saturazione, mentre nel caso di linee sature non risulta possibile assegnare ulteriori tracce orarie. Va sottolineato che la capacità viene solitamente riferita a fasce orarie o all'ora, e la stessa RFI presenta nel PIR il grado di saturazione delle linee ferroviarie italiane distinguendo tre fasce orarie (06-09, 09-22, 22-06), in quanto una linea potrebbe risultare satura solo in alcune fasce orarie.

La capacità dipende dalla tipologia di treni, dalla composizione del traffico e dalle caratteristiche infrastrutturali della linea. Treni veloci consumano meno capacità rispetto a treni più lenti e la massima capacità si ha nel caso di circolazione omotachica, cioè costituita da treni aventi tutti la medesima traccia oraria; se invece la circolazione è eterotachica, con coesistenza di treni lenti e treni veloci, la capacità è minore.

Per quanto riguarda invece le caratteristiche infrastrutturali che influiscono sulla capacità, sono da considerare il numero di binari (linee a singolo binario hanno capacità inferiori rispetto a linee a doppio binario), il regime di circolazione (influisce sul tempo di sblocco delle sezioni costituenti la linea), la

distanza tra stazioni o posti di movimento, il modulo di linea (influisce sulla possibilità di effettuare incroci e precedenza).

4.1.2. Caso in esame: Milano – Chiasso

Nel caso in esame la linea interessata è la Milano – Chiasso, nel tratto compreso tra Seregno e Chiasso. Si è innanzitutto osservato all'interno del PIR che la linea è identificata come "linea a capacità limitata" per quanto riguarda la tratta Milano – Seregno, mentre invece non è classificata per quanto riguarda il tratto Seregno – Chiasso: questo aspetto è sicuramente positivo, in quanto vuol dire che tra Seregno e Chiasso la linea non è prossima alla saturazione.

Ciò non è tuttavia sufficiente per poter stabilire qual è la capacità residua della linea e pertanto è stato preso in considerazione il grado di saturazione distinto per fasce orarie.

Dalle Figure 4.1.A-B-C si osserva che la Milano – Como – Chiasso (l'unica linea a nord di Milano) presenta un grado di saturazione alto, cioè superiore al 75%, solamente nella fascia mattutina 06 – 09, mentre nella fascia giornaliera 09 – 22 mantiene un grado medio, tra il 50% e il 75% e infine nella fascia notturna 22 – 06 ha un grado di saturazione inferiore al 50%.

Da tali dati si può quindi ipotizzare che ulteriori tracce orarie siano difficilmente inseribili nella fascia 06 – 09, mentre invece le restanti fasce orarie presentano ancora capacità residua.

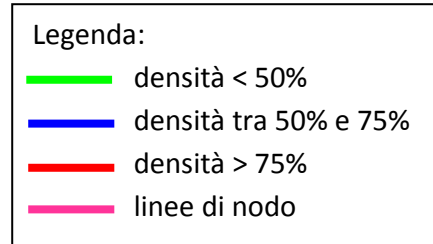


Figura 4.1.A – Grado di saturazione nella fascia oraria 06 – 09. Fonte: [29]



Figura 4.1.B – Grado di saturazione nella fascia oraria 09 – 22. Fonte: [29]



Figura 4.1.C – Grado di saturazione nella fascia oraria 22 – 06. Fonte: [29]

È poi necessario tenere in conto che in base alla categoria di servizio dei treni esistono dei livelli di priorità in base alla fascia oraria. In particolare, il PIR afferma che “i servizi di trasporto quantitativamente e qualitativamente necessari a soddisfare la mobilità dei cittadini disciplinati da appositi contratti di servizio da stipulare fra IF e Stato o Regioni sono prioritari rispetto agli altri servizi nelle fasce orarie pendolari. Le fasce orarie sono individuate dalle 6.00 alle 9.00 e dalle 17.00 alle 19.00”, “i servizi di trasporto merci internazionali ovvero effettuati su linee specializzate per tali servizi sono prioritari sull’intero percorso rispetto agli altri servizi nella fascia oraria dalle ore 22 alle ore 6” e infine “il servizio prioritario non potrà comunque, in presenza di altre richieste, saturare la capacità infrastrutturale, non costituendo la priorità un diritto di esclusiva.”

Pertanto, a livello teorico la soluzione migliore per le tracce orarie dei treni merci in arrivo/partenza dal Terminal è che queste si inseriscano nelle fasce 09 – 17 e 19 – 22 durante il giorno, evitando così le fasce 06 – 09 e 17 – 19 prioritarie per i treni regionali, e nella fascia notturna 22 – 06, in cui i servizi merci sono prioritari rispetto agli altri.

Nella pratica si procede ora con l’effettivo calcolo per la stima della capacità.

4.1.3. Calcolo della capacità

Esistono diverse metodologie per il calcolo effettivo della capacità di una linea ferroviaria. In questa sede si farà riferimento ai criteri stabiliti dall’U.I.C.¹⁶ nella fiche 405/R dell’1/1/1979; successivamente verrà presa in considerazione anche la specifica norma emanata da RFI, a titolo di confronto.

4.1.3.1. UIC

I criteri stabiliti dall’UIC sono i seguenti:

- individuazione della tratta critica (o “tratta limitatrice”) della linea ferroviaria, data dal tratto più lungo compreso tra due stazioni¹⁷ successive;
- calcolo della potenzialità della linea attraverso la formula

$$L = \frac{T}{t_{fm} + t_r + t_{zu}}$$

- dove
- L è la capacità espressa in numero di treni che possono circolare sulla linea nel periodo di riferimento T;
 - T è il periodo di riferimento, generalmente identificato dall’ora;
 - t_{fm} è l’intervallo minimo di tempo, misurato sulla tratta critica, intercorrente in media tra due treni che si susseguono;
 - t_r è il margine supplementare di tempo da attribuire a ciascuna successione di treni per evitare la propagazione di ritardi a cascata;
 - t_{zu} è un ulteriore margine che tiene conto delle altre tratte che oltre a quella critica costituiscono la linea in esame.

¹⁶ *Union International des Chemins de fer (International Railways Union).*

¹⁷ In questa sede per “stazione” si intende un impianto della linea in cui è possibile effettuare operazioni di movimento dei treni tra più binari. Da ciò segue che una stazione non effettua necessariamente servizio viaggiatori, come nel caso dei Posti di Movimento.

t_{fm} nella pratica, quindi, è dato dal tempo strettamente necessario a un treno per percorrere la tratta critica mentre t_r e t_{zu} sono margini addizionali necessari per tenere in conto di eventuali conflitti con treni precedenti o susseguenti e dei tempi di intervento dei sistemi di blocco.

In base all'esperienza registrata su diverse reti ferroviarie, l'UIC suggerisce i seguenti valori medi:

$t_r = 0,67 * t_{fm}$ per ottenere il valore della capacità media giornaliera o comunque per un intervallo abbastanza esteso nell'arco della giornata;

$t_r = 0,33 * t_{fm}$ per ottenere il valore della capacità nell'ora di punta massima giornaliera;

$t_{zu} = 0,25' * a$ dove a è il numero delle tratte di cui si compone la linea; nel caso di una linea a traffico misto (passeggeri e merci, con treni veloci e lenti) si può assumere il numero di sezioni di blocco¹⁸ in cui è suddivisa la tratta critica.

Si applica ora quanto visto al caso della Milano – Chiasso.

Per individuare la tratta limitatrice, si fa riferimento allo schema di linea estrapolato dal FL25 [30] (Fascicolo di Linea 25), considerando solo il tratto a nord di Seregno, per le osservazioni fatte nel paragrafo precedente.

¹⁸ Le linee ferroviarie sono suddivise in sezioni di blocco, su ognuna delle quali, ai fini della sicurezza della circolazione, può essere presente un solo treno per volta. Il concetto delle sezioni di blocco si rifà a quello del distanziamento, che consiste nella separazione spaziale dei treni, in modo da garantire sempre una certa distanza tra essi, ed è uno dei concetti alla base della circolazione ferroviaria, che a differenza della circolazione stradale non può essere basata sulla marcia a vista.

Grado di frenature	Velocità max Km/h DIRETTA				Grado di frenature	Velocità max Km/h DIRAMATA				Prog. Chilom.	LOCALITA' DI SERVIZIO
	A	B	C	P		A	B	C	P		
III	60	60	—	—						53,70	CHIASSO SMIST.
Ia2					V	80	90	95	95	9,50 50,76	CHIASSO Imbocco Gall.M.Olimp.2 Km 8,777 Imbocco Gall.M.Olimp.1 Km 49,888
		120	125	135	155					46,61	COMO S.GIOVANNI
I					I ₆					41,67	ALBATE C. Sb.Gall.M. Olimp.2 Km 1,568
		100	105	105	105	I	100	105	105	105	0,79 40,34
		120	125	135	135					37,33	Cucciago
		140	150	150	150					34,17	Cantù - C. Cippo Km 34,000
										31,76	Carimate
										27,90	Camnago
		130	140	140	140					Dev. I. 21,59	Seregno

Figura 4.1.D – Fiancata di linea Chiasso – Seregno. Fonte: [30]

Schematicamente, si ha pertanto la seguente situazione:

STAZIONE	STAZIONE	STAZIONE	FERMATA	STAZIONE	STAZIONE	STAZIONE	STAZIONE	FERMATA	FERMATA	BIVIO/P.C.	STAZIONE
MI Greco-Pirelli	Sesto S.Giovanni	Monza	Lissone	Desio	Seregno	Camnago	Carimate	Cantù-Cermenate	Cuggiagio	Rosales	Chiasso
			16,34					34,17	37,33		
Progr.	Progr.	Progr.	Progr.	Progr.	Progr.	Progr.	Progr.	Progr.	Progr.		Progr.
3,35	7,06	11,93		18,43	21,59	27,90	31,76			40,34	49,84
Distanze parziali		3,710	6,500		6,310		8,580			9,500	
		4,870		3,160		3,860					
GALLERIA MONTE OLIMPINO II											

Figura 4.1.E – Stazioni e distanze parziali della Milano – Chiasso

Si sottolinea che le distanze parziali sono state riportate solo tra le effettive stazioni, escludendo quindi le fermate (in cui non si possono effettuare operazioni di precedenza). Inoltre, benché non si tratti di stazione o Posto di Movimento, è stato incluso anche il Bivio/Posto di Comunicazione Rosales, da cui si dirama il tratto di linea passante per Como (si veda la Figura 4.1.D).

La tratta critica è a livello teorico data dagli 8,58 km + 9,50 km compresi tra la stazione di Carimate e la stazione di Chiasso; tuttavia è necessario considerare che tra Bivio/P.C. Rosales e Chiasso vi è la galleria Monte Olimpino II, che copre quasi interamente i 9,5 km inclusi. Tale tratta non sarebbe pertanto spezzabile, per vincoli infrastrutturali.

Pertanto la tratta limitatrice risulta essere compresa tra Carimate e Bivio/P.C. Rosales e lunga 8,58 km; nel caso in cui si voglia aumentare la capacità della linea sarebbe pertanto necessario inserire un Posto di Movimento intermedio tra le due località, in modo da spezzare la tratta.

Per quanto riguarda il calcolo di t_{fm} (e conseguentemente degli altri termini dell'equazione), è necessario tenere in conto delle caratteristiche cinematiche dei treni e delle caratteristiche infrastrutturali della linea (in particolare, la lunghezza media delle sezioni di blocco e la velocità massima).

Inoltre è opportuno considerare le diverse categorie di treni, che in base alle caratteristiche di marcia hanno tempi di percorrenza differenti, e quindi t_{fm} distinti. A tal proposito, si considerano quattro categorie: treni passeggeri senza fermata (PAX NO STOP), treni passeggeri con fermata (PAX STOP), treni merci senza fermata (PAX NO STOP) e treni merci con fermata¹⁹ (MERCİ STOP).

Caratteristiche cinematiche dei treni		
Accelerazione media	PAX	0,3 m/s ²
	MERCİ	0,2 m/s ²
Decelerazione media	PAX	0,15 m/s ²
	MERCİ	0,1 m/s ²

Tabella 4.1.A – Caratteristiche cinematiche dei treni

Caratteristiche infrastrutturali		
Lunghezza media sezioni di blocco		1350 m
Velocità massima	Rango A ²⁰	100 km/h
	Rango B	105 km/h
	Rango C	105 km/h

Tabella 4.1.B – Caratteristiche infrastrutturali

In Tabella 4.1.A si può osservare che si considerano distinti valori di accelerazione e decelerazione per i treni passeggeri e per i treni merci; in particolare, per questi ultimi si hanno valori inferiori rispetto a quelli dei treni passeggeri, poiché tipicamente la massa rimorchiata da una locomotiva di un treno merci è maggiore e pertanto a parità di forza motrice l'accelerazione è minore.

In Tabella 4.1.AB, invece, sono state riportate le velocità più restrittive del tratto Carimate – Bivio/P.C. Rosales. Dal Fascicolo di Linea, Figura 4.1.D, si osserva infatti che in tale tratto la velocità massima non è costante ma cambia più di una volta; prendendo come riferimento la velocità minore di tutto il tratto si ha in tal modo la situazione maggiormente limitante in termini di occupazione della tratta e di capacità (infatti minore è la velocità, maggiore è il tempo di percorrenza e di conseguenza anche il t_{fm}).

Per i treni merci la velocità di riferimento è quella in rango A, mentre per i treni passeggeri è quella in rango B o C a seconda delle caratteristiche del materiale rotabile; in questo caso non è necessario fare ulteriori distinzioni dal momento che rango B e C hanno lo stesso limite di velocità.

¹⁹ In questa categoria rientrano treni merci con fermata con lo scopo di dare precedenza a treni più rapidi e treni merci aventi come capolinea una delle stazioni della tratta considerata.

²⁰ Per rango di velocità si intende la velocità a cui può viaggiare un treno su un tratto di linea a seconda delle caratteristiche del materiale rotabile. Il rango A è il limite più basso, mentre il rango C è il maggiore.

- PAX STOP e MERCI STOP

Nei calcoli sono stati utilizzati i valori medi di accelerazione (a) e decelerazione (d) presentati in Tabella 4.1.A, pertanto si ipotizza un moto uniformemente accelerato (e decelerato), per quanto si tratti di un'approssimazione di quanto avvenga nella realtà. Si ricorda che LM = 8,58 km.

		PAX	MERCI
Tempo medio per il raggiungimento di V max (TAC)	$t = v/a$	146 s	278 s
Spazio medio per il raggiungimento di V max (SAC)	$s = a*t^2/2$	2.127 m	3.858 m
Tempo medio per l'arresto (TDC)	$t = v/d$	97 s	185 s
Spazio medio per l'arresto (SDC)	$s = d*t^2/2$	1.418 m	2.572 m
Spazio a velocità massima (SVM)	$SVM = LM - SAC - SDC$	5.035 m	2.150 m
Tempo di percorrenza a velocità massima (TVM)	$TVM = SVM / Vmax$	173 s	77 s
Tempo di percorrenza della tratta LM	TP = TVM + TAC + TDC	416 s	540 s

Tabella 4.1.C – Tempi di percorrenza per treni PAX e MERCI STOP

- PAX e MERCI NO STOP

In questo caso si è tenuta l'ipotesi di moto rettilineo uniforme (regime regolato con mantenimento della velocità massima), per cui il tempo di percorrenza TP è dato dal rapporto tra la lunghezza della tratta critica (8,58 km) e la velocità di percorrenza.

Tempo di percorrenza della tratta LM	TP = LM / Vmax	294 s	309 s
---------------------------------------------	-----------------------	--------------	--------------

Tabella 4.1.D – Tempi di percorrenza per treni PAX e MERCI NO STOP

I tempi "TP" calcolati sono, di fatto, i t_{fm} per le quattro categorie di treni considerate; tuttavia, prima di applicare la formula proposta dall'UIC per calcolare la potenzialità, sono necessarie alcune ulteriori considerazioni.

Innanzitutto è necessario calcolare il t_{fm} ponderato sulla base della composizione del traffico ferroviario, cioè sulle ripartizioni tra le quattro categorie rispetto al totale dei treni. Questo passaggio tiene conto del fatto che nella realtà il traffico è quasi sempre di tipo misto (circolazione eterotachica), con treni delle diverse categorie circolanti nello stesso periodo di riferimento (ad esempio l'ora), e di conseguenza si possono generare situazioni di conflitto tra i diversi servizi.

Oltre a questo, si deve stabilire la ripartizione del servizio nell'arco di un giorno, identificando le ore di punta per ciascuna categoria e le eventuali ore (o fasce orarie) in cui circola solamente una specifica categoria di treni.

Sulla base dell'orario attualmente in vigore sulla linea nel tratto Seregno – Chiasso, è possibile fare riferimento alla seguente ripartizione tra servizi:

- PAX NO STOP: treni Eurocity di Trenitalia/SBB sulla direttrice Milano – Zurigo e treni RegioExpress di Trenord sulla relazione Milano – Bellinzona;
- PAX STOP: treni suburbani di Trenord della linea S11 Milano – Como – Chiasso;
- MERCI NO STOP: la maggioranza dei treni merci in circolazione sulla linea;
- MERCI STOP: alcuni treni merci con precedenza programmata lungo la linea e treni merci con capolinea in una stazione della linea (in questo caso, Carimate).

Categoria		Ripartizione	
PAX	NO STOP	35%	60%
	STOP	65%	
MERCİ	NO STOP	90%	40%
	STOP	10%	

Tabella 4.1.E – Ripartizione dei treni in categorie

I tempi ponderati che si ottengono sono i seguenti.

- t_{fm} per treni passeggeri, ponderato sulla ripartizione tra treni NO STOP e STOP:

$$t_{fm_PAX} = TP_{PAX_NO\ STOP} * 35\% + TP_{PAX_STOP} * 65\% = 294 * 35\% + 416 * 65\% = 373\ s$$

- t_{fm} per treni merci, ponderato sulla ripartizione tra treni NO STOP e STOP:

$$t_{fm_MERCİ} = TP_{MERCİ_NO\ STOP} * 90\% + TP_{MERCİ_STOP} * 10\% = 309 * 90\% + 540 * 10\% = 332\ s$$

t_{fm} per circolazione mista, ponderato sulla ripartizione tra treni passeggeri e merci:

$$t_{fm_MISTO} = t_{fm_PAX} * 60\% + t_{fm_MERCİ} * 40\% = 373 * 60\% + 332 * 40\% = 357\ s$$

La ripartizione giornaliera del servizio è invece ipotizzata in Tabella 4.1.F, con le seguenti assunzioni:

- 2 ore notturne (2-3 e 3-4) sono dedicate alla manutenzione della linea;
- le fasce 6-9 e 17-20 sono considerate di punta per i treni passeggeri, tuttavia circola comunque anche un esiguo numero di treni merci²¹, pertanto per tali fasce si utilizza t_{fm_MISTO} e $t_r = 0,33 * t_{fm_MISTO}$;
- nel periodo 4-6 circolano solo treni merci (a circolazione mista, con e senza fermata) e viene considerata come fascia di punta merci, per cui si utilizza $t_{fm_MERCİ}$ e $t_r = 0,33 * t_{fm_MERCİ}$;
- per le rimanenti 14 ore a circolazione mista si utilizza t_{fm_MISTO} e $t_r = 0,67 * t_{fm_MISTO}$.

Ripartizione giornaliera del servizio	
Ore in cui circolano solo treni PAX (misti)	6
Ore in cui circolano solo treni MERCİ (misti)	2
Ore a circolazione mista PAX+MERCİ	14
Ore giornaliere di circolazione	22

Tabella 4.1.F – Ripartizione giornaliera del servizio

²¹ Visto il ruolo fondamentale della Milano – Chiasso nei collegamenti internazionali verso la Svizzera e il nord Europa, il traffico merci ha, di fatto, un arco di servizio ampio e quasi ininterrotto per tutto il giorno e presente anche nelle ore di punta del traffico passeggeri.

Applicando quindi la formula $L = \frac{T}{t_{fm} + t_r + t_{zu}}$ si hanno i risultati in Tabella 4.1.G. Nel calcolo di t_{zu} ($t_{zu} = 0,25' * a$) il fattore a è pari al numero di sezioni di blocco che costituiscono la tratta critica, per cui sapendo che la lunghezza media delle sezioni è 1.350 metri, si ha che $a = 8.580 \text{ m} / 1.350 \text{ m} = 7$.

Tipo di circolazione	T (s)	t_{fm} (s)	t_r (s)	t_{zu} (s)	L (treni/ora)
Circolazione mista merci+passengeri (ora di punta)	3600	357	123	105	6,21
Circolazione mista merci+passengeri (restanti ore)			239		5,14
Circolazione solo merci		332	110		6,59

Tabella 4.1.G – Potenzialità oraria della tratta Carimate – Bivio Rosales

I valori di potenzialità ottenuti non sono stati arrotondati, in quanto si procede arrotondando il numero effettivo di treni nell'arco della giornata:

Tipo di circolazione	L (treni/ora)	Ore	L (treni/fascia oraria)	L (treni/giorno)
Circolazione mista merci+passengeri (ora di punta)	6,21	6	37	121
Circolazione mista merci+passengeri (restanti ore)	5,14	14	71	
Circolazione solo merci	6,59	2	13	

Tabella 4.1.H – Potenzialità giornaliera della tratta Carimate – Bivio Rosales

La tratta critica tra Carimate e Bivio/P.C. Rosales, e di conseguenza tutta la linea ferroviaria, ha quindi una potenzialità di 121 treni/giorno per direzione, e tenendo conto del doppio binario si ottengono complessivamente **242 treni/giorno**.

A questo punto è necessario confrontare il valore ottenuto con il numero di treni attualmente previsti in orario, per verificare qual è l'attuale grado di saturazione e l'effettiva capacità residua, ovvero quanti treni è ancora possibile inserire.

Sulla base dei dati ottenuti da RFI²² si è ricostruito l'orario grafico²³ che permette di visualizzare agevolmente il traffico esistente sulla linea. È da sottolineare che l'orario raggruppa tutti i treni circolanti dal lunedì alla domenica senza tenere in conto della periodicità (circolazione giornaliera, feriale, solo in alcuni giorni della settimana, etc.) in tale modo è possibile identificare tutte le tracce orarie attualmente utilizzate e, contestualmente, quelle ancora libere.

Per il confronto con la potenzialità calcolata, si riportano Tabella 4.1.I i treni in circolazione in un giorno feriale, suddivisi nelle 24 ore del giorno (si esclude la domenica in quanto circolano meno treni). Tali dati si riferiscono alla media settimanale, in quanto non si ha esattamente lo stesso numero di treni ogni giorno: questo vale per i treni passeggeri, la maggior parte dei quali viaggia con frequenza giornaliera, mentre invece varia per i treni merci.

²² RFI, in qualità di gestore dell'infrastruttura, è l'organo che assegna le tracce orarie; pertanto i dati forniti raggruppano l'orario dei servizi di tutte le imprese ferroviarie che operano sulla linea e che hanno appunto richiesto l'assegnazione delle tracce per far circolare i propri treni.

²³ Diagramma cartesiano con le ore sulle ascisse e gli spazi e le stazioni sulle ordinate in cui le tracce orarie sono rappresentate mediante linee spezzate.

TRENI IN CIRCOLAZIONE – MEDIA SETTIMANALE (LUNEDÌ – SABATO)													
Ora	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	
PAX NO STOP	0	0	0	0	0	0	1	3	3	1	1	1	
PAX STOP	1	1	0	0	0	1	3	4	4	3	4	4	
MERCI NO STOP	0	0	0	0	1	12	3	1	2	2	1	5	
MERCI STOP	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	
TOT	1	1	0	0	1	13	8	8	9	7	7	10	
Ora	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	TOT
PAX NO STOP	2	4	2	2	3	3	3	4	2	1	1	1	38
PAX STOP	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	72
MERCI NO STOP	4	1	2	2	3	4	5	4	3	4	4	9	72
MERCI STOP	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	6
TOT	10	9	8	8	11	12	12	13	9	9	9	13	188

Tabella 4.1.I – Treni in circolazione in un giorno feriale sulla base dell'orario attuale

Una prima considerazione può essere fatta osservando il dato complessivo di treni circolanti, cioè **188 treni/giorno**. Tale valore è inferiore a quello calcolato per la potenzialità della linea (**242 treni/giorno**) e pertanto, in prima approssimazione, si può affermare che la linea non è saturata e che è in grado di sostenere un traffico aggiuntivo di ulteriori 54 treni/giorno.

Facendo però riferimento alle indicazioni riportate da RFI nel PIR riguardo al grado di saturazione (cfr. Figure 4.1.A-B-C), è opportuno fare un ulteriore confronto tra i 188 treni/giorno e il 75% della potenzialità della linea (se il grado di saturazione è infatti maggiore del 75% la linea sarebbe da considerare prossima alla saturazione).

$$75\% * 242 \text{ treni/giorno} = \mathbf{182 \text{ treni/giorno} < 188 \text{ treni/giorno}}$$

Effettivamente risulta quindi che la linea non è saturata, ma avendo un grado di saturazione maggiore del 75% è da considerarsi prossima alla saturazione.

È inoltre possibile fare un confronto più in dettaglio comparando il numero di treni circolanti per ogni ora con la potenzialità oraria, distinta per le diverse fasce. Dalla Tabella 4.1.G si riprendono i valori della potenzialità oraria (L treni/giorno), riferiti a una sola direzione e che vengono quindi moltiplicati per 2 (linea a due binari):

Circolazione mista merci+passengeri (ora di punta): $6,21 \text{ treni/ora} * 2 = 12,42 \approx \mathbf{12 \text{ treni/ora}}$

Circolazione mista merci+passengeri (restanti ore): $5,14 \text{ treni/ora} * 2 = 10,28 \approx \mathbf{10 \text{ treni/ora}}$

Circolazione solo merci: $6,59 \text{ treni/ora} * 2 = 13,18 \approx \mathbf{13 \text{ treni/ora}}$

GRADO DI UTILIZZO – MEDIA SETTIMANALE (LUNEDÌ – SABATO)												
Ora	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
Treni circolanti TOTALI	1	1	0	0	1	13	8	8	9	7	7	10
Ora	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
Treni circolanti TOTALI	10	9	8	8	11	12	12	13	9	9	9	13

Tabella 4.1.J – Grado di utilizzo in un giorno feriale su base oraria

Da tale confronto emerge che in alcune ore della giornata la capacità stimata viene uguagliata o anche superata (come tra le 19 e le 20 o tra le 23 e le 24).

Questo risultato è da tenere in conto per l'eventuale inserimento di parte dei 54 treni/giorno che rappresentano la capacità residua della linea: questi nuovi treni potrebbero essere aggiunti solamente in alcune ore della giornata, ovvero quelle che singolarmente hanno ancora capacità residua.

Una possibile soluzione alla limitata capacità residua della linea è lo spezzamento della tratta critica di 8,58 km tra Carimate e Bivio/P.C. Rosales mediante l'inserimento di un Posto di Movimento intermedio.

Supponendo che tale Posto di Movimento si inserisca in posizione equidistante dalla stazione di Carimate e dal Bivio/P.C. Rosales, si avrebbe la situazione rappresentata in Figura 4.1.F.

STAZIONE	STAZIONE	STAZIONE	FERMATA	STAZIONE	STAZIONE	STAZIONE	STAZIONE	FERMATA	Nuovo P.M.	FERMATA	BIVIO/P.C.	STAZIONE
MI Greco-Pirelli	Sesto S.Giovanni	Monza	Lissone	Desio	Seregno	Camnago	Carimate	Cantù-Ceremate	-	Cuggiagio	Rosales	Chiasso
Progr.	Progr.	Progr.	Progr.	Progr.	Progr.	Progr.	Progr.	Progr.	Progr.	Progr.		Progr.
3,35	7,06	11,93	16,34	18,43	21,59	27,90	31,76	34,17	36,05	37,33	40,34	49,84
GALLERIA MONTE OLIMPINO II												
Distanze parziali	3,710	4,870	6,500	3,160	6,310	3,860	4,290	4,290	9,500			

Figura 4.1.F – Stazioni e distanze parziali della Milano – Chiasso con nuovo P.M. intermedio

In tal modo la tratta critica si identificherebbe tra Monza e Desio, per una lunghezza di 6,5 km. Tale tratto è a valle rispetto al tratto di interesse (Seregno – Chiasso), ma è in ogni caso condizionante per la capacità dell'intera linea.

Si applica nuovamente il procedimento dell'UIC illustrato precedentemente; valgono le stesse assunzioni per quanto riguarda le caratteristiche cinematiche dei treni, la ripartizione del traffico in categorie e la ripartizione nell'arco della giornata. I dati di input che invece cambiano sono relativi all'infrastruttura, e in particolare alla velocità di fiancata del tratto Monza – Seregno e al numero di sezioni di blocco incluse.

Caratteristiche infrastrutturali		
Lunghezza tratta critica		6500 m
Lunghezza media sezioni di blocco		1350 m
Sezioni di blocco		5
Velocità massima	Rango A	130 km/h ²⁴
	Rango B	140 km/h
	Rango C	140 km/h

Tabella 4.1.K – Caratteristiche infrastrutturali del tratto Monza – Desio

Nelle Tabella 4.1.L e Tabella 4.1.M si riassumono i risultati.

Tempi di percorrenza (TP e t_{fm})		
$TP_{NO\ STOP}$	PAX	329 s
	MERCI	465 s
TP_{STOP}	PAX	167 s
	MERCI	234 s
t_{fm_PAX}		272 s
t_{fm_MERC}		257 s
t_{fm_MISTO}		266 s

Tabella 4.1.L – Tempi di percorrenza del tratto Monza – Desio

Tipo di circolazione	T (s)	t_{fm} (s)	t_r (s)	t_{zu} (s)	L (treni/ora)	L (treni/fascia)
Circolazione mista merci+passaggeri (ora di punta)	3600	266	88	75	8,39	50
Circolazione mista merci+passaggeri (restanti ore)			178		6,93	96
Circolazione solo merci		257	85		8,63	17
					TOTALE	163

Tabella 4.1.M – Potenzialità oraria e giornaliera del tratto Monza – Desio

Il risultato dello spezzamento della tratta Carimate – Bivio Rosales porta pertanto ad avere una potenzialità giornaliera di **163 treni/giorno** per direzione, e quindi **326 treni/giorno** complessivi, con un incremento effettivo del 26% rispetto alla situazione originale.

Confrontando i 188 treni/giorno previsti attualmente in circolazione con il valore di potenzialità ottenuto, risulta disponibile una capacità residua di 138 treni/giorno, mentre in termini di grado di saturazione la linea risulta essere satura al 58%, pertanto ben al di sotto della soglia di prossimità alla saturazione del 75%.

Infine, rimane il confronto di dettaglio con il numero di treni circolanti per ogni ora con la potenzialità oraria, distinta per le diverse fasce.

²⁴ Nonostante la velocità massima in rango A sia 130 km/h, si utilizza nei calcoli il valore di 100 km/h, che è il valore mantenuto in media dai treni merci per questioni legate alle caratteristiche dei carri rimorchiati.

Circolazione mista merci+passengeri (ora di punta): $8,39 \text{ treni/ora} * 2 = 16,78 \approx \mathbf{16 \text{ treni/ora}}$

Circolazione mista merci+passengeri (restanti ore): $6,93 \text{ treni/ora} * 2 = 13,86 \approx \mathbf{13 \text{ treni/ora}}$

Circolazione solo merci: $8,63 \text{ treni/ora} * 2 = 17,26 \approx \mathbf{17 \text{ treni/ora}}$

GRADO DI UTILIZZO – MEDIA SETTIMANALE (LUNEDÌ – SABATO)												
Ora	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
Treni circolanti TOTALI	1	1	0	0	1	13	8	8	9	7	7	10
Ora	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
Treni circolanti TOTALI	10	9	8	8	11	12	12	13	9	9	9	13

Tabella 4.1.N – Grado di utilizzo in un giorno feriale su base oraria

A differenza del caso precedente, solamente nell'ora tra le 23 e le 24 la capacità residua risulta nulla, mentre nel resto della giornata non si raggiunge mai il valore massimo di capacità.

In conclusione, è dunque possibile affermare che la linea allo stato attuale non è saturata e pertanto l'inserimento di nuovi treni è possibile, fino al tetto massimo di 54 treni/giorno; tuttavia tenendo del grado di saturazione attuale risulta che la linea è prossima alla saturazione e pertanto l'aggiunta di altri treni, anche se fattibile, aggraverebbe la situazione.

L'aumento di capacità è ottenibile attraverso lo spezzamento del tratto più limitante; questa soluzione consente di eliminare il problema della prossimità alla saturazione, grazie alla possibilità di inserire ulteriori 138 treni/giorno rispetto agli attuali.

4.1.3.2. RFI

Si riporta ora, a titolo di confronto, la specifica norma interna emanata da RFI [31] per il calcolo della capacità. Nel documento si sottolinea che la capacità dipende, oltre che dalle caratteristiche infrastrutturali, anche dal tipo di traffico e dai livelli di qualità desiderati e, prima del calcolo della capacità oraria effettiva, si prevede il calcolo della capacità oraria teorica, definita come:

$$C_{\text{teorica}} = N \cdot \frac{60}{D_n}$$

dove N è il numero di binari e D_n è il distanziamento in minuti dedotto dal tempo di sblocco alla velocità in rango A.

La capacità teorica si riferisce al caso di circolazione rigidamente omotachica, dove cioè tutti i treni hanno la medesima velocità commerciale e non vi sono quindi interferenze tra treni veloci e lenti. Pertanto, per tenere in conto anche del caso più comune di circolazione eterotachica, si applica un coefficiente, variabile in base al numero di livelli di servizio esistenti:

$$K_1 = \begin{cases} 1,0 & \text{per un unico livello di velocità commerciale (omotachia)} \\ 1,3 & \text{per due-tre livelli di velocità commerciale} \\ 1,5 & \text{per quattro o più livelli di velocità commerciale} \end{cases}$$

$$C_{\text{effettiva}} = \frac{C_{\text{teorica}}}{K_1}$$

Nel caso della Milano – Chiasso, i dati di input sono i seguenti.

Numero di binari = 2

Distanziamento = 5 minuti ²⁵

Segue che la capacità teorica è:

$$C_{\text{teorica}} = N \cdot \frac{60}{D_n} = 2 \cdot \frac{60}{5} = 24 \text{ treni/ora}$$

Il coefficiente da applicare per ottenere la capacità effettiva è 1,5 , corrispondente al caso di quattro livelli di servizio (analogamente alle quattro categorie identificate nel paragrafo precedente).

Segue che la capacità effettiva è:

$$C_{\text{effettiva}} = \frac{C_{\text{teorica}}}{K_1} = \frac{24}{1,5} \cong 16 \text{ treni/ora}$$

da cui, tenendo conto di 22 ore di esercizio, si ottiene una capacità giornaliera di 352 treni/giorno.

Il valore ottenuto è nettamente più alto rispetto a quello calcolato con il metodo dell’UIC: ciò si spiega col fatto che la norma di RFI identifica un unico valore di intervallo di tempo tra due treni susseguenti (D_n) per tutti i treni senza distinzione, a differenza dei tempi t_{fm} distinti in base al tipo di circolazione; inoltre la distinzione tra categorie di treni (inglobata nel coefficiente K_1) è sommaria e non permette di tenere in conto dell’effettiva composizione del traffico né della ripartizione nell’arco della giornata, per cui il valore di capacità risultante è unico e non distinto in base alla fascia oraria.

In conclusione, il metodo di RFI è sicuramente più speditivo, ma allo stesso tempo più approssimato rispetto ai criteri dell’UIC.

²⁵ Il valore indicato è stato estrapolato dalle Specifiche Tecniche d’Orario emanate dal COER (Centro Operativo Esercizio Rete) del compartimento di Milano, a cui fa capo anche la linea Milano – Chiasso. Le Specifiche Tecniche sono “intervalli minimi da programmare tra l’utilizzo di un binario da parte di una circolazione e l’utilizzo da parte della circolazione successiva” [32], vengono calcolate sulla base delle caratteristiche della linea in termini di segnalamento, e conseguentemente di rango (da cui segue la definizione di D_n precedentemente data) e comprendono anche i margini di regolarità, intesi come tempi aggiuntivi per tutelare la stabilità dell’orario e non propagare ritardi ai treni successivi in caso di irregolarità nella marcia.)

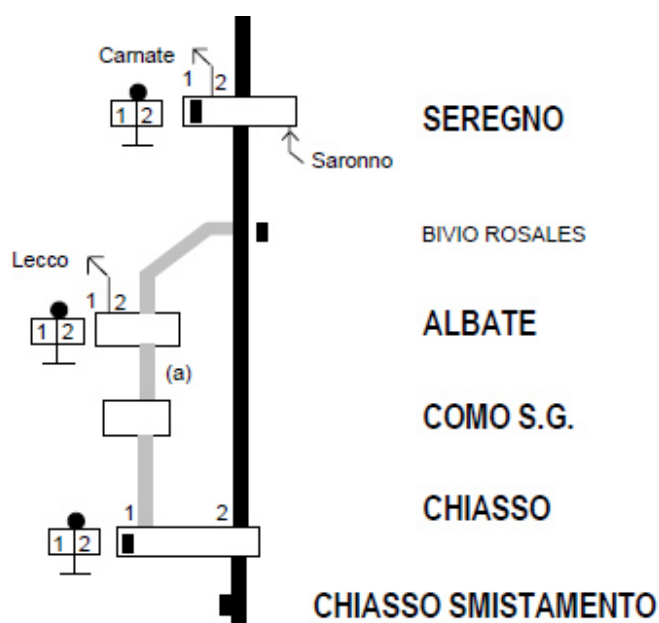
4.2. CARATTERISTICHE DI ESERCIZIO DEI TRENI

Per poter circolare senza restrizioni su una determinata linea, un treno deve soddisfare una serie di requisiti legati alle caratteristiche dei veicoli che lo costituiscono e a quelle dell'infrastruttura; in mancanza di uno o parte di tali requisiti, RFI può autorizzare comunque la circolazione a patto di rispettare alcune restrizioni (ad esempio, una diminuzione di velocità rispetto alla massima teorica che il treno potrebbe mantenere se rispettasse tutti i requisiti), mentre possono sussistere alcune condizioni per le quali la circolazione di alcuni mezzi risulti totalmente interdetta.

Pertanto, verranno di seguito analizzate le caratteristiche di esercizio dei treni merci in arrivo e partenza dal nuovo Terminal, sia in relazione alla tipologia di carri utilizzati per il trasporto combinato accompagnato e non, sia per quanto riguarda le caratteristiche infrastrutturali della linea Milano – Chiasso.

4.2.1. Caratteristiche infrastrutturali

Le informazioni necessaria sono tratte dal PIR [29], dal FL25 [30] e dalla PGOS (Prefazione Generale all'Orario di Servizio) [33].



Si ricorda che nel tratto settentrionale, dopo il Bivio/Posto di Comunicazione Rosales, la linea presenta due itinerari per raggiungere Chiasso: l'itinerario storico, passante per la stazione di Como S. Giovanni e per la galleria Monte Olimpino 1, e l'itinerario operativo dal 1992 attraverso la galleria Monte Olimpino 2, che consente di evitare Como e, soprattutto, la pendenza del 18‰ della livelletta tra Chiasso e Como S. Giovanni. Il traffico merci viene totalmente instradato via Monte Olimpino 2 e pertanto si terranno in conto solamente le caratteristiche del secondo itinerario.

Figura 4.2.A – Tratto di linea Seregno – Chiasso, con la linea diretta via Monte Olimpino 2 (in nero) e la linea via Como-Monte Olimpino 1 (in grigio). Fonte: [30]

CARATTERISTICHE INFRASTRUTTURALI DEL TRATTO SEREGNO – CHIASSO		
1) Velocità di fiancata (Rango A)	100 km/h	È il valore di velocità massima più restringente, relativo alla tratta Carimate – Bivio Rosales. Si considera il rango A in quanto è quello di riferimento per i treni merci.
2) Grado di prestazione massimo	10	Parametro connesso alle resistenze al moto e dipendente dalle caratteristiche plano-altimetriche (da 1, per tratti pianeggianti e rettilinei, a 31, per tratti acclivi e tortuosi). Determina la prestazioni della linea in termini di circolabilità delle locomotive e del numero di veicoli rimorchiabili. Valore relativo al tratto di linea Bivio Rosales – Chiasso.
3) Ascesa massima	12‰	Pendenza massima, inclusa nella tratta Bivio Rosales – Chiasso.
4) Grado di frenatura massimo	III	Parametro riferito alla pendenza della linea e necessario per la determinazione della velocità massima di un treno, a seconda della percentuale di massa frenata ²⁶ dei veicoli che lo costituiscono. Valore relativo al tratto di linea Bivio Rosales – Chiasso
5) Modulo di linea	600 m	Lunghezza massima di un treno per l'effettuazione di precedenza.
6) Categoria limite di carico	D4	Parametro relativo al peso assiale massimo ammesso a circolare sulla linea. La categoria D4 è la massima esistente, corrispondente a 22,5 t/asse.
7) Codifica trasporto combinato	P/C 60/390	Codifica per la circolazione di casse mobili e semirimorchi.

Tabella 4.2.A – Caratteristiche infrastrutturali della Milano – Chiasso tra Seregno e Chiasso

Per quanto riguarda la codifica del trasporto combinato, si è già parlato nel capitolo introduttivo delle limitazioni per le quali le UTI di ultima generazione non hanno dimensioni compatibili con le codifiche inferiori alla P/C 80/410; per questo aspetto, di fatto, lo stato attuale della Milano – Chiasso presenta dei vincoli non indifferenti per il traffico combinato, vincoli che però saranno risolti grazie agli interventi sull'infrastruttura cofinanziati dalla Confederazione Elvetica.

²⁶ La percentuale di massa frenata è data dal rapporto tra la massa reale e la massa frenata dei veicoli che compongono un treno. La massa frenata esprime l'efficacia dell'impianto frenante. La combinazione tra percentuale di massa frenata e grado di frenatura determina la massima velocità che il treno può raggiungere, con la garanzia di poter frenare e arrestarsi negli spazi previsti dal regime di circolazione.

LINEE FS CODIFICATE PER IL TRAFFICO COMBINATO DELLE CASSE MOBILI E DEI SEMIRIMORCHI CON LARGHEZZA MASSIMA DI 2500 MM

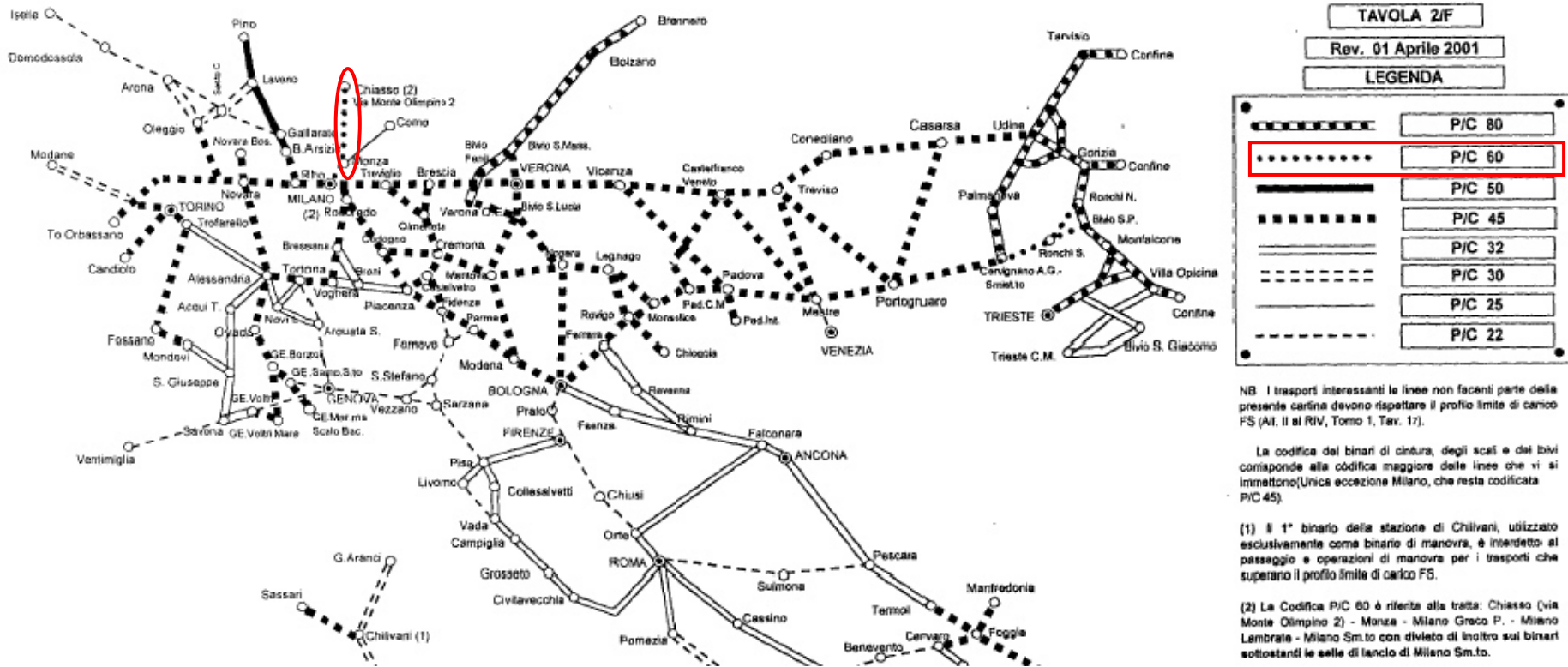


Figura 4.2.B – Codifica Traffico Combinato su rete RFI (stralcio della planimetria allegata al PIR) per larghezze fino a 250 cm
La Milano – Chiasso è evidenziata in rosso. Dati estratti dal PIR e da [34]

LINEE FS CODIFICATE PER IL TRAFFICO COMBINATO DELLE CASSE MOBILI E DEI SEMIRIMORCHI CON LARGHEZZA MASSIMA DI 2600 MM



TAVOLA 2/G
Rev. 01 Aprile 2001
LEGENDA

	P/C 410
	P/C 390
	P/C 364
	P/C 351
	P/C 349
	P/C 341

NB: I trasporti interessanti le linee non facenti parte della presente cartina devono rispettare il profilo limite di carico FS (At. II al RIV, Tomo 1, Tav. 17).

La codifica dei binari di cintura, degli scali e dei bivi corrisponde alla codifica maggiore delle linee che vi si immettono (Unica eccezione Milano, che resta codificata P/C 364).

(1) Il 1° binario della stazione di Chivari, utilizzato esclusivamente come binario di manovra, è interdetto al passaggio e operazioni di manovra per i trasporti che superano il profilo limite di carico FS.

(2) La Codifica P/C 390 è riferita alla tratta: Chiasso (via Monte Olimpino 2) - Monza - Milano Greco P. - Milano Lambrate - Milano Smlto con divieto di ingresso sui binari sottostanti le sale di lancio di Milano Smlto.

Figura 4.2.C – Codifica Traffico Combinato su rete RFI (stralcio della planimetria allegata al PIR) per larghezze tra 250 cm e 260 cm
La Milano – Chiasso è evidenziata in rosso. Dati estratti dal PIR e da [34]

Nel caso in esame, la Milano – Chiasso è codificata P/C 60/390 , che in termini applicativi si traduce nel seguente modo (si vedano anche le Figure 4.2.B-C):

UTI	Larghezza	Altezza rispetto al piano di carico ²⁷
Containers e casse mobili (C)	250 cm – 260 cm	305 cm
Semirimorchi (P)	250 cm – 260 cm	390 cm

Tabella 4.2.B – Dimensioni della codifica P/C 60/390

Come si è già osservato nel capitolo 2 (par. 2.3.2.2. Tabella 2.3.E) e come si può vedere anche nelle planimetrie del PIR la codifica più alta è la P/C 80/410, a cui corrispondono le seguenti misure:

UTI	Larghezza	Altezza rispetto al piano di carico
Containers e casse mobili (C)	250 cm – 260 cm	325 cm
Semirimorchi (P)	250 cm – 260 cm	410 cm

Tabella 4.2.C – Dimensioni della codifica P/C 80/410

La Milano – Chiasso ha quindi caratteristiche infrastrutturali che in parte ne limitano la codifica ad un livello inferiore rispetto al massimo²⁸. Pertanto, focalizzando l'attenzione sui semirimorchi, non risulta possibile il trasporto dei i semirimorchi di maggiori dimensioni attualmente in circolazione, aventi un'altezza di 400 cm dalla ruota allo spigolo superiore, ma solo di semirimorchi tradizionali con altezza fino a 390 cm.

4.2.2. Materiale rotabile

Per il trasporto dei semirimorchi esistono particolari carri dotati di pianale ribassato, che consentono l'alloggiamento delle ruote del semirimorchio. Il compito principale di tali carri, detti anche "carri tasca" o poche (dalla terminologia francese) per la particolare geometria [35], è quello di consentire il trasporto dei semirimorchi rispettando la codifica delle linee.



Figura 4.2.D – Esempio di carro tasca con semirimorchio. Fonte: [36]

²⁷ Si ricorda che il piano di carico è fissato a +33 cm dal piano del ferro per i semirimorchi e a +117,5 cm per container e casse mobili.

²⁸ I limiti infrastrutturali sono dati dalla galleria di Monza, che tuttavia è esclusa dal tratto Seregno – Chiasso in esame, e dalla galleria di Cucciago, inclusa tra Seregno e Bivio Rosales. La galleria Monte Olimpino 2 ha invece un *gabarit* compatibile con la codifica P/C 80/410.



Figura 4.2.E – Dettaglio della tasca. Fonte: [36]

I carri tasca sono entrati in circolazione dagli anni '70 e nel corso degli anni hanno subito diversi interventi con lo scopo di migliorarne la funzionalità: in particolare le migliorie più significative hanno riguardato l'abbassamento del pianale da +33 cm sul piano del ferro a +27 cm, in modo da guadagnare 6 cm in altezza, e la modifica alla geometria del carro per consentire l'alloggiamento dei semirimorchi di tipo Megatrailers (aventi un diametro delle ruote minore rispetto ai semirimorchi tradizionali, per cui la parte inferiore del telaio occupa parte della tasca del carro).

Le diverse tipologie di carri esistenti si differenziano pertanto per il tipo di semirimorchi che possono trasportare. Sia i carri sia i semirimorchi sono codificati, hanno cioè un codice che permette di identificare agevolmente la compatibilità tra il semirimorchio e il carro; chiaramente la condizione ultima per la circolabilità è che sia rispettata la codifica della linea ferroviaria da percorrere.

È opportuno specificare che il caricamento dei semirimorchi sui carri poche può avvenire esclusivamente attraverso la movimentazione verticale e pertanto su questi carri si possono trasportare teoricamente²⁹ solo i semirimorchi intermodali, ovvero quelli dotati di feritoie agli spigoli inferiori per consentire l'aggancio da parte dei mezzi di movimentazione e di telaio rinforzato in corrispondenza dei punti di aggancio.

Di seguito si presentano tre tipologie di carri tasca attualmente in circolazione. Le prime due tipologie sono presenti nei cataloghi di Trenitalia Cargo mentre la terza è utilizzata da Hupac.

²⁹ In seguito si descriveranno alcune tecniche innovative che consentono la movimentazione verticale anche di semirimorchi non intermodali.

Carro S14 (T3 - tipologia Sdgkkmss)		Carro S17 (T3 - tipologia Sdgmns)	
Assi	4	Assi	4
Tara (ton)	16	Tara (ton)	20
Massa frenata (ton)	(*)	Massa frenata (ton)	(*)
Lunghezza fra i respingenti (m)	16,4	Lunghezza fra i respingenti (m)	18,3
Lunghezza del piano di carico (m)	15,2	Lunghezza del piano di carico (m)	16,45
Velocità massima (km/h)	120	Velocità massima (km/h)	120
Peso assiale (ton)	15	Peso assiale (ton)	22,5
Peso massimo di carico (ton) a vel. max = 100 km/h (regime S)	44	Peso massimo di carico (ton) a vel. max = 100 km/h (regime S)	70
Peso massimo di carico (ton) a vel. max = 120 km/h (regime SS)	37,5	Peso massimo di carico (ton) a vel. max = 120 km/h (regime SS)	57

Carro T5 - Sdgnss	
Assi	4
Tara (ton)	21,5
Massa frenata (ton)	(*)
Lunghezza fra i respingenti (m)	20
Lunghezza del piano di carico (m)	18,65
Velocità massima (km/h)	120
Peso assiale (ton)	22,5
Peso massimo di carico (ton) a vel. max = 100 km/h (regime S)	68,5
Peso massimo di carico (ton) a vel. max = 12' km/h (regime SS)	49,5

(*) Tutti i carri di tipo S sono dotati di freno autocontinuo grazie al quale la massa frenata non ha un valore fisso, ma è proporzionale al carico. Per i successivi calcoli la massa frenata sarà calcolata secondo la relazione:

$$MF = MR * \frac{MF_{MAX}}{M_{MAX}}$$

MR = massa reale (tara + carico effettivo)

M_{MAX} = massa max massima (tara + carico massimo)

MF_{MAX} = valore massimo di massa frenata data dal freno autocontinuo per i carri di tipo S, è 49 t per i carri S14, 70 t per i carri S17 e T5.

Tabella 4.2.D – Caratteristiche tecniche dei carri poche tipo T3 (S14 – S17) e T5

La presenza di due diversi valori di carico massimo è dovuta al fatto che esso dipende da due fattori. Il primo è il regime di velocità del carro, cioè la velocità di marcia; salvo ulteriori specifiche, i regimi di velocità sono normalmente due (regime S: 100 km/h, regime SS: 120 km/h). In base al regime di velocità, poi, dipende dalla categoria limite di carico della linea ferroviaria; le categorie sono quattro ed esprimono il massimo carico transitabile in termini di tonnellate per asse. In questo caso sono stati indicati i valori relativi alla categoria D4, che è quella della Milano – Chiasso (si veda Tabella 4.2.A).

A dispetto della sostanziale somiglianza tra i tre tipi di carro per quanto riguarda le caratteristiche tecniche, la principale differenza, come già anticipato, consiste nella funzionalità.

- Il carro S14 grazie ai valori modesti di lunghezza e tara consente la formazione di treni più lunghi rispetto all'utilizzo di altri carri; per contro va però considerata la minore lunghezza del piano di carico nonché una portata massima inferiore rispetto agli altri tipi di carro, aspetti che, tuttavia, nel caso

specifico dei semirimorchi non danno particolari limitazioni³⁰. Sono però esclusi i semirimorchi con piano di carico ribassato e ruote di diametro inferiore, i quali non possono essere alloggiati nella tasca a causa della geometria del carro.

- Il carro S17 è invece più lungo del S14, e ha inoltre una portata maggiore. Dal momento che tali caratteristiche non danno alcun vantaggio rispetto all'uso dei carri S14, tale tipologia non verrà considerata nei successivi calcoli.

- Il carro T5 presenta una lunghezza di carico e una tara maggiori rispetto alle due precedenti tipologie, ma presenta tuttavia una caratteristica innovativa: grazie alla particolare geometria della tasca, è consentito il trasporto di semirimorchi aventi altezza utile fino a 3 metri, pertanto include i semirimorchi di tipo Megatrailers (piano di carico ribassato e ruote di diametro inferiore).



Figura 4.2.F – Confronto tra semirimorchi tradizionali e Megatrailers. Fonte: [36]

Entrambi i semirimorchi sono alti 4 metri allo spigolo superiore, tuttavia il semirimorchio di sinistra (Megatrailer) ha ruote di diametro minore e il pianale di carico ribassato, con un'altezza utile di carico maggiore rispetto al semirimorchio di destra (tradizionale).

Considerando solamente la funzionalità dei carri, la scelta più vantaggiosa risulta essere il carro poche T5, dato che permette di massimizzare l'altezza utile dei semirimorchi trasportati, anche se è da tenere in conto la maggiore lunghezza dei carri rispetto agli S14.

Allo stato attuale, viste le limitazioni di codifica esistenti tra Milano e Chiasso (P/C 60/390) e sulla rete svizzera (P/C 60/384), la scelta del tipo di carro risulta più che altro vincolata all'altezza dei semirimorchi da trasportare; i carri T5 consentono il trasporto di semirimorchi con altezza utile fino a 2,77 m (i 3 metri teorici non sono raggiungibili proprio a causa delle limitazioni di codifica) mentre con gli S14 la massima altezza utile è di 2,50 metri.

Nello scenario futuro, con l'intero corridoio merci codificato P/C 80/410, non si avrà più alcuna limitazione in altezza, per cui l'unica differenza tra i carri S14/S17 e T5 consisterà nella possibilità di caricare i semirimorchi con piano di carico ribassato sui soli carri T5.

Resta da definire il tipo di locomotiva da utilizzare per la trazione dei treni. Nel Fascicolo di Linea 25 della Milano – Chiasso è presente l'elenco delle locomotive ammesse alla circolazione sulla linea con o senza restrizioni, nonché i dati relativi alle prestazioni in termini di massa rimorchiabile.

³⁰ I semirimorchi hanno infatti una lunghezza massima di 14 metri e una massa limite inferiore alle 33-34 tonnellate, per i limiti imposti dalla circolazione su strada.

Sono state prese in considerazione le locomotive tradizionali E652, attualmente utilizzate da Trenitalia Cargo per i servizi merci, e le locomotive di ultima generazione E189/E474 ed E186, utilizzate da diversi operatori ferroviari, sempre in ambito merci. Le caratteristiche tecniche delle locomotive sono tratte dalla Prefazione Generale all'Orario di Servizio e sono presentate nelle Tabelle 4.2.E-F.

E652	
Velocità massima	160 km/h
Massa reale	106 t
Massa frenata	77 t
Peso assiale	17,6 t
Lunghezza tra i respingenti	17,8 m
Massa massima rimorchiata ammessa dalla resistenza degli organi di attacco (M_1)	1940 t
Massa massima rimorchiata sulla tratta a prestazione minima (M_2)	1500 t
% minima di massa frenata	75% a 120 km/h
	70% a 100 km/h

E189	
Velocità massima	140 km/h
Massa reale	87 t
Massa frenata	79 t
Peso assiale	21,75 t
Lunghezza tra i respingenti	19,6 m
Massa massima rimorchiata ammessa dalla resistenza degli organi di attacco (M_1)	1940 t
Massa massima rimorchiata sulla tratta a prestazione minima (M_2)	1600 t
% minima di massa frenata	75% a 120 km/h
	70% a 100 km/h

E186	
Velocità massima	140 km/h
Massa reale	85 t
Massa frenata	76 t
Peso assiale	21,25 t
Lunghezza tra i respingenti	18,9 m
Massa massima rimorchiata ammessa dalla resistenza degli organi di attacco (M_1)	1940 t
Massa massima rimorchiata sulla tratta a prestazione minima (M_2)	1370 t
% minima di massa frenata	75% a 120 km/h
	70% a 100 km/h

Tabelle 4.2.E-4.2.F – Caratteristiche tecniche delle locomotive E652, E655, E189, E186

La “massa massima rimorchiata sulla tratta a prestazione minima” è identificata nel capitolo 9 del Fascicolo di Linea 25; la “massa massima rimorchiata ammessa dalla resistenza degli organi di attacco” è invece determinata nell’articolo 61 della PGOS [33] in base al grado di prestazione massimo (che in questo caso è 10, si veda la Tabella 4.2.A).

4.2.2.1. Determinazione della composizione massima

Il procedimento per determinare la composizione dei treni a servizio del Terminal è il seguente:

1) si determina il numero massimo di carri rimorchiabili in relazione alla massa massima rimorchiata per la resistenza degli organi di attacco (M_1):

$$N_1 = \frac{M_2 - M_{RLoc}}{M_{RCarro} + M_{carico}}$$

2) si determina il numero massimo di carri rimorchiabili in relazione alla massa massima rimorchiata per prestazione minima (M_2):

$$N_2 = \frac{M_1 - M_{RLoc}}{M_{RCarro} + M_{carico}}$$

3) si determina il numero massimo di carri rimorchiabili in relazione al modulo di linea:

$$N_3 = \frac{ML_{MIN} - L_{Loc}}{L_{Carro}}$$

4) il numero definitivo è il minimo tra i tre valori precedentemente calcolati:

$$N_{carrì} = \min\{N_1; N_2; N_3\}$$

5) si calcolano la massa reale e la massa frenata del treno in base al numero di veicoli ottenuto, si calcola la percentuale di massa frenata e si verifica che sia maggiore del valore minimo indicato nelle Tabelle 4.2.E-F:

$$\begin{cases} \%MF = \frac{MF_{TOT}}{M_{R,TOT}} = \frac{MF_{Loc} + MF_{Carro} \cdot N_{carrì}}{M_{RLoc} + M_{RCarro} \cdot N_{carrì}} \\ \%MF \geq \%MF_{MIN} \text{ con } \%MF_{MIN} = 75\% \end{cases}$$

M_{RLoc} = massa reale della locomotiva

MF_{Loc} = massa frenata della locomotiva

M_{RCarro} = massa reale del carro, a vuoto (tara)

MF_{Carro} = massa frenata del carro

M_{Carico} = massa del carico (*)

ML_{MIN} = modulo di linea minimo

L_{Loc} = lunghezza della locomotiva

L_{Carro} = lunghezza del carro

$\%MF$ = percentuale di massa frenata

(*) I valori di massa del carico utilizzati nei calcoli non sono quelli massimi indicati nella Tabella 4.2.D, in quanto si è tenuto conto di due fattori:

- i semirimorchi hanno un massa massima che dipende dalle restrizioni sulla circolazione stradale. Il Codice della Strada italiano [37], ad esempio, limita la massa complessiva di un autoarticolato a 44 tonnellate (caso limite, per autoarticolati a cinque o più assi), considerando trasporti eccezionali eventuali veicoli aventi massa complessiva maggiore. Risulterebbe pertanto inutile considerare il massimo carico ammissibile dei carri nel caso di trasporto di semirimorchi, che per limitazioni esterne all'ambito ferroviario hanno comunque

sempre una massa ben inferiore alla massima ammessa. Con riferimento ai limiti di massa degli autoarticolati a livello europeo, si può tenere come valore limite le 40 tonnellate massime ammesse in diversi Paesi, tra cui Svizzera e Germania (in alcuni casi, come in Italia, Francia, Belgio e Lussemburgo si arriva a 44 tonnellate, nei Paesi Bassi fino a 50 tonnellate).

40 tonnellate è la massa complessiva dell'autoarticolato, dalla quale si deve sottrarre quella del trattore stradale, che può essere assunta di 7 tonnellate: pertanto il solo semirimorchio, con massimo carico, ha una massa di 33 tonnellate (tara + carico);

- non sempre i semirimorchi, e le UTI in generale, sono caricati al massimo della loro portata; di conseguenza è opportuno utilizzare un valore medio, che può essere assunto, come dato statistico, pari a 20 tonnellate. Poiché la tara del semirimorchio è di circa 7 tonnellate, il carico lordo su carro è di 27 tonnellate.

I successivi calcoli saranno eseguiti prima con $M_{\text{carico}} = 27 \text{ t}$, e poi con $M_{\text{carico}} = 33 \text{ t}$.

Caso 1: $M_{\text{carico}} = 27 \text{ t}$

Applicando a titolo di esempio il procedimento nel caso della locomotiva E652 e dei carri tipo S14, si ottiene:

$$M_1 = 1500 \text{ t}$$

$$M_2 = 1940 \text{ t}$$

$$M_{\text{RLoc}} = 106 \text{ t}$$

$$MF_{\text{Loc}} = 77 \text{ t}$$

$$M_{\text{RCarro}} = 16 \text{ t}$$

$$M_{\text{Carico}} = 27 \text{ t}$$

$$MF_{\text{Carro}} = 35 \text{ t}$$

$$ML_{\text{MIN}} = 600 \text{ m}$$

$$L_{\text{Loc}} = 17,8 \text{ m}$$

$$L_{\text{Carro}} = 16,4 \text{ m}$$

N_1	42
N_2	32
N_3	35
N	32
Lunghezza treno	542,6 m
MR	1482 t
MF	1201 t
% MF	81% > 75 %

Di seguito si riassumono tutti i risultati, ottenuti combinando le tre locomotive con i due tipi di carri precedentemente considerati (S14 e T5).

E652			E189		
Carro	T3 (S14)	T5	Carro	T3 (S14)	T5
N ₁	42	37	N ₁	43	38
N ₂	32	28	N ₂	35	31
N ₃	35	29	N ₃	35	29
N	32	28	N	35	29
Lunghezza treno	577,8 m	517,8 m	Lunghezza treno	593,6 m	599,6 m
MR	1482 t	1464 t	MR	1592 t	1494 t
MF	1201 t	1133 t	MF	1308 t	1173 t
% MF	81% > 75 %	77% > 75 %	% MF	82% > 75 %	79% > 75 %

E186		
Carro	T3 (S14)	T5
N ₁	43	38
N ₂	29	26
N ₃	35	29
N	29	26
Lunghezza treno	538,9 m	494,5 m
MR	1332	1346 t
MF	1094	1057 t
% MF	82% > 75 %	79% > 75 %

Tabelle 4.2.G-4.2.H – Numero massimo di carri rimorchiabili, in base al tipo di locomotiva e di carro

Innanzitutto, si può osservare che la limitazione al numero di carri rimorchiabili è in tutti i casi data dalla massima massa rimorchiata per prestazione minima (M₂), limitazione che è quindi correlata alle caratteristiche infrastrutturali. Inoltre, nel caso della locomotiva E189 tale limitazione coincide con la limitazione data dal modulo di linea.

In secondo luogo, risulta che in termini di prestazioni la locomotiva E652 dà risultati leggermente più favorevoli rispetto alla E186, ma inferiori rispetto alla E189, che risulta la migliore opzione. Pertanto, nell'ipotesi di utilizzo di tale locomotiva, si avrebbe una composizione così costituita:

Locomotiva (E189) + 35 carri (tipo T3/S14) oppure Locomotiva (E189) + 29 carri (tipo T5)

È opportuno considerare che con gli adeguamenti previsti nel medio termine per la linea Milano – Chiasso, di cui già si è accennato per quanto riguarda il *gabarit*, prevedono anche interventi infrastrutturali per consentire il transito di treni merci fino a 750 metri, secondo lo standard europeo. Pertanto, con tali adeguamenti si eliminerà il vincolo dato dall'attuale modulo di linea di 600 metri; superata questa limitazione, per ovviare all'altro limite, dato dalla massima massa rimorchiata per prestazione minima, si può ricorrere all'utilizzo di due locomotive in trazione multipla: in tal caso, la massa massima rimorchiabile viene praticamente raddoppiata. Prendendo come riferimento il solo caso della locomotiva E189, si ottiene:

E189 (doppia trazione)		
Carro	T3 (S14)	T5
N ₁	41	36
N ₂	70	62
N ₃	43	35
N	41	35
Lunghezza treno	711,6 m	739,2 m
MR	1937 t	1872 t
MF	1598 t	1478 t
% MF	82% > 75%	79% > 75%

Tabella 4.2.I – Numero massimo di carri rimorchiabili nel caso di due locomotive in doppia trazione e modulo di linea di 750 m

Confrontando i risultati con il caso precedente, emerge che l'uso di due locomotive permette di avere **6 carri in più** rispetto alle composizioni con una sola locomotiva; il vantaggio è quindi modesto, infatti l'aumento in termini di prestazioni è penalizzato dalla massa massima rimorchiata data dalla resistenza degli organi di attacco, fattore che non risulta superabile in alcun modo, essendo legato alla natura del tipo di aggancio.

In tal caso la composizione sarebbe:

Locomotiva (E189) + 41 carri (tipo T3/S14) oppure Locomotiva (E189) + 35 carri (tipo T5).

Caso 2: $M_{\text{carico}} = 33 \text{ t}$

Nel caso precedente si è assunto un valore di carico medio (27 tonnellate lorde), e ne consegue che i risultati ottenuti possono essere tenuti come riferimento anche nel caso di carichi inferiori. In presenza di carichi superiori, invece, a causa dell'aumento della massa rimorchiata il numero di carri risulterà invece inferiore. A titolo di esempio, si riporta il caso limite in cui il carico lordo per semirimorchio può essere assunto di 33 tonnellate.

Limitandosi al caso della locomotiva E189, si ottiene:

E189			E189 (doppia trazione e modulo linea 750 m)		
Carro	T3 (S14)	T5	Carro	T3 (S14)	T5
N ₁	37	34	N ₁	36	32
N ₂	30	27	N ₂	61	55
N ₃	35	29	N ₃	43	35
N	30	27	N	36	32
Lunghezza treno	511,6 m	559,6 m	Lunghezza treno	629,6 m	679,2 m
MR	1557 t	1559 t	MR	1938 t	1918 t
MF	1280 t	1224 t	MF	1520 t	1514 t
% MF	82% > 75 %	79% > 75 %	% MF	82% > 75 %	79% > 75 %

Tabella 4.2.J – Numero massimo di carri rimorchiabili nel caso di massimo carico

Come anticipato, risulta che a un aumento del carico corrisponde una composizione più corta.

All'impresa che si occupa della gestione del servizio merci spetta il compito di verificare, in base ai dati in possesso riguardanti le UTI da spedire (tra cui anche il carico effettivo), il numero massimo di carri rimorchiabili, a cui corrisponde pertanto il numero di UTI da spedire con un unico treno.

4.2.3. Considerazioni generali

La composizione del treno individuata nel paragrafo precedente serve per il dimensionamento dell'area operativa del Terminal. Esso si basa infatti sul numero di coppie di treni giornaliere che verranno gestite dal Terminal, e per determinare tale numero è necessario considerare qual è il carico del singolo treno, il che vuol dire conoscere quanti carri lo costituiscono.

Nel capitolo successivo si descriveranno le varie componenti del Terminal, dimensionandole sulla base della domanda di trasporto stimata, estrapolata dai dati di traffico presentati nel Capitolo 2.

5 Dimensionamento del Terminal

5.1 TRAFFICO PREVISTO

Il dato di input necessario per poter dimensionare il Terminal è il traffico intermodale previsto, normalmente espresse in termini di tonnellate/anno. Inoltre, tale dato è connesso alla modifica della ripartizione modale strada-ferrovia.

Tenendo conto dei dati analizzati nel Capitolo 2, e in particolare di quanto segue:

- nel 2012 il traffico di transito attraverso la Svizzera sul valico del San Gottardo è stato di 6,2 milioni di tonnellate via strada contro 11,2 milioni via ferrovia; ciò si traduce in una ripartizione modale del 35,6% per la strada e 64,4% per la ferrovia;
- grazie alla politica di trasferimento del traffico da strada a ferrovia si prevede un aumento di traffico merci via ferrovia associato a una diminuzione di quello stradale;
- il trasporto combinato continua a mantenere il trend positivo di crescita degli ultimi anni, il che giustificherebbe pertanto un aumento di traffico merci via ferrovia;
- gli autoarticolati rappresentano la tipologia di automezzo maggiormente utilizzata (737.000 transiti nel 2012 sui 1.209.000 totali) e nel contempo il traffico combinato di soli semirimorchi è quello che ha registrato la maggiore crescita a livello europeo (+13% dal 2012 al 2013)

è possibile assumere che la seguente quantità di merce possa essere gestita dal nuovo Terminal e contribuisca da un lato all'aumento previsto del traffico merci e dall'altro al trasferimento da strada a ferrovia:

Domanda di traffico merci in gestione al Terminal: **900.000 tonnellate/anno**

Ripartizione modale: **strada 30,5 % – ferrovia 69,5 % (rispetto al 2012)**

In particolare la variazione sulla ripartizione modale si traduce in un **+5,17%** per la ferrovia e, contestualmente, in meno per la strada.

L'entità domanda considerata costituisce la base per il dimensionamento del Terminal; tuttavia, come verrà mostrato in seguito, è possibile che in base alla configurazione e agli spazi delle varie aree del Terminal si riesca a gestire una domanda di traffico superiore, pur restando entro certi limiti dovuti alle dimensioni del Terminal stesso.

5.2 REQUISITI PROGETTUALI MINIMI

Per quanto il dimensionamento del Terminal sia strettamente connesso alla sua capacità ricettiva e, quindi, alla domanda di trasporto, è tuttavia opportuno tenere in conto di alcuni requisiti progettuali minimi che consentono di garantire una sufficiente concentrazione di traffico nonché una buona gestione degli spazi e delle operazioni da effettuare. L'EIA (*European Intermodal Association*) [38] propone i seguenti requisiti:

Requisiti progettuali	Dimensioni
Lunghezza dei binari operativi (rettilinei)	700 m
Numero binari operativi	2
Lunghezza totale dei binari operativi	1.400 m
Coefficiente di dotazione infrastrutturale	30 m ² /m di binario operativo
Superficie minima richiesta	42.000 m ²

Tabella 5.2.A – Requisiti progettuali minimi per un Terminal intermodale. Fonte: [38]

Nel dimensionamento del Terminal si farà riferimento, per quanto possibili, a tali valori.

5.3 HANDLING

Per handling si intende l'insieme delle operazioni di movimentazione delle UTI. Sulla base della domanda di traffico merci prevista è necessario dimensionare il numero e la tipologia di attrezzature che si occupino di tale compito.

5.3.1 Mezzi di movimentazione

Esistono diversi tipi di mezzi di movimentazione verticale; quelli comunemente più usati sono le gru semoventi frontali (*reach stacker*) e le gru a portale su rotaia (*transtainer*).



Figura 5.3.A – Gru semovente. Fonte: [5]

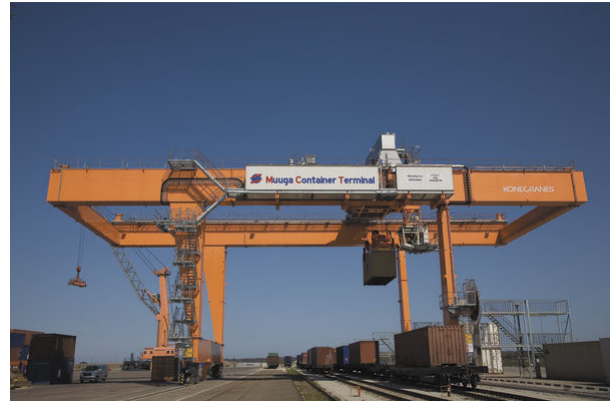


Figura 5.3.B – Gru a portale. Fonte: [5]

Le due tipologie sono differenti innanzitutto per dimensioni e poi per i valori di produttività in termini di unità di trasporto movimentate (numero di tiri/gru), come si osserva nella seguente tabella:

Caratteristica	Gru semovente	Gru a portale
Massa (tonn)	70 – 80	150 – 200
Portata massima (tonn)	45	50
Altezza di sollevamento minima/massima (m)	4,7 / 18,11	- / 26,9
Dimensioni lunghezza x larghezza (m)	11,873 x 4,220	23,2 x 22 (dim. minime)
Potenza (kW)	220 – 300	300 – 500
Velocità di sollevamento con carico/senza carico (m/s)	0,25 – 0,48	0,46 – 0,92
Velocità massima	22 km/h	2,2 m/s (traslazione)
Capacità di movimentazione	20 tiri/ora (1 tiro/gru ogni 3')	25 tiri/ora (1 tiro/gru ogni 2,4')
Investimento (M euro)	0,4 – 0,5	2,5 – 3,0

Tabella 5.3.A – Caratteristiche delle gru semoventi e delle gru a portale

In entrambi i casi l'aggancio all'unità di trasporto avviene mediante l'utilizzo dello *spreader*, dispositivo estensibile e adattabile alle dimensioni dell'unità da movimentare e dotato di due distinti meccanismi: un meccanismo di bloccaggio con perni girevoli per i quattro blocchi d'angolo dei container, e un sistema di quattro pinze meccaniche (visibili nella gru semovente di Figura 5.3.A) che si inseriscono in apposite feritoie poste agli spigoli inferiori delle casse mobili e dei semirimorchi.

Le gru a portale hanno evidentemente una capacità di movimentazione maggiore rispetto alle gru semoventi e il loro utilizzo è quindi fondamentale in presenza di unità di carico in numero notevole.

Per contro, l'investimento necessario per l'installazione di una gru a portale è decisamente più elevato rispetto a quello per l'approvvigionamento di una gru semovente. Per Terminal di piccole – medie dimensioni un certo numero di gru semoventi può essere sufficiente a soddisfare le esigenze di movimentazione, ed eventualmente, in caso di un successivo sviluppo, si può procedere con l'installazione di una gru a portale.

In un primo momento, si assume che a servizio del Terminal vengano utilizzate gru semoventi. Ipotizzando poi che la giornata lavorativa del Terminal sia di 18 ore (dalle 5:00 alle 23:00), segue che il numero teorico giornaliero di tiri/gru è (per le gru semoventi):

$$\text{tiri gru/giorno} = \text{tiri/ora} \cdot 18 \text{ ore} = 20 \cdot 18 = 360$$

Nella pratica però è necessario tenere in conto che l'attività del Terminal è fortemente condizionata dal trasporto delle unità di carico lato strada, e cioè la partenza e l'arrivo degli automezzi che trasportano le unità di carico non è distribuita uniformemente lungo tutta la giornata, ma si concentra in determinate fasce orarie, in base agli orari delle attività industriali e commerciali. Assumendo che il tempo complessivo dedicato al carico/scarico dei treni sia di 7 ore, si ottengono quindi

$$\text{tiri gru/giorno} = \text{tiri/ora} \cdot 7 \text{ ore} = 20 \cdot 7 = 140$$

per singola gru semovente.

La determinazione del numero di gru necessarie si basa sul numero giornaliero di unità di carico nel caso in esame:

$$\text{U.C./anno} = \frac{\text{tonnellate/anno}}{\text{tonnellate/U.C.}} = \frac{900.000}{20} = 45.000$$

$$\text{U.C./giorno} = \frac{\text{U.C./anno}}{\text{giorni lavorativi/anno}} = \frac{45.000}{300} = 150$$

avendo assunto che il carico medio per unità di carico è di 20 tonnellate³¹ e che i giorni lavorativi sono 300³².

Sulla base di quanto calcolato, 2 gru semoventi frontali possono garantire complessivamente 280 tiri/gru giornalieri e quindi soddisfare la movimentazione di 150 U.C./giorno, tuttavia per tenere conto di eventuali fermi per guasti e/o manutenzione è opportuno prevedere anche una terza gru di riserva, o che comunque può essere utilizzata insieme alle altre due per una movimentazione più fluida. Si prevedono pertanto **3 gru semoventi frontali**.

5.3.2 Veicolo bimodale

Oltre ai mezzi necessari per il carico/scarico delle UTI, si prevede l'utilizzo di locotrattori da manovra, con il compito di manovrare i treni tra le diverse zone del Terminal (la cui descrizione verrà trattata nei paragrafi successivi). Si tratta di mezzi ibridi in grado di circolare sia su strada sia su rotaia; pertanto sono in grado di sostituire le tradizionali locomotive da manovra e hanno in più il vantaggio di potersi

³¹ Valgono le stesse considerazioni espresse nel Paragrafo 4.2.2.1.

³² Sono escluse le domeniche (52 giorni) e ulteriori 13 giorni che comprendono le due settimane centrali di agosto e ulteriori festività infrasettimanali.

muovere agevolmente tra le varie aree del Terminal grazie alla possibilità di muoversi anche su gomma.



Figura 5.3.C – Locotratore da manovra. Fonte: [39]

Le caratteristiche tecniche sono elencate in Tabella 5.3.B.

Caratteristiche tecniche locotratore (modello Zephir LOK 10.170)	
Peso locomotore equivalente	35 t
Peso LOK	20 t
Sforzo al gancio	100 kN
Traino massimo in piano	2000 t
Potenza motore	129 kW
Velocità massima	25 km/h
Altezza	3150 mm
Larghezza	2500 mm
Lunghezza	6040 mm

Tabella 5.3.B – Caratteristiche tecniche del locotratore. Fonte: [39]

La caratteristica di riferimento per la scelta del modello è stata la massa massima trainata, che deve essere chiaramente maggiore della massa complessiva dei treni da manovrare. Come si è visto nel capitolo precedente (Tabelle 4.2.G-H-I), nel caso di composizione massima la massa da trainare è di 1592 tonnellate con locomotiva singola, 1937 tonnellate con locomotive in doppia trazione, pertanto si è scelto un locotratore in grado di trainare fino a 2000 tonnellate.

5.4 AREA OPERATIVA (LATO FERROVIA)

Considerando sia i requisiti progettuali minimi sia i dati di traffico previsti, si procede con il dimensionamento delle varie componenti dell'area operativa, dedicata alla movimentazione delle unità di carico.

5.4.1 Fascio binari operativi

I binari operativi sono dedicati alla sosta dei treni per consentire le operazioni di carico e scarico e sono, pertanto, l'elemento fondamentale lato ferrovia per consentire l'interscambio modale. Si tratta di binari non elettrificati, e pertanto la movimentazione dei treni viene effettuata mediante locomotive diesel da manovra o mediante mezzi bimodali, in ogni caso alimentati a carburante. Il numero di binari necessari è strettamente correlato al numero di treni collegati al Terminal, e quindi al quantitativo di merci trasportate.

Sulla base di quanto visto nel capitolo precedente per le composizioni dei treni, si ha:

Carico medio = 20 t

Composizione: Locomotiva E189 + 35 veicoli S14

Tonnellate nette/treno = 20 t * 35 veicoli = 700 tonnellate/treno

Giorni lavorativi/anno = 300

In primo luogo si calcola il numero di treni previsti annualmente e giornalmente sulla base del traffico ipotizzato e delle tonnellate trasportate dal singolo treno:

$$\text{Treni/anno} = \frac{\text{tonnellate/anno (previsto)}}{\text{tonnellate/treno}} = \frac{900.000}{700} \cong 1286$$

$$\text{Treni/giorno} = \frac{\text{treni/anno}}{\text{giorni lavorativi/anno}} = \frac{1286}{300} = 4,3 \cong 5$$

Si noti che il valore di treni giornalieri ottenuto è arrotondato per eccesso; ne consegue che il quinto treno risulta parzialmente scarico o, in alternativa, con spazio disponibile per ulteriori tonnellate trasportabili.

A questo punto è necessario passare dal numero di treni giornalieri alle coppie di treni al giorno (CTR/giorno), in quanto il trasporto ferroviario si basa sul principio per cui a un treno in arrivo corrisponde sempre un treno in partenza.

$$\text{CTR/giorno} = \frac{\text{treni/giorno}}{2} = \frac{5}{2} = 2,5 \cong 3$$

Anche in questo caso si arrotonda il valore per eccesso, in modo che anche il quinto treno abbia il suo corrispondente.

L'ultimo passaggio consiste nel calcolare il numero di binari del fascio operativo considerando la produttività del singolo binario, cioè il numero di coppie di treni al giorno che ogni binario è in grado di gestire. A tal proposito è necessario osservare che la gestione del Terminal può essere definita secondo due regimi differenti, statico o dinamico.

Il regime statico prevede che ogni binario gestisca una sola coppia di treni al giorno: generalmente il treno arriva al mattino, viene scaricato e sosta vuoto durante il giorno in attesa delle UTI provenienti dalle attività commerciali e industriali, generalmente nel pomeriggio; viene quindi caricato e lascia il Terminal nelle ore serali.

Il regime dinamico permette invece di gestire più di una coppia di treni al giorno per binario, grazie all'utilizzo di ulteriori binari (di sosta e manovra), sui quali il treno o parte di esso può essere spostato nei momenti in cui non è soggetto alla movimentazione delle UTI, liberando così il binario operativo che risulta disponibile per gestire altri treni.

Il coefficiente di dinamicità permette di esprimere numericamente il regime:

$$d = n/v \quad \text{con} \quad \begin{cases} n = \text{numero di coppie di treni lavorate in un giorno nel Terminal} \\ v = \text{numero di binari virtuali equivalenti}^{33} \end{cases}$$

Per $d = 1$ si è in regime statico, mentre per $d > 1$ in regime dinamico.

È importante sottolineare che il regime adottato dipende fortemente dalla tipologia dei mezzi di movimentazione in dotazione al Terminal: l'utilizzo di gru semoventi frontali è sufficiente nel caso si adotti il regime statico (per cui la produttività del singolo binario è di 1 CTR/giorno), mentre può essere una limitazione alla produttività se si vuole avere un coefficiente di dinamicità elevato; il limite di riferimento in termini di produttività è di 2 CTR/giorno e oltre tale valore è meglio usufruire delle gru a portale su rotaie.

Pertanto, ipotizzando almeno in fase iniziale l'utilizzo di gru semoventi frontali (che richiedono un investimento economico inferiore rispetto alle gru a portale) in regime dinamico e considerando quindi una produttività di 2 CTR/giorno per binario, si ottiene:

$$\text{Numero binari} = \frac{\text{CTR/giorno}}{\text{produttività binario}} = \frac{3}{2} = 1,5 \cong 2$$

Si può inoltre osservare che il numero di binari calcolato corrisponde anche al minimo requisito progettuale indicato dall'EIA.

Si noti che sulla base degli arrotondamenti fatti, il Terminal è in grado di soddisfare una domanda di traffico maggiore di quella stimata, infatti, applicando il procedimento inverso, si ottiene:

$$\begin{aligned} 3 \text{ CTR/giorno} &\rightarrow 6 \text{ treni/giorno, per } 300 \text{ giorni} \rightarrow 1800 \text{ treni/anno,} \\ \text{con } 20 \text{ t per unità di carico e quindi } 700 \text{ t/treno} &\rightarrow \mathbf{1.260.000 \text{ t/anno}} \end{aligned}$$

Questo con l'utilizzo di carri tipo T3/S14; nel caso di utilizzo dei carri T5, che in composizione massima possono essere 29, si avrebbero 580 t/treno e quindi **1.044.000 t/anno**.

Ipotizzando di raggiungere effettivamente tale traffico, in termini di movimentazioni nel caso più impegnativo (carri T3) si avrebbero:

³³ Il numero di binari virtuali equivalenti è relativo al caso in cui vi siano binari operativi di diversa lunghezza ed è calcolato come rapporto tra la somma delle lunghezze operative dei vari binari e la lunghezza del treno di riferimento, correlata al modulo di linea (attualmente tale lunghezza è di 550 metri in Italia e 650 metri per buona parte della rete europea; è stata fissata a 750 metri secondo gli standard dell'Unione Europea per gli adeguamenti delle reti esistenti.)

1.260.000 t/anno → 63.000 tiri gru/anno (20 t per unità di carico) → **210 tiri gru/giorno**

e pertanto le tre gru semoventi precedentemente dimensionate, con una operatività di 140 tiri/giorno ciascuna, sarebbero in grado di garantire la movimentazione di tale traffico aggiuntivo.

Per quanto riguarda la lunghezza dei binari operativi, per questioni di spazio vengono fissati due differenti valori: un binario lungo 700 metri e un binario lungo 680 metri. In tal modo si ha una situazione di compromesso rispetto al requisito minimo proposto dall'EIA (700 metri), restando però sotto lo standard individuato dall'Unione Europea (750 metri); tuttavia tali lunghezze risultano comunque in linea con le dimensioni del modulo di linea di buona parte delle reti europee e sono maggiore del modulo da 550 metri comunemente diffuso in Italia.

L'interbinario è invece di 4,60 metri, secondo gli standard di RFI.

5.4.2 Binari di sosta e manovra

Si tratta di binari che svolgono due funzioni:

- rotazione dei carri, nel caso in cui non si effettuino servizi *shuttle*³⁴; non è questo il caso del nuovo Terminal, per cui tale funzione non viene considerata;
- ricovero dei carri per rendere disponibili i binari operativi per le operazioni di carico/scarico di più treni nell'arco della giornata, nell'ottica di una gestione dinamica del Terminal, come nel caso in esame.

Tali binari possono essere non elettrificati o elettrificati, e le operazioni di manovra sono svolte con gli stessi mezzi usati per la movimentazione dei carri nei binari operativi.

Il numero di binari di sosta e manovra dipende dal numero di binari operativi e dal coefficiente di dinamicità; si può considerare la seguente relazione che correla tra loro i diversi parametri:

$$b_{sm} = b_o \cdot (d - 1) = 2 \cdot (1,44 - 1) = 0,8 \approx 1$$

con $b_o = 2$ (binari operativi)

$d \approx 1,42$ ³⁵ (coefficiente di dinamicità)

Risulta quindi necessario un solo binario di sosta e manovra; tuttavia, dato che gli spazi lo consentono, si preferisce predisporre due binari di sosta e manovra, al margine dell'area operativa, in adiacenza alla linea ferroviaria. Inoltre si inserisce un ulteriore binario tra i due operativi, con la funzione provvisoria di sosta e manovra.

Si prevede l'elettrificazione dei binari di sosta e manovra per consentire il ricovero delle locomotive elettriche, come verrà spiegato in seguito; il binario incluso tra i due binari operativi, come questi, non è invece elettrificato.

³⁴ I servizi merci "shuttle" sono costituiti da treni a composizione fissa per tutto il tragitto dal Terminal/stazione di origine a quello di destinazione; il treno non ha, quindi, in composizione carri con più di una destinazione e non necessita di sostare in una stazione di smistamento dove, appunto, smistare le sezioni del treno in base alla loro destinazione.

³⁵ In base alla definizione data nel paragrafo precedente, $d = n/v$, con $n = 3$ (CTR/giorno) e $v = (680 + 700)/650 = 2,12$ (numero di binari equivalenti, dato dalla somma delle lunghezze dei binari operativi diviso la lunghezza del treno di riferimento).

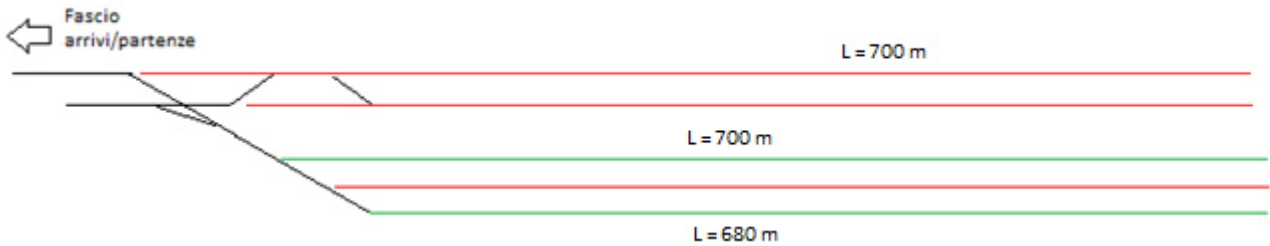


Figura 5.4.A – Layout schematico in pianta dei binari operativi (in verde) e dei binari di sosta e manovra (in rosso)

Tale layout risulta in tal modo funzionale anche per un'eventuale evoluzione del Terminal con utilizzo di gru a portale su rotaia, nel caso di un aumento della domanda di trasporto. In tal caso, il binario incluso tra i due binari operativi, utilizzabile inizialmente per sosta e manovra, convertirebbe la sua funzione in binario operativo e il Terminal avrebbe pertanto in totale tre binari operativi, oltre ai due binari di sosta e manovra che manterrebbero inalterata la loro funzione.

La lunghezza prevista per i binari di sosta e manovra è analoga a quella del binario operativo più lungo, cioè di 700 metri.

Riguardo al layout dei binari in area operativa, è necessaria una precisazione, legata al tipo di mezzi di movimentazione utilizzati.

Nel caso di uso di gru semoventi, i binari operativi devono necessariamente essere in numero pari, poiché la gru carica e scarica i carri posizionandosi a fianco del binario; ne consegue che un eventuale binario incluso tra i due più esterni non sarebbe raggiungibile dalla gru e non potrebbe avere pertanto la sua funzione operativa.

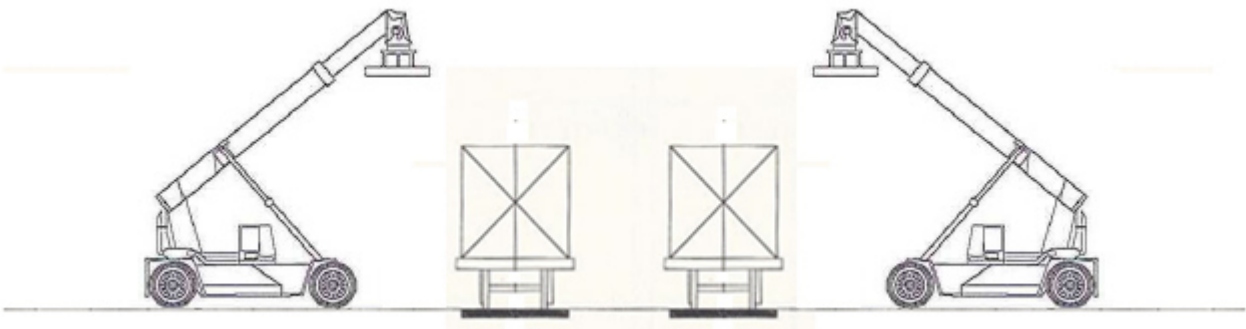


Figura 5.4.B – Layout vista frontale: due binari operativi e gru semoventi. Fonte: [40]

Con la gru a portale, invece, il numero di binari può essere indifferentemente pari o dispari, dato che il carico/scarico avviene dall'alto.

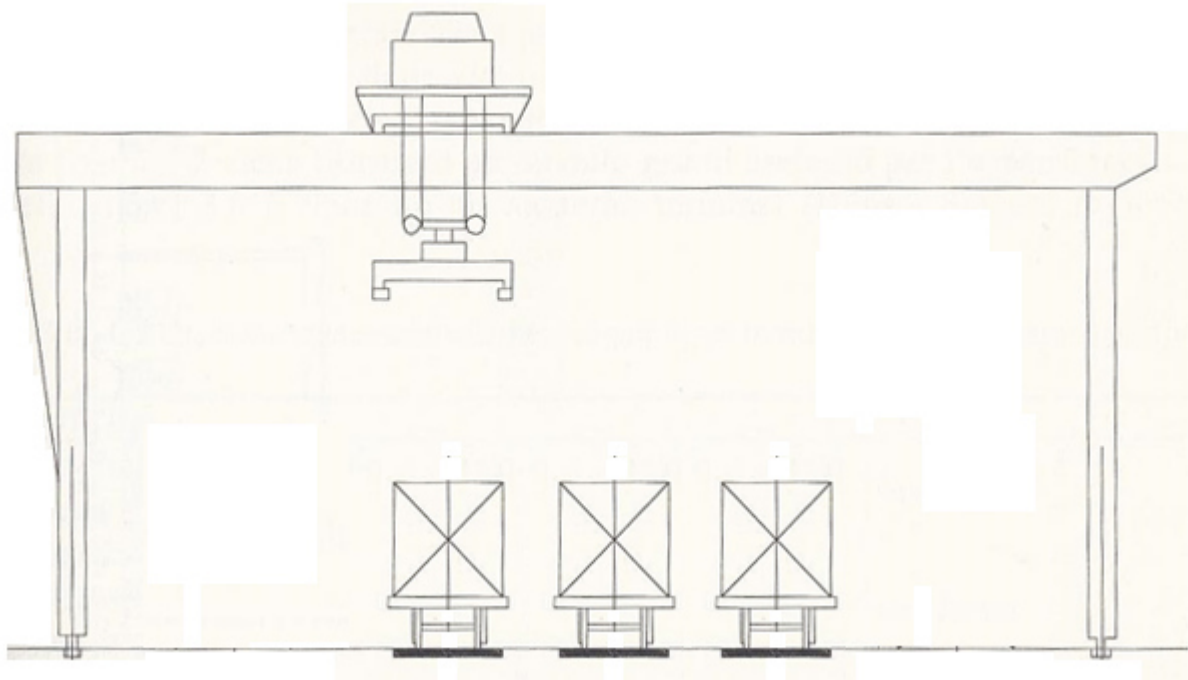


Figura 5.4.C – Layout vista frontale: tre binari operativi e gru a portale. Fonte: [40]

La soluzione adottata è mostrata in Figura 5.4.D:

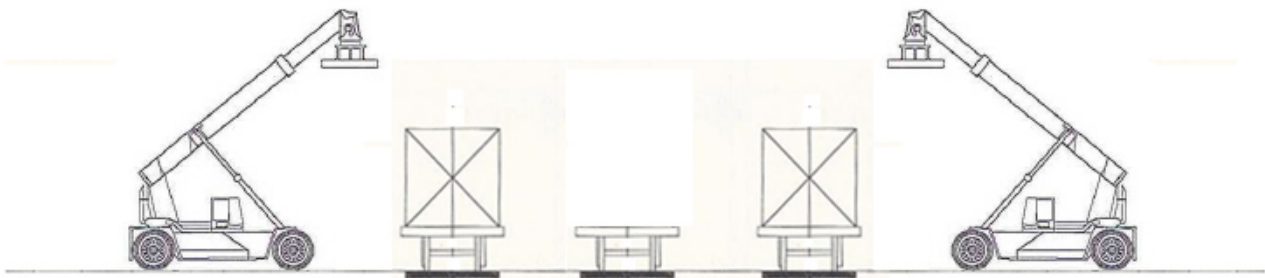


Figura 5.4.D – Layout vista frontale: tre binari di cui due operativi (esterni) e uno (centrale) di sosta e manovra, con gru semoventi. Fonte: [40]

Dal punto di vista funzionale, è un assetto analogo a quello della Figura 5.4.B, poiché i binari operativi sono effettivamente due, e il binario centrale è adibito a binario di sosta e manovra. È però chiaro che tale disposizione consente una facile evoluzione verso il layout indicato in Figura 5.4.C con la gru a portale e con la contestuale trasformazione del binario centrale in binario operativo, al pari dei due esterni.

5.4.3 Binari di presa e consegna (fascio arrivi/partenze)

Si tratta di un fascio di binari elettrificati che hanno lo scopo di ricevere i treni in arrivo, provenienti dalla linea, prima dell'ingresso vero e proprio nell'area operativa e i treni in partenza, in uscita dal Terminal, prima dell'ingresso in linea.

La sosta sul fascio arrivi e partenza ha diversi scopi: in primo luogo consente il cambio della locomotiva, in quanto i binari operativi nonché quelli di sosta e manovra non sono elettrificati, pertanto il treno giunge trainato da una locomotiva elettrica che viene sganciata dopo la sosta su uno dei binari elettrificati e sostituita da una locomotiva diesel da manovra; l'operazione inversa viene effettuata per i treni in partenza, per i quali, inoltre, la sosta sul fascio arrivi e partenze serve anche per effettuare le operazioni di verifica del caricamento, necessarie per ricevere il consenso alla partenza;

infine sia per i treni in arrivo che per quelli in partenza è necessario controllare la documentazione relativa al treno e ai carri, operazione che viene fatta durante la sosta sul fascio.

Il numero di binari è sostanzialmente correlato agli orari dei treni in arrivo e in partenza; generalmente è conveniente disporre di almeno tre binari, tuttavia in questo caso, per limitazioni dovute allo spazio disponibile, si predispongono solo due binari, di lunghezza pari a 700 metri. L'interbinario è invece quello utilizzato convenzionalmente in linea, cioè 3,55 metri.

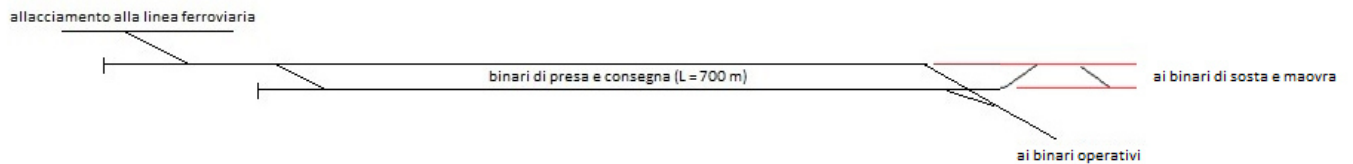


Figura 5.4.E – Layout schematico in pianta del fascio arrivi e partenze

Entrambi i binari sono dotati di tronchino di salvamento³⁶ dal lato dell'immissione in linea (sinistro).

³⁶ Il tronchino di salvamento è un tratto di binario posto al termine di un binario secondario con lo scopo di evitare l'indebito ingresso in linea di un treno non autorizzato. Può essere utilizzato anche per il ricovero temporaneo delle locomotive.

5.5 AREE DI MOVIMENTAZIONE (LATO STRADA)

Avendo dimensionato l'insieme dei binari a servizio del Terminal, si passa ora al dimensionamento delle aree dedicate alla movimentazione delle unità di carico da parte dei mezzi di manovra.

5.5.1 Corsie di carico e scarico/corsie di scorrimento

Le corsie di carico/scarico sono dedicate al trasbordo delle unità di carico tra i veicoli ferroviari e il piazzale; la loro larghezza deve essere di almeno 3,50 m³⁷ e la loro posizione è adiacente ai binari operativi (una corsia per binario).

Le corsie di scorrimento, larghe almeno 3,50 m, sono adiacenti alle corsie di carico/scarico consentono la circolazione dei veicoli che trasportano via strada le unità di carico fino al punto in corrispondenza del carro sul quale deve essere caricata l'unità di carico (o dal quale deve essere scaricata). Permettono quindi il superamento dei veicoli fermi in attesa di carico/scarico; è preferibile assegnare un senso unico di circolazione a tali corsie, in modo da evitare conflitti tra veicoli in movimento.

Oltre alle dimensioni minime delle corsie, bisogna tenere in conto dello spazio necessario alla gru semovente per l'accosto al binario operativo: tale spazio deve essere minimo pari a 16 metri.

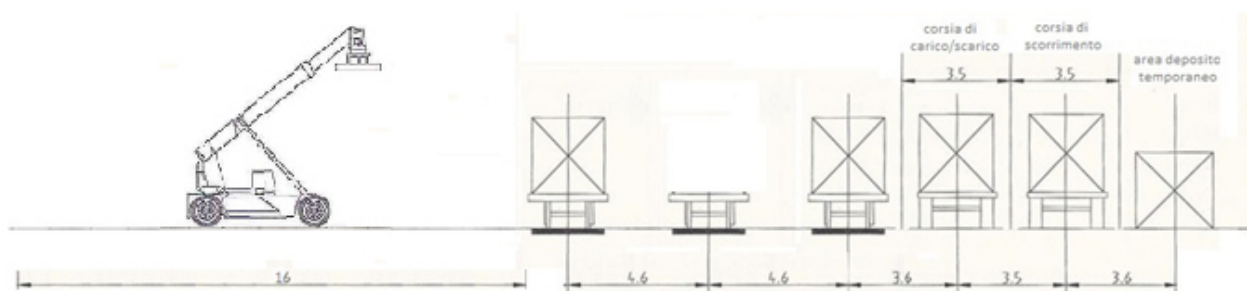


Figura 5.5.A – Layout vista frontale completo per gru semoventi (binari operativi, corsia di carico/scarico, corsia di scorrimento).

Fonte: [40]

In Figura 5.5.A è rappresentato il layout completo con il fascio di binari operativi affiancato dalla corsia di carico/scarico, dalla corsia di scorrimento e da una corsia dedicata al temporaneo deposito di unità di carico in attesa di essere caricate. Si è rappresentato lo schema per il binario operativo di destra, ma la disposizione è analoga anche per quello di sinistra, come si può osservare nel layout schematico in pianta (Figura 5.5.B).

³⁷ Secondo le norme CNR sulla costruzione delle strade.

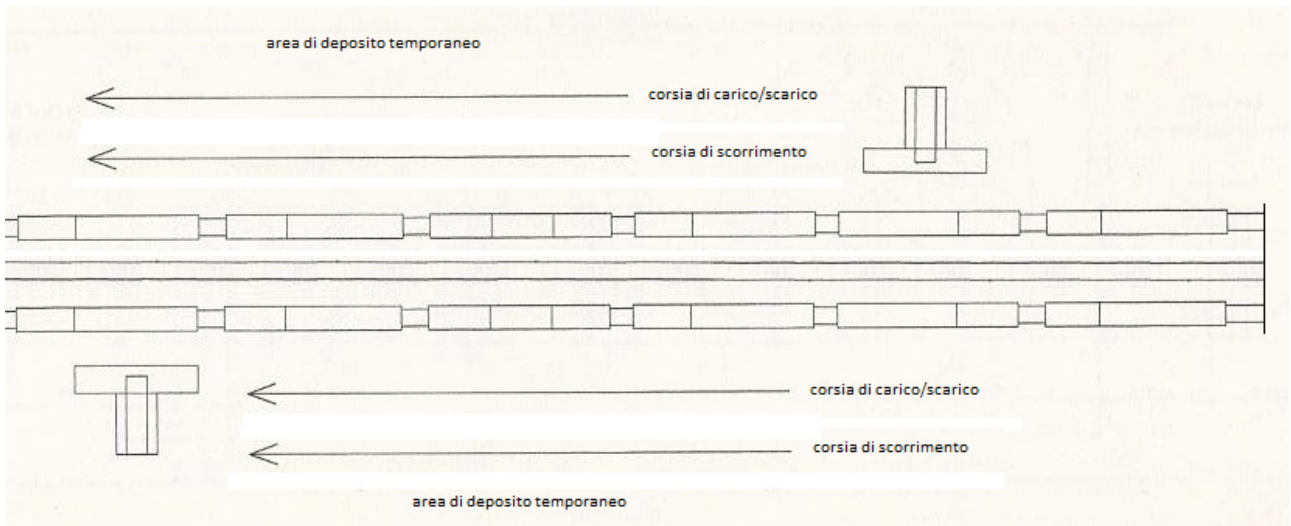


Figura 5.5.B – Layout schematico in pianta completo per gru semoventi (binari operativi, corsia di carico/scarico, corsia di scorrimento). Fonte: [40]

Nel caso di utilizzo della gru a portale, si avrebbe invece il seguente layout.

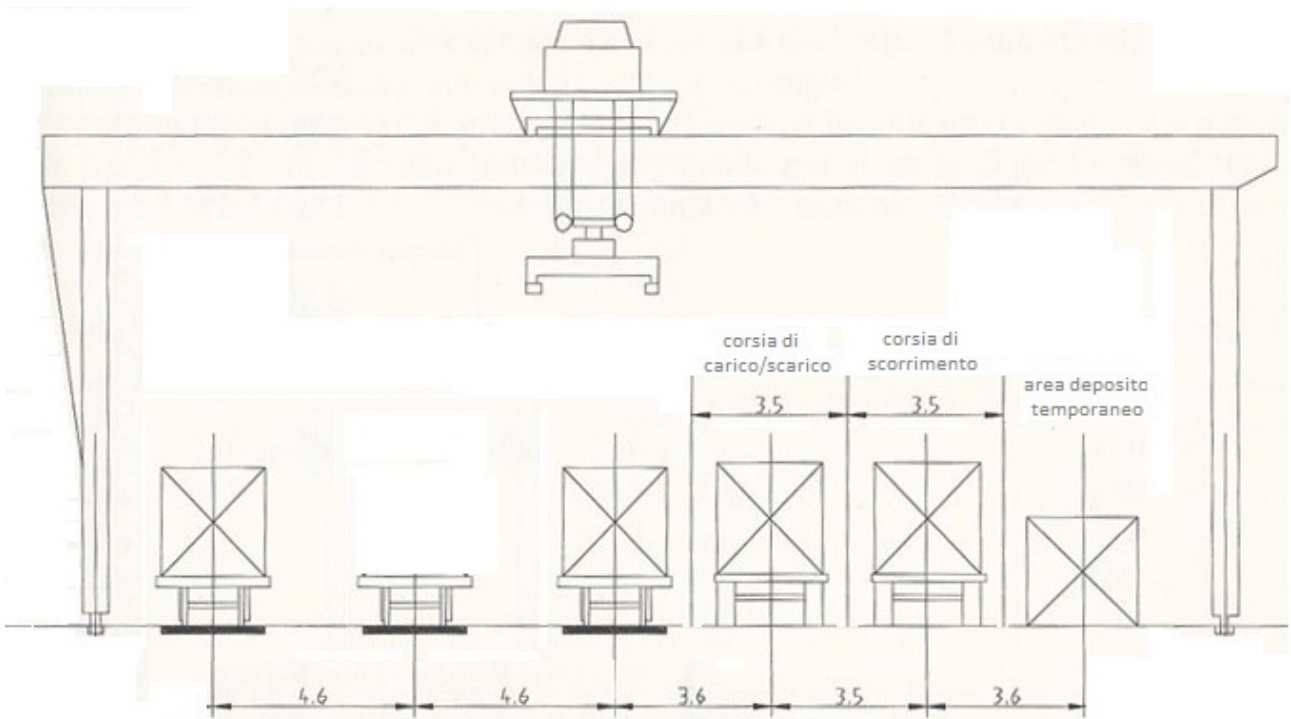


Figura 5.5.C – Layout vista frontale completo per gru a portale (binari operativi, corsia di carico/scarico, corsia di scorrimento). Fonte: [40]

Grazie alla maggiore capacità di movimentazione della gru a portale, è possibile disporre di una sola coppia di corsie per carico/scarico e scorrimento; in tal modo è possibile limitare le dimensioni della gru. Il layout schematico in pianta è il seguente.

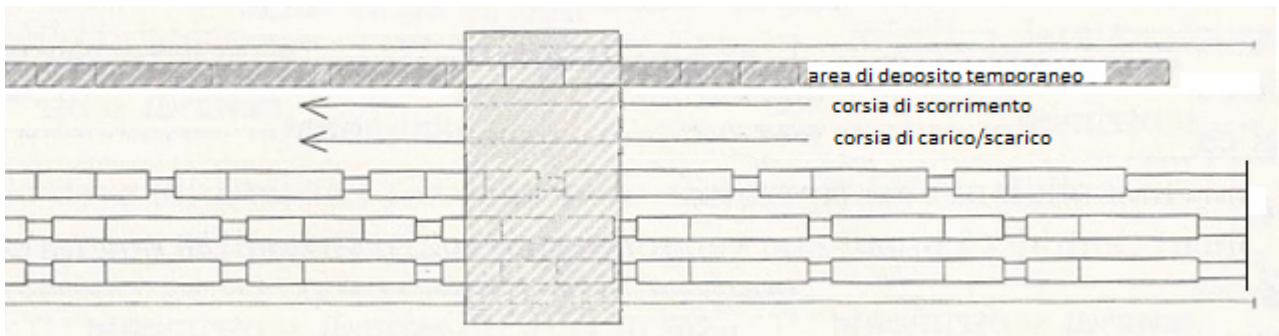


Figura 5.5.D – Layout schematico in pianta completo per gru a portale (binari operativi, corsia di carico/scarico, corsia di scorrimento). Fonte: [40]

5.5.2 Aree di deposito

Nei layout presentati si è visto che a fianco delle corsie di scorrimento sono presenti anche aree per il deposito temporaneo delle unità di carico in attesa di essere caricate; in tali aree, riconosciute come “superficie di stoccaggio attivo”, lo stazionamento delle UTI in attesa di essere caricate o in attesa del prelievo dopo lo scarico deve restare nell’ordine delle 2-3 ore al massimo, in modo da evitare interferenze nella regolare gestione del Terminal.

Generalmente, il transito delle UTI in un Terminal intermodale strada-ferrovia si esaurisce nella stessa giornata di arrivo via strada e partenza via ferrovia (o viceversa) e pertanto il magazzinaggio delle merci e la sosta prolungata delle UTI sono teoricamente escluse³⁸.

Tuttavia, nell’eventualità di soste prolungate delle UTI all’interno del Terminal (ad esempio per eventuali ritardi nel ritiro o nella consegna), è opportuno predisporre un’ulteriore area, riconosciuta come “superficie di stoccaggio passivo”. Nella Figura 5.5.D è possibile identificare la collocazione di tale area.

5.5.3 Piazzale di manovra dei veicoli stradali

Al termine dei binari tronchi è necessario collocare un piazzale per l’inversione di marcia degli autoveicoli; la piazzola può essere dimensionata come una rotonda di almeno 35 metri di diametro.

³⁸ La condizione descritta, che è una caratteristica dei Terminal intermodali strada-ferrovia, è opposta a quella che si presenta nell’interscambio modale tra navigazione marittima e ferrovia/strada: nei Terminal portuali il riferimento operativo è il traffico marittimo per cui la maggior quantità di container movimentati e i tempi di attesa di arrivo e partenza delle navi portano alla necessità di disporre di ampie aree di stoccaggio.

5.6 ZONA DI INGRESSO

5.6.1 Gate d'ingresso

Presso l'ingresso del Terminal si svolgono alcune attività essenziali:

- la consegna dei documenti (check-in) e lo scambio di informazioni sulle operazioni da svolgere tra il conducente del veicolo stradale, l'operatore della gru e l'unità di elaborazione centrale del centro operativo di coordinamento;
- il controllo del veicolo e delle UTI, per verificare che non vi siano inefficienze o danni e per segnalarli qualora vi fossero; ciò serve a evitare contestazioni da parte dei proprietari e a evitare ritardi nella partenza del treno (infatti, se durante le operazioni di verifica prima della partenza si riscontrano problemi o anomalie a un'unità di carico, questa deve essere scaricata, con conseguente rientro del treno sui binari operativi e un generale allungamento dei tempi).

La seguente tabella riassume invece le specifiche operazioni da effettuare, in base alla consegna o al ritiro di una UTI.

Tipologia	Operazioni
Consegna di una UTI	<ul style="list-style-type: none"> - accettazione (controllo esterno della UTI) - identificazione telematica del "posto treno" - assegnazione del binario e dello slot - trasmissione delle informazioni alla gru
Ritiro di una UTI	<ul style="list-style-type: none"> - identificazione del conducente - consegna del buono di ritiro - assegnazione del punto di attesa/di ritiro - trasmissione delle informazioni alla gru

Tabella 5.6.A – Operazioni effettuate presso il gate d'ingresso

Lo svolgimento di queste attività può generare code all'ingresso, la cui entità è funzione del numero di veicoli in arrivo e della potenzialità del *gate*, cioè del numero di servizi che si riescono a garantire in un determinato lasso di tempo.

I dati relativi ai veicoli da gestire sono i seguenti (nel caso di sfruttamento della capacità massima del Terminal, cfr. 5.4.1):

1.260.000 t/anno → 63.000 tiri gru/anno (20 t per unità di carico) → 210 tiri gru/giorno

per cui, nelle ipotesi che a ogni unità di carico corrisponda un veicolo e che vi sia omogeneità tra il traffico in arrivo e quello in partenza, si hanno 210 transiti complessivi al giorno (105 in entrata e 105 in uscita).

La capacità di gestione del *gate* va dimensionata tenendo conto che arrivi e partenze non sono uniformemente distribuiti nella giornata, ma presentano una concentrazione nell'ora di punta mattutina e in quella serale. Ipotizzando che il traffico per ciascuna delle due ore di punta sia il 30% del totale, si hanno in entrata (o in uscita) 32 veicoli/ora.

Assumendo che il tempo medio di servizio per effettuare le operazioni di *check-in* o *check-out* sia di 3 minuti per veicolo³⁹, si ha che il tasso medio di servizio è di 20 veicoli/ora.

Pertanto, è opportuno prevedere due varchi di ingresso, che complessivamente possono gestire 40 veicoli/ora e quindi far fronte al numero di veicoli dell'ora di punta.

È inoltre preferibile disporre di un certo numero di parcheggi all'ingresso, in modo da accogliere i veicoli in arrivo e consentirne la sosta in attesa del *check-in*.

Il *gate* d'ingresso si colloca fisicamente a ovest rispetto all'area operativa, ed è collegato alla via di accesso al Terminal, sulla quale si predispongono i parcheggi per i veicoli.

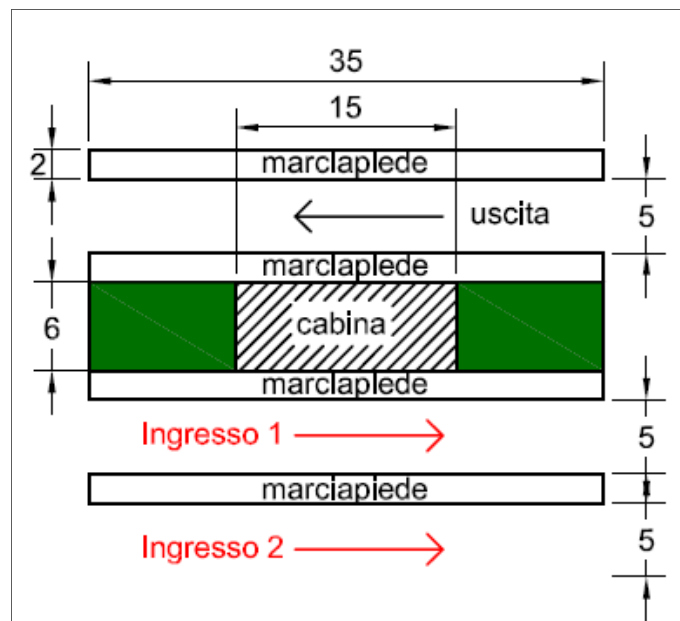


Figura 5.6.A – Gate d'ingresso

Nella Figura 5.6.A si identifica in tratteggio la cabina degli operatori addetti alle operazioni di *check-in* e *check-out*, posta al centro rispetto ai due varchi dedicati ai veicoli in ingresso (in rosso) e al varco dedicato ai veicoli in uscita (in nero).

La cabina prefabbricata è prevista di 15 metri (lunghezza) per 6 metri (larghezza), con un'altezza di 2,5 metri.

5.6.2 Parcheggi e uffici

Si prevede la realizzazione di due distinti parcheggi.

Il primo, come già anticipato nel paragrafo precedente, ha lo scopo di consentire la sosta degli automezzi in attesa del *check-in* in caso di varchi occupati, si colloca prima del *gate* ed è costituito da 15 stalli disposti a spina di pesce con un'inclinazione di 45°, e con dimensioni di 22,5 metri in lunghezza per 3,50 metri in larghezza; è in tal modo garantita la sosta anche ai veicoli più lunghi (autoarticolati di 18 metri di lunghezza).

³⁹ I tempi di servizio sono influenzati notevolmente dalla quantità di informazioni relative alla spedizione che sono state trasmesse con la prenotazione e che sono richiamate al *gate* per via telematica. In tal modo all'arrivo di un veicolo, l'autista non necessita di accedere agli uffici poiché è sufficiente che comunichi il codice di prenotazione all'operatore in cabina. Ne consegue che i tempi di servizio sono abbastanza ridotti.

L'altro parcheggio è invece a servizio dei dipendenti del Terminal ed è posto al termine della strada di accesso; si compone di 22 stalli di sosta aventi dimensioni di 4,80 m x 2,40 m (dimensioni di un autoveicolo standard).

Nell'area del parcheggio dipendenti è inoltre previsto un edificio adibito a uffici e servizi, di dimensioni in pianta 30 m x 15 m, e altezza variabile in funzione del numero di piani (uno o due).

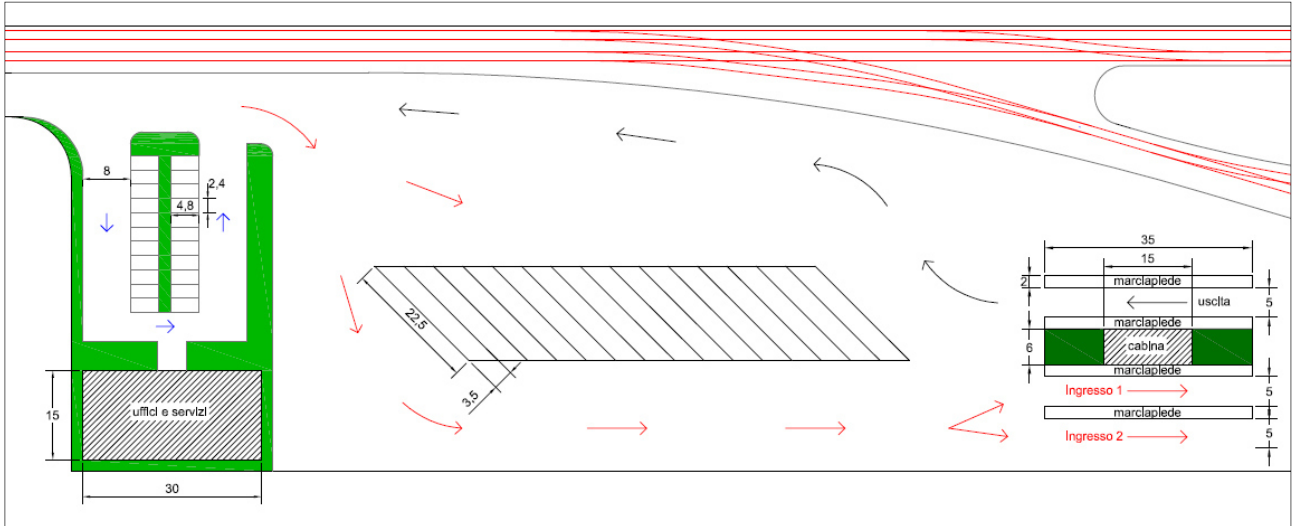


Figura 5.6.B – Parcheggio e edificio ufficio e servizi

5.7 SUPERFICIE COMPLESSIVA

In base a quanto presentato finora è possibile calcolare la superficie totale dell'area operativa del Terminal.

Per quanto riguarda l'ingombro trasversale, lo schema di riferimento è il seguente:

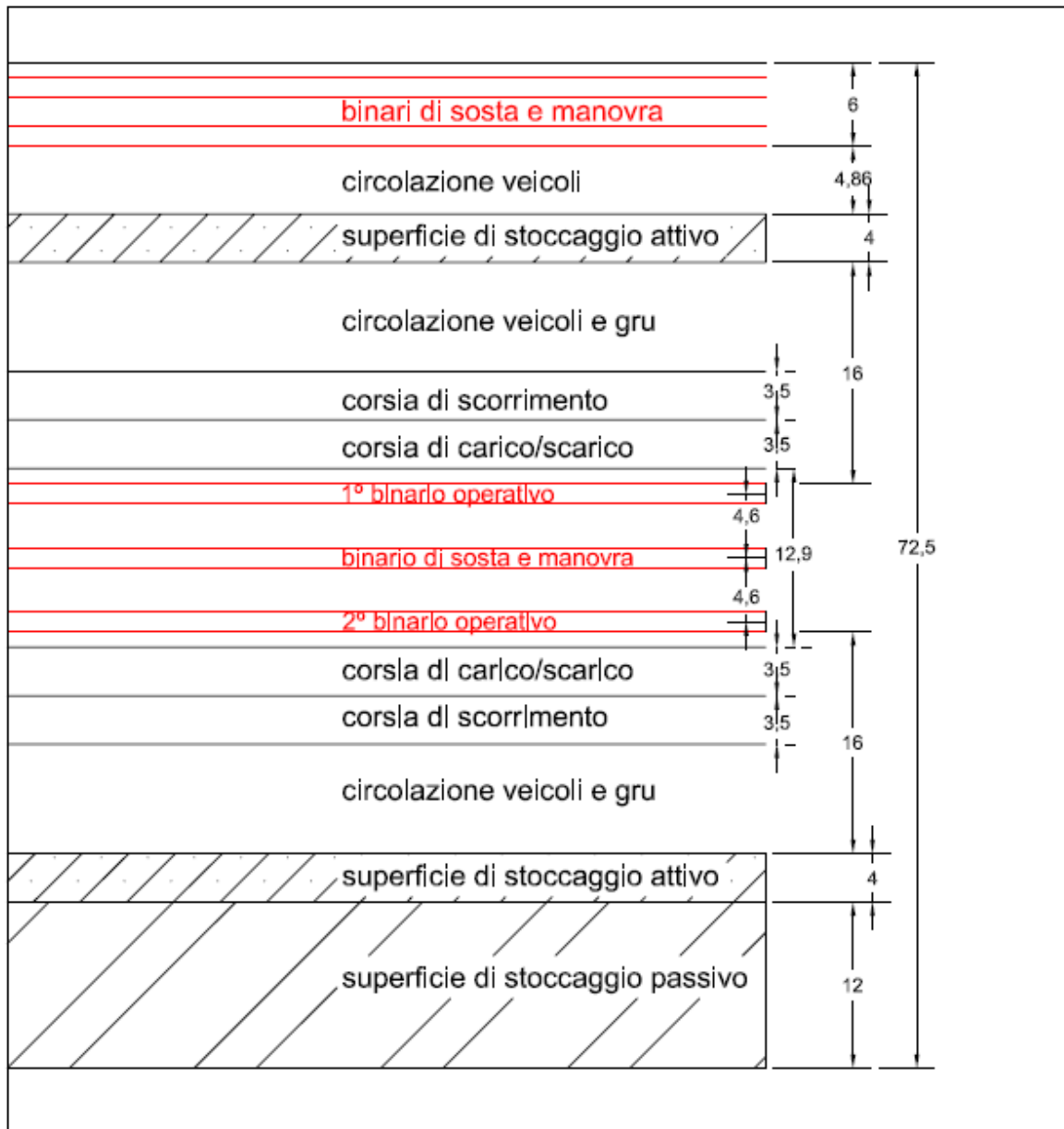


Figura 5.7.A – Superficie occupata trasversalmente

- Fascio di binari operativo: la larghezza di ciascun binario è di 1,435 metri, l'interasse è di 4,60 metri e per i binari esterni è da tenere in conto l'ingombro della sagoma ferroviaria (3,150 metri su tutto il binario). Si ha pertanto $4,60 \cdot 2 + 3,150 = 12,35$ metri, valore aumentato a **12,9 metri** per tenere in conto della distanza di 3,60 metri tra l'asse del binario e l'asse della adiacente corsia di carico/scarico.

- Striscia di 16 metri per consentire l'accosto della gru semovente al binario; tale area comprende le corsie di carico/scarico e di scorrimento (3,50 metri ciascuna) e il restante spazio per la circolazione delle gru e dei veicoli in senso opposto a quello della corsia di scorrimento.
- Superficie di stoccaggio attivo: 4 metri.
- Superficie di stoccaggio passivo: 12 metri; solo da un lato rispetto al fascio operativo.
- Binari di sosta e manovra e corsia di circolazione adiacente: 10,86 metri; tale valore comprende l'interasse tra i due binari (3,55 metri), l'ingombro della sagoma ferroviaria (3,150 metri) e la corsia di circolazione in caso vi sia la necessità di intervenire sui binari.

In definitiva la larghezza totale è $12,9 + 16 \cdot 2 + 4 \cdot 2 + 12 + 10,86 = 72,5 \text{ m}$.

L'ingombro longitudinale è invece dato dalla lunghezza del binario operativo più lungo (**700 metri**) alla quale si aggiungono le dimensioni del piazzale di manovra posto in testata ai binari tronchi (**35 metri**) e la lunghezza dell'area che comprende il binario di raccordo tra fascio operativo e fascio arrivi e partenze, il gate d'ingresso, i parcheggi e gli uffici (**260 metri**).

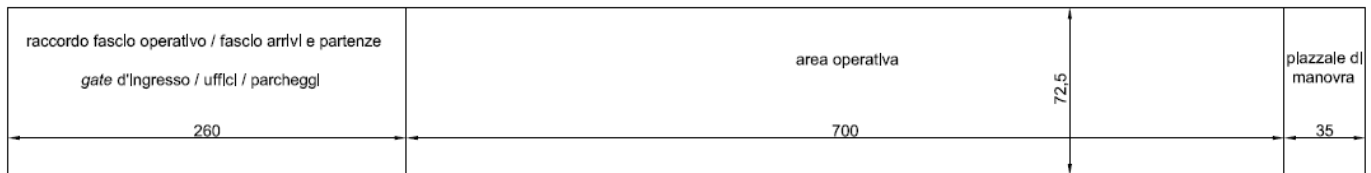


Figura 5.7.B – Superficie occupata longitudinalmente

Pertanto, la lunghezza complessiva è $700 + 35 + 260 = 995 \text{ m}$, e di conseguenza l'area totale è $72,5 \cdot 995 = 72.137,5 \text{ m}^2$, di cui circa 50.000 m^2 di area operativa.

Tenendo conto del requisito progettuale relativo alla dotazione minima infrastrutturale di $30 \text{ m}^2/\text{m}$ di binario operativo (Tabella 5.2.A), si ha:

$$680 + 700 = 1380 \text{ metri di binario operativo}$$

$$1380 \cdot 30 = 41.400 \text{ m}^2$$

per cui la superficie prevista di $72.137,5 \text{ m}^2$ soddisfa ampiamente il requisito; inoltre questo resterebbe soddisfatto anche se il binario di sosta e manovra incluso tra i binari operativi venisse convertito in binario operativo, nell'eventuale evoluzione del Terminal con gru a portale, infatti:

$$680 + 680 + 700 = 2060 \text{ metri di binario operativo}$$

$$2060 \cdot 30 = 61.800 \text{ m}^2 < 72.137,5 \text{ m}^2 .$$

Escluse dalla superficie calcolata restano la striscia di $700 \cdot 7 = 4.900 \text{ m}^2$ del fascio arrivi e partenze e la striscia di $3,5 \cdot 350 = 1.225 \text{ m}^2$ per la strada di accesso al Terminal.

5.8 CONNESSIONE ALLA LINEA FERROVIARIA

L'immissione sulla linea ferroviaria Milano – Chiasso avviene in corrispondenza della P.K. 23,865 attraverso una comunicazione tra il binario in uscita dal fascio arrivi e partenze e il binario pari⁴⁰ della linea. È necessaria inoltre una comunicazione tra il binario pari e il binario dispari per consentire ai treni provenienti da Chiasso di immettersi nel fascio arrivi e partenza. La velocità massima consentita di transito sulle comunicazioni, per i treni in arrivo e partenza dal Terminal, è di 30 km/h (nel paragrafo 5.12.1.1 si presenteranno le caratteristiche infrastrutturali che motivano tale vincolo).

Lo schema della configurazione è il seguente.

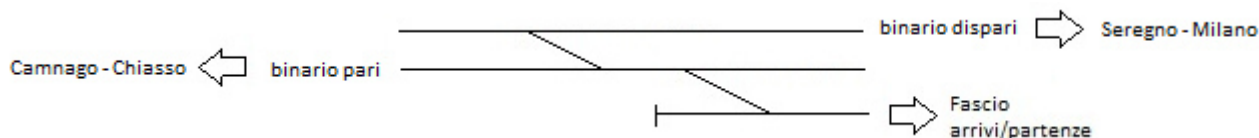


Figura 5.8.A – Schema dell'immissione in linea

Dal punto di vista impiantistico, il raccordo si viene a trovare tra le stazioni di Seregno (P.K. 21,598) e Camnago-Lentate (P.K. 27,902).

Pertanto, vista la vicinanza alla stazione di Seregno⁴¹, è possibile considerarlo come bivio di stazione, gestibile in telecomando dalla stazione stessa (per ulteriori dettagli si rimanda al successivo paragrafo 5.12.1.4).

⁴⁰ In ferrovia si parla di binario pari o dispari in base al senso di percorrenza dei treni (che a loro volta sono contrassegnati da un numero pari o dispari). La regola generale si basa sull'utilizzo del dispari per i sensi nord-sud e ovest-est, pari per sud-nord ed est-ovest. Pertanto, in questo caso, il binario pari è quello normalmente percorso dai treni diretti a nord (Chiasso).

⁴¹ La distanza effettiva tra la stazione di Seregno e il raccordo è di 2,267 km; il telecomando di un posto di movimento o di un bivio da una stazione è possibile se la distanza tra esso e la stazione è inferiore ai 2,5 km, pertanto si rientra in questo caso.

5.9 CONNESSIONE E MODIFICHE ALLA VIABILITÀ STRADALE

La connessione alla viabilità esistente avviene attraverso una via di accesso di nuova costruzione che si connette alla via Gorizia, nella parte meridionale del comune di Meda.

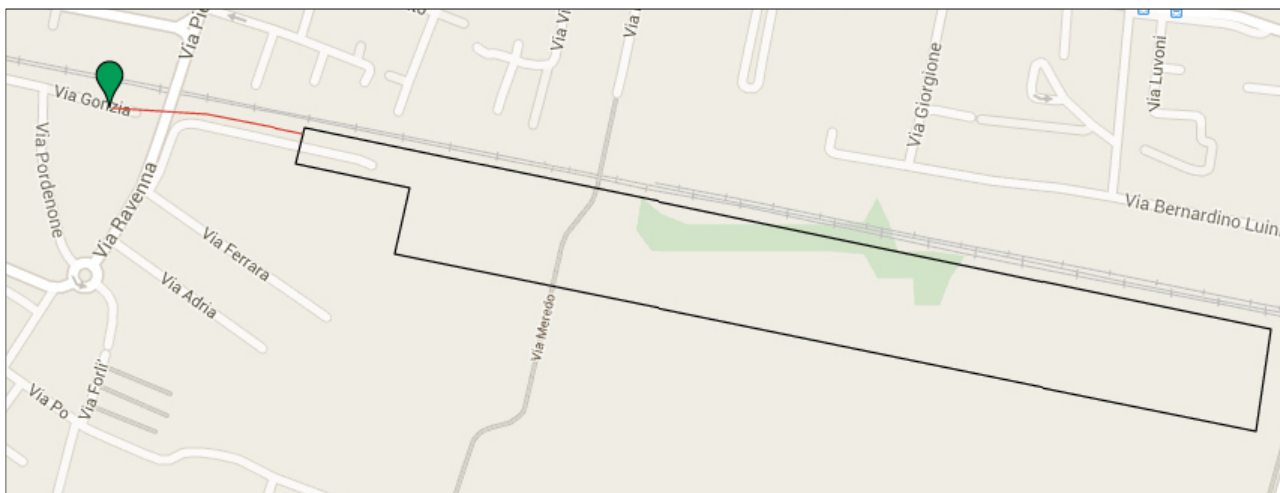


Figura 5.9.A – Connessione del Terminal alla viabilità

In nero è indicata la superficie occupata dal Terminal, in rosso la nuova strada di accesso e in verde la connessione su via Gorizia.

La nuova strada di accesso al Terminal si identifica sul prolungamento ideale dell'esistente via Gorizia, sottopassa il cavalcavia di via Ravenna e termina in corrispondenza del *gate* d'ingresso del Terminal.

Oltre alla costruzione della nuova strada, si prevede anche la ricostruzione dell'ultimo tratto di via Gorizia e la modifica della viabilità all'incrocio tra via Gorizia e via Pordenone, con la collocazione di uno stop per i veicoli provenienti da via Pordenone e l'assegnazione della precedenza ai veicoli che percorrono via Gorizia, in entrambi i sensi di marcia.

5.10 LAYOUT GENERALE

Di seguito in Figura 5.10.A si presenta il layout schematico generale del Terminal, comprensivo di tutti gli elementi precedentemente descritti.

Per il layout con le dimensioni effettive si rimanda agli Allegati 1 e 2.

Nell'Allegato 3 si presenta invece il Terminal inserito nel contesto urbanistico dell'area.

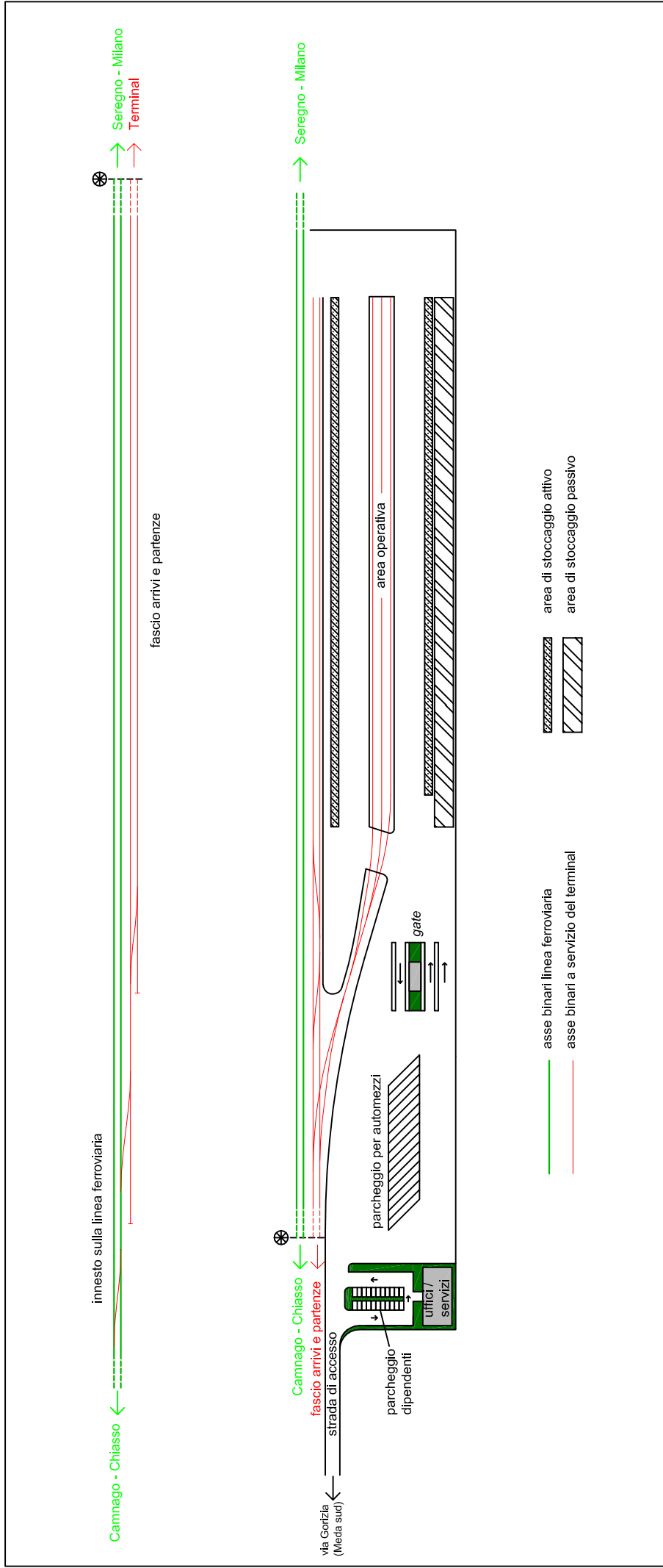


Figura 5.10.A - Piano schematico del Terminal

5.11 CIRCOLAZIONE DEI VEICOLI NEL TERMINAL

Sulla base del layout generale si descrive ora il sistema di circolazione stradale interna al Terminal e l'insieme delle manovre che coinvolgono i treni.

5.11.1 Circolazione stradale

5.11.1.1 Autoveicoli e automezzi

In Figura 5.11.A è rappresentato schematicamente il sistema di circolazione stradale previsto all'interno del Terminal.

Gli autoveicoli diretti al parcheggio dipendenti vi accedono subito al termine della strada di accesso, senza dover impegnare altre vie, che restano in tal modo dedicate al traffico pesante diretto o proveniente dal *gate*.

Gli automezzi raggiungono il parcheggio centrale o si dirigono direttamente a uno dei varchi del *gate*; dopo le operazioni di *check-in* impegnano la corsia di circolazione veicoli percorrendola fino a raggiungere il piazzale di manovra posto all'estremità del Terminal, in testa ai binari operativi. Utilizzando il piazzale, è possibile invertire la marcia e utilizzare quindi una delle due corsie di scorrimento fino al punto di carico/scarico assegnato, in base a quanto comunicato all'ingresso.

Per l'uscita dal Terminal, è necessario percorrere la corsia di scorrimento fino al termine per poi imboccare il varco di uscita a fianco del *gate*; si può notare che nel caso in cui lo slot per il carico o scarico sia assegnato al primo binario operativo (quello più in alto) al termine della corsia di scorrimento è necessario attraversare a raso il fascio di binari operativi: tale operazione deve chiaramente essere consentita solo dopo l'accertamento che non vi siano treni in manovra.

5.11.1.2 Gru semoventi e locotratte

Le gru semoventi, quando non utilizzate, sostano nell'area del parcheggio per gli automezzi, mentre per la circolazione nell'area operativa utilizzano la corsia di circolazione veicoli adiacente a quella di scorrimento. Durante le operazioni di caricamento, la gru si accosta all'unità di carico lasciata dall'automezzo sulla corsia di carico/scarico (o eventualmente in sosta sulla superficie di stoccaggio attivo o passivo), la solleva, si accosta al carro ferroviario e la colloca nell'alloggiamento. L'operazione di scarico è analoga, ma opposta.

Il locotratte, quando circola su gomma, utilizza le corsie di circolazione allo stesso modo degli automezzi.

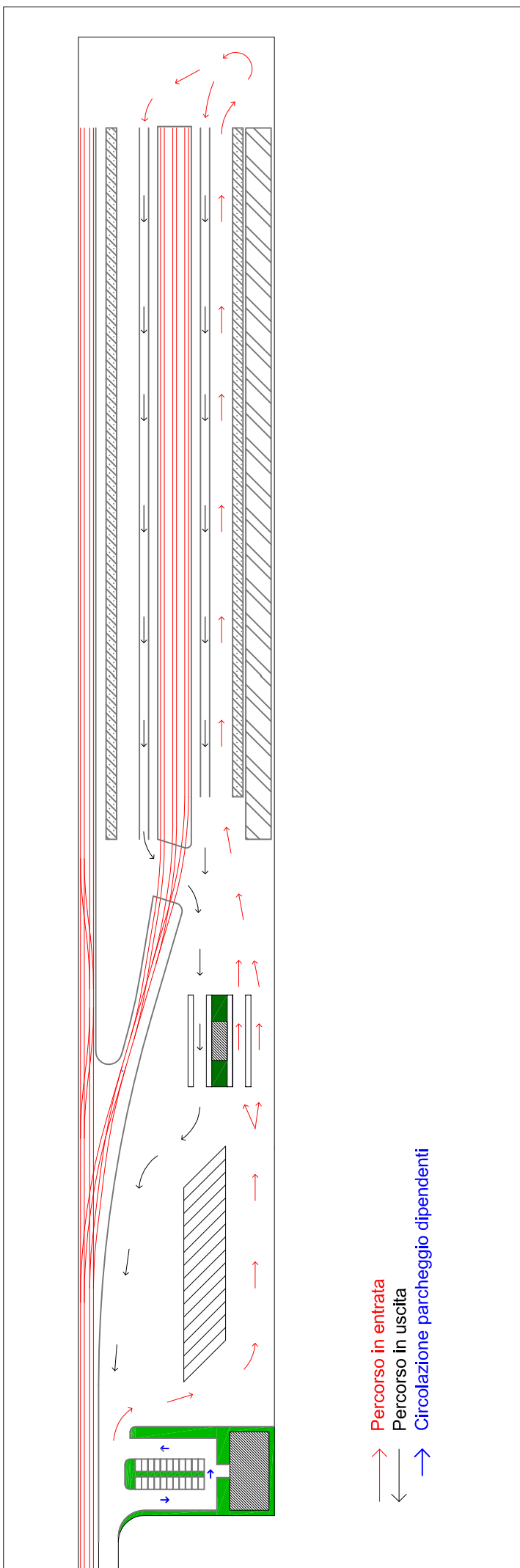


Figura 5.11.A - Circolazione dei veicoli stradali all'interno del terminal

5.11.2 Circolazione ferroviaria

Di seguito si descrivono gli spostamenti effettuati dai treni in arrivo, in partenza e le manovre all'interno del Terminal. Nelle Figure 5.11.N-C-D-E-F-G-H il percorso seguito è indicato in rosso.

5.11.2.1 Treni in arrivo

Per i treni in arrivo si effettuano le seguenti operazioni:

1) Ingresso su uno dei due binari del fascio arrivi e partenze (impegnando la comunicazione 1a-1b tra i binari di corsa della linea Milano – Chiasso e la comunicazione 2a-2b, quindi il deviatoio 3 per il binario 1 o i deviatori 3-4 per il binario 2). **Figura 5.11.B.**

2) Sgancio della locomotiva elettrica, che viene condotta su uno dei due binari di sosta e manovra, e aggancio da parte del locotratteore, in attesa sui binari di sosta e manovra (a seconda dei binari interessati possono essere coinvolti i deviatori 5, 6 e le comunicazioni 10a-10b e 11a-11b). **Figura 5.11.C.**

3) Traino da parte del locotratteore su uno dei binari operativi; al termine della manovra il locotratteore viene sganciato e si sposta via strada, sfruttando la sua doppia funzionalità (a seconda dei binari interessati possono essere coinvolti i deviatori 5, 6, 7, 8 e 9). **Figura 5.11.D.**

5.11.2.2 Treni in partenza

Per i treni in partenza si effettuano le seguenti operazioni:

1) Piazzamento della locomotiva in testa a uno dei binari del fascio arrivi e partenze, dal lato dell'allacciamento con la linea (a seconda dei binari interessati possono essere coinvolti i deviatori 5, 6 e le comunicazioni 10a-10b e 11a-11b). **Figura 5.11.E.**

2) Posizionamento del locotratteore in coda al treno caricato, sul binario operativo (all'estremità dal lato del piazzale di manovra per i veicoli) e spinta da parte del loco tratteore telecomandato dall'operatore in testa al treno sul binario del fascio arrivi e partenze su cui è stata precedentemente piazzata la locomotiva; al termine della manovra la locomotiva viene agganciata al convoglio mentre il locotratteore viene sganciato e si sposta sui binari di sosta e manovra (a seconda dei binari interessati possono essere coinvolti i deviatori 5, 6, 7, 8 e 9). **Figura 5.11.F.**

3) Effettuazione delle verifiche e dei controlli necessari e partenza del treno, con immissione sul binario pari in direzione Chiasso della linea ferroviaria (impegnano il deviatoio 3 o la comunicazione 3-4 a seconda del binario di partenza e la comunicazione 2a-2b per l'ingresso in linea). **Figura 5.11.G.**

5.11.2.3 Manovre

Nel caso in cui sia necessario liberare uno dei binari operativi per l'arrivo di un altro treno, è possibile manovrare il convoglio che è già stato scaricato dal binario operativo a uno dei binari di sosta e manovra (o anche al binario compreso tra i due operativi); con tale manovra interessa in parte anche uno dei due binari del fascio arrivi e partenze (a seconda dei binari interessati possono essere coinvolti i deviatori 5, 6, 7, 8, 9 e le comunicazioni 10a-10b e 11a-11b). In figura è evidenziato a titolo di esempio l'itinerario di manovra tra il 2° binario operativo e il 1° binario di sosta e manovra. **Figura 5.11.H.**

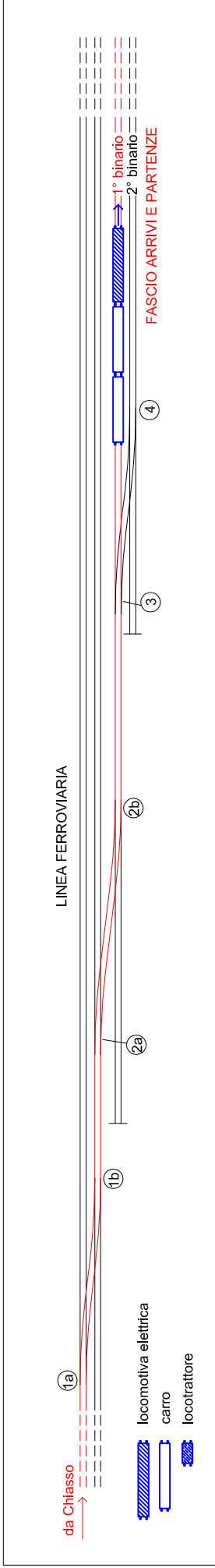


Figura 5.11.B - Arrivo del treno sul fascio arrivi e partenze

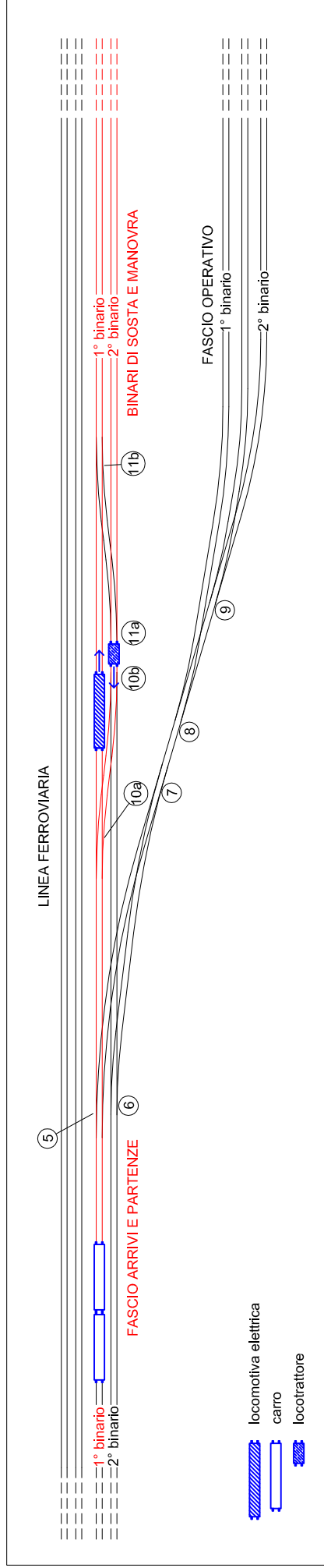


Figura 5.11.C - Sostituzione della locomotiva elettrica con il locomotore e manovra sui binari di sosta e manovra

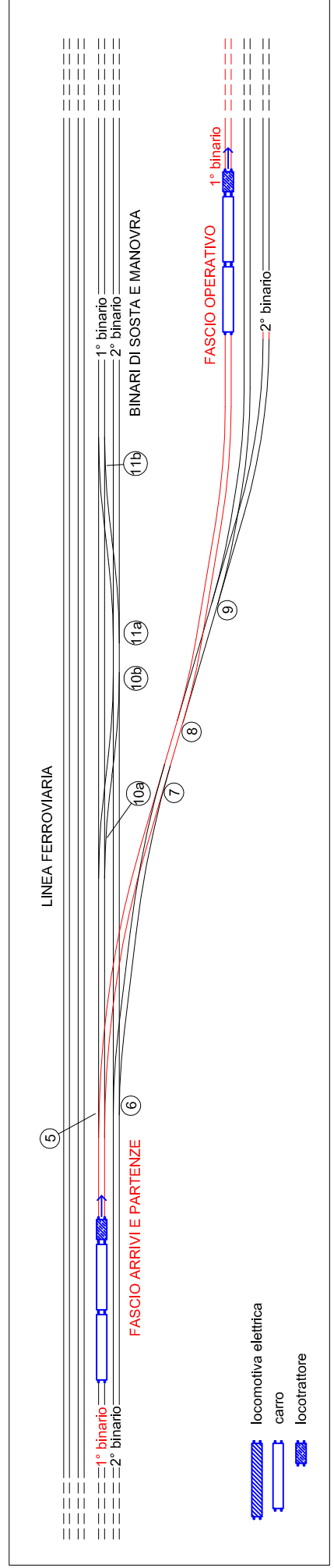


Figura 5.11.D - Manovra del convoglio sui binari operativi

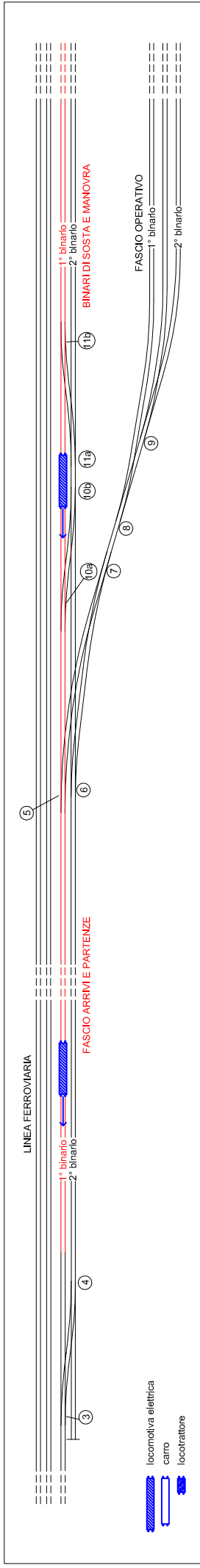


Figura 5.11.E - Manovra della locomotiva elettrica dai binari di sosta e manovra al fascio di arrivo e partenze

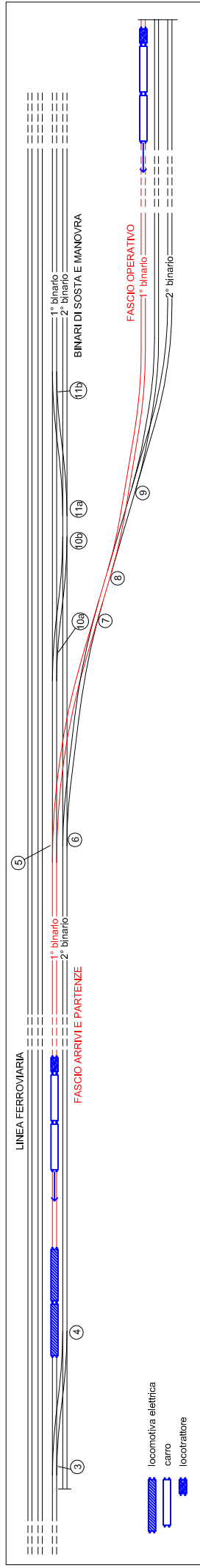


Figura 5.11.F - Manovra del treno dai binari operativi al fascio di arrivo e partenze

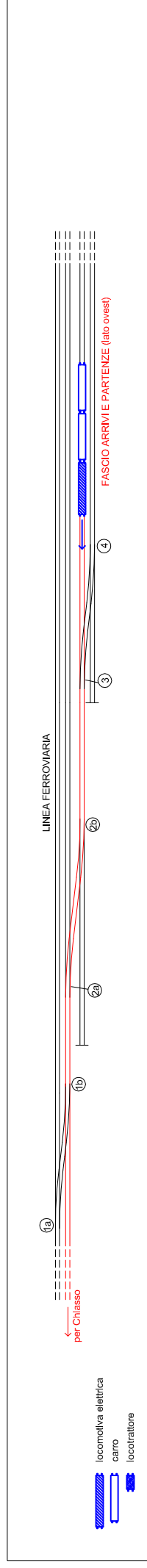


Figura 5.11.G - Partenza del treno e immissione in linea

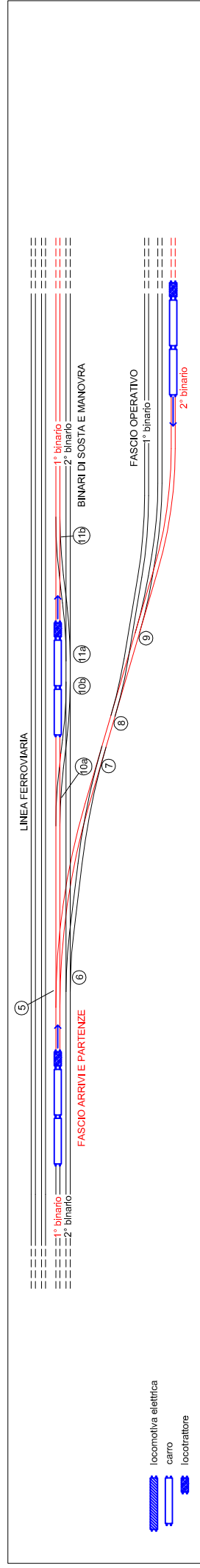


Figura 5.11.H - Manovra con locomotore dai binari operativi ai binari di sosta e manovra (o viceversa)

5.12 CARATTERISTICHE INFRASTRUTTURALI

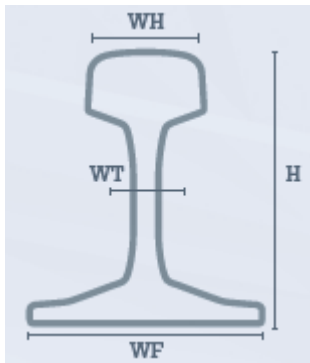
Si presentano ora le caratteristiche infrastrutturali relative all'ambito ferroviario e a quello stradale.

5.12.1 Lato ferrovia

5.12.1.1 Armamento

Per quanto riguarda l'armamento ferroviario, si prevede l'utilizzo di due differenti tipi di rotaie:

- tipo 60 UNI (da 60,21 kg/m) posate su traverse in calcestruzzo armato precompresso, con interasse di 66 centimetri su massiciata di tipo B.



Normativa	Profilo	Peso (kg/m)	H (mm)	WF (mm)	WT (mm)	WH (mm)
EN 13674-1	60E1 (60 UNI)	60,21	172,00	150,00	16,50	72,00

Tabella 5.12.A – Caratteristiche geometrica della rotaia tipo 60 UNI. Fonte: [41]

Figura 5.12.A – Profilo rotaia 60 UNI. Fonte: [41]

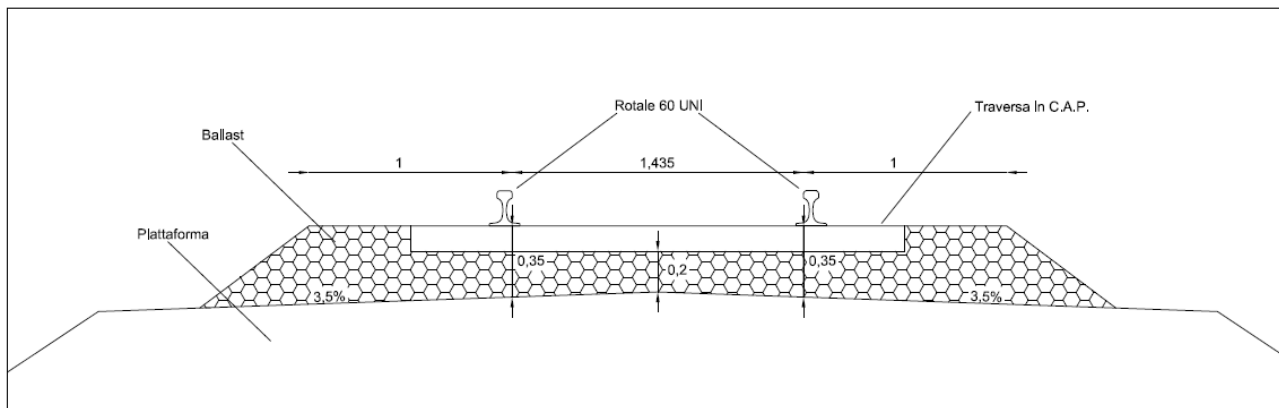
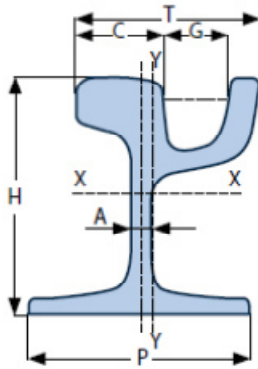


Figura 5.12.B – Sezione massiciata tipo B. Fonte: [42]

In figura la traversina rappresentata è in legno, ma si un analogo schema per traversine in C.A.P.

Questa tipologia è prevista per i binari di arrivi e partenze, per il primo tratto dei binari di sosta e manovra, incluse le comunicazioni 10a-10b e 11a-11b, per il raccordo tra il fascio arrivi e partenze e il fascio operativo e, infine, per i binari operativi (eccetto i tratti iniziali e terminali);

- tipo a gola 70 G su traverse in calcestruzzo armato precompresso, annegate in una soletta in calcestruzzo armato.



Profilo	Peso (kg/m)	H (mm)	A (mm)	P (mm)	G (mm)	T (mm)	Profondità gola (mm)
70G	68,29	200,00	13,00	180,00	69,57	146	47,00

Tabella 5.12.B – Caratteristiche geometrica della rotaia a gola tipo 70G. Fonte: [43]

Figura 5.12.C – Profilo rotaia 70G. Fonte: [43]

Tale tipo di rotaia è necessaria laddove i binari debbano essere attraversati anche dai veicoli stradali. Nel caso specifico, tale condizione si ha in corrispondenza del tratto iniziale del fascio operativo, dove è prevista l'intersezione a raso che consente il ritorno degli automezzi impegnati sulla corsia di carico/scarico del 1° binario operativo, e per i tratti in cui è previsto il cambio di funzione del locotratto da gomma a ferro e viceversa, e cioè nel secondo tratto dei binari di sosta e manovra e al termine dei binari operativi (in testata dal lato del piazzale di manovra).

5.12.1.2 Deviatoi

I deviatoi utilizzati sono del tipo S60 UNI/170/0,12 nelle due differenti versioni a cuore retto e a cuore curvo, a seconda della necessità. La velocità massima consentita per percorrere il ramo deviato è di 30 km/h; per i deviatoi interni al Terminal anche il ramo in corretto tracciato è comunque percorso al massimo a tale velocità, trattandosi di operazioni di manovra.

Per i deviatoi 1a-1b e 2a, invece, essendo il ramo in corretto tracciato parte della linea ferroviaria, la velocità massima di percorrenza è quella della linea stessa.

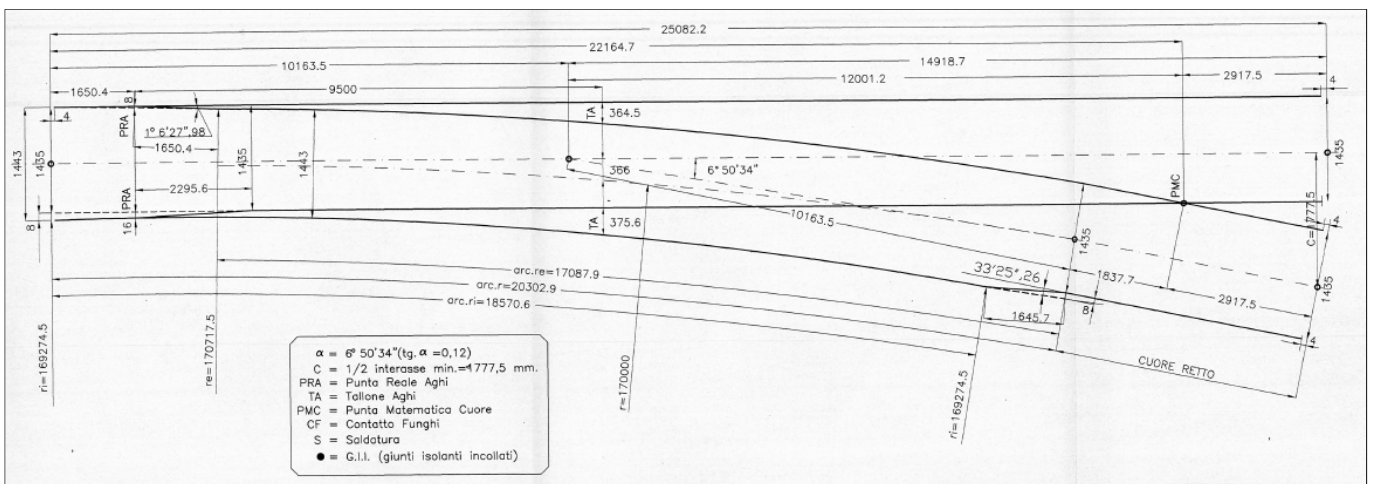


Figura 5.12.D – Deviatoio S60 UNI/170/0,12 a cuore retto (caratteristiche geometriche). Fonte: RFI

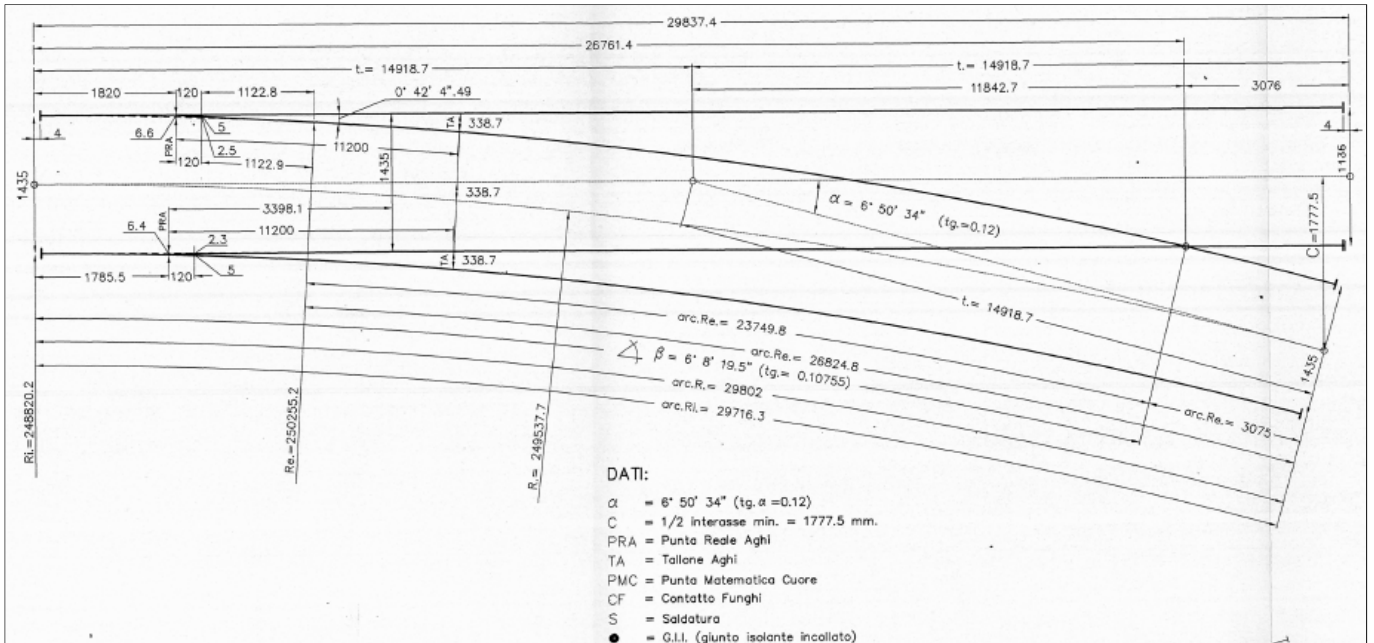


Figura 5.12.E – Deviatoio S60 UNI/170/0,12 a cuore curvo (caratteristiche geometriche). Fonte: RFI

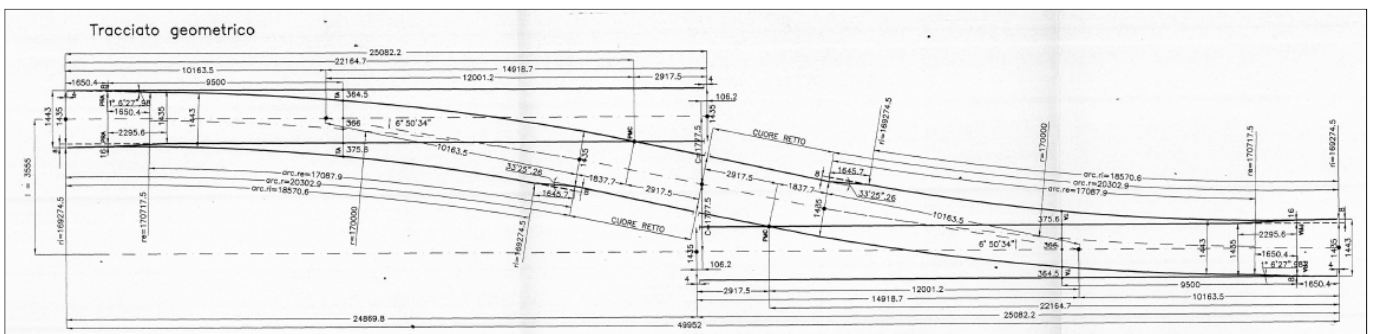


Figura 5.12.F – Comunicazione tra due deviatoi S60 UNI/170/0,12 a cuore retto (caratteristiche geometriche). Fonte: RFI

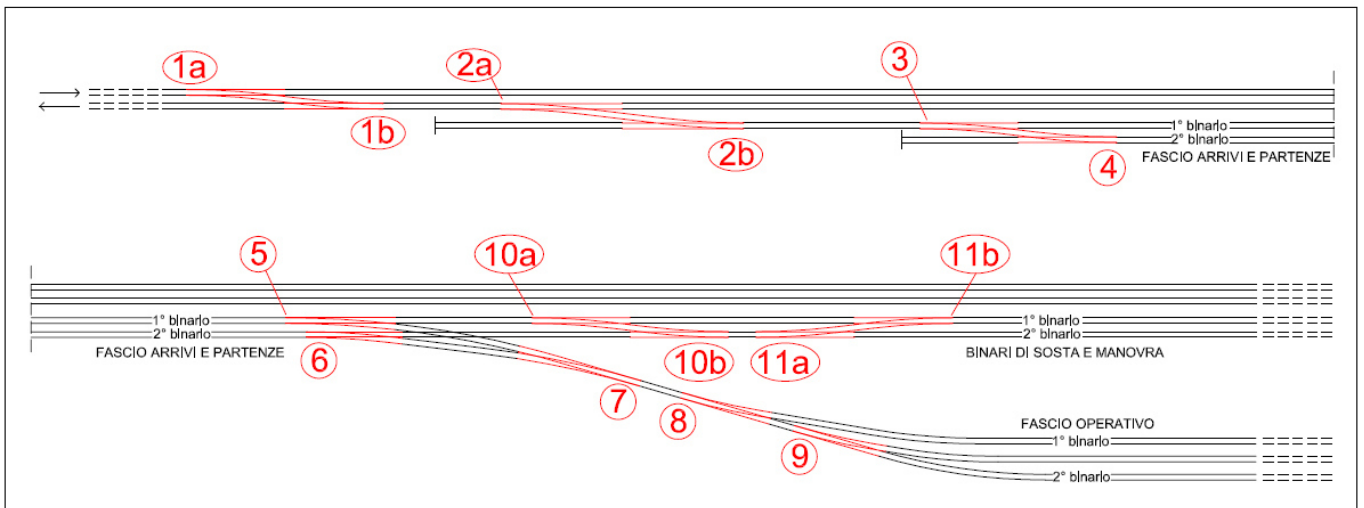


Figura 5.12.G – Piano schematico deviatoi

In particolare, facendo riferimento alla Figura 5.12.G, sono state adottate le caratteristiche in Figura 5.12.D per i deviatoi 6, 8 e 9 (cuore retto), quelle in Figura 5.12.E per i deviatoi 5 e 7 (cuore curvo) e quelle in Figura 5.12.F per i deviatoi delle comunicazioni 1a-1b, 2a-2b, 3-4, 10a-10b e 11a-11b.

I deviatori dal 3 al 11b sono tutti tallonabili⁴² e manuali, manovrabili da parte di un operatore; i deviatori delle comunicazioni 1a-1b e 2a-2b (immissione in linea) sono invece intallonabili e telecomandati dalla stazione di Seregno.

5.12.1.3 Alimentazione elettrica

È prevista l'elettrificazione dei binari del fascio arrivi e partenze e dei binari di sosta e manovra, ovvero quelli su cui è prevista la circolazione o la manovra delle locomotive elettriche.

In particolare, il sistema della trazione elettrica sarà costituito dai seguenti elementi:

- linea da 320 mm², con corda portante da 120 mm² regolata e due fili di contatto da 100 mm² regolati;
- pali a traliccio della serie LS 14a della serie LS 16a per gli ormeggi.

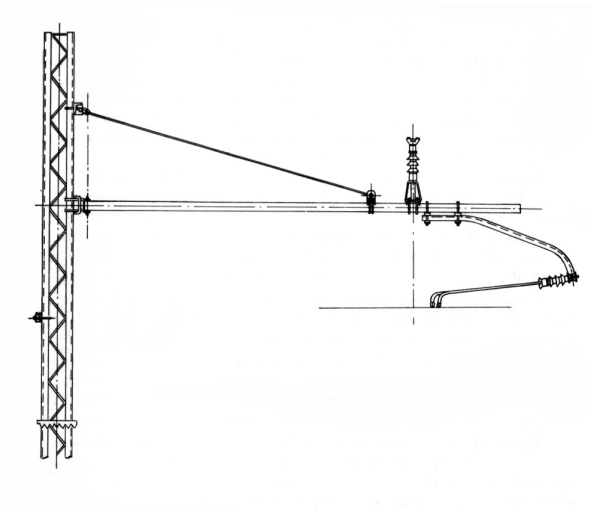


Figura 5.12.H – Palo LS14a, mensola e sospensione con isolatori. Fonte: RFI

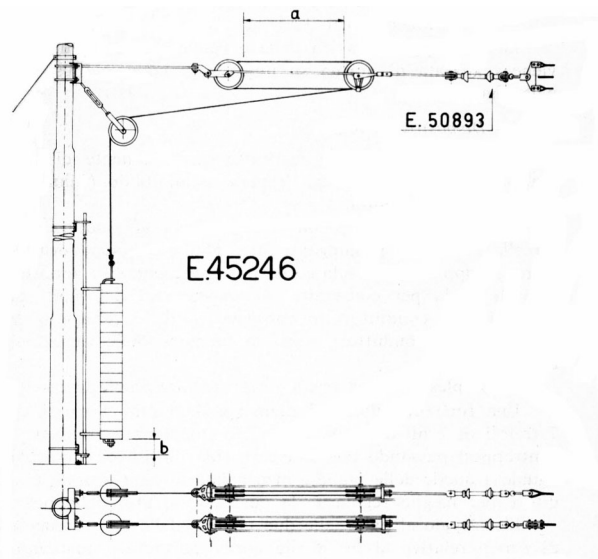


Figura 5.12.I – Palo LS 16a per ormeggio regolato con contrappesa tura. Fonte: RFI

5.12.1.4 Impianti di segnalamento

Per quanto riguarda gli impianti di segnalamento per la gestione del movimento dei treni, il fascio arrivi e partenze sarà protetto da un unico segnale di partenza per impedire o consentire l'ingresso in linea, mentre il bivio che permette l'accesso al fascio dalla linea sarà protetto dal relativo segnalamento di protezione.

Per i deviatori di immissione/svincolo dalla linea è prevista la manovra elettrica e la gestione delle operazioni di movimento sarà affidata alla stazione di Seregno, con modifica del banco ACEI⁴³.

È infine necessario prevedere telefoni in cassa stagna su palina presso le radici del fascio arrivi e partenze, sia lato immissione in linea sia lato Terminal; tali telefoni devono essere collegati alla cabina ACEI e hanno lo scopo di poter scambiare eventuali comunicazioni tra stazione e Terminal.

⁴² Un deviatoio si dice tallonabile se può essere impegnato da un veicolo ferroviario in configurazione non corretta (di calcio) senza che l'apparato meccanico dello stesso non venga danneggiato. Al contrario, un deviatoio intallonabile non può essere impegnato in alcun caso da un veicolo ferroviario in configurazione non corretta.

⁴³ Il banco ACEI (Apparato Centrale Elettrico a Itinerari) è uno dei sistemi di comando centralizzato utilizzato in ferrovia per la gestione dell'esercizio ferroviario di una stazione (comando di segnali alti, segnali di manovra, deviatori ...).

5.12.2 Lato strada

Per il dimensionamento della pavimentazione di tutte le zone soggette al transito dei veicoli, si è fatto riferimento al Catalogo delle pavimentazioni stradali redatto dal Consiglio Nazionale delle Ricerche [44].

Utilizzando tale Catalogo, dopo aver individuato il tipo di strada che interessa, è sufficiente conoscere il modulo resiliente del terreno di fondo e il traffico pesante previsto per determinare la sezione adatta al caso in esame. In questo caso, si ipotizza che il modulo resiliente sia pari a 90 N/mm^2 , mentre per il numero di veicoli in transito si considera un valore medio/basso (1.500.000 veicoli annui).

5.12.2.1 Pavimentazione per area operativa e parcheggio automezzi

La pavimentazione prevista per tutto il piazzale del Terminal, comprendente il parcheggio per automezzi, le corsie adiacenti ai binari e il piazzale di inversione, e per la strada di accesso è del tipo rigida con lastra di calcestruzzo ad armatura continua, costituita dagli strati rappresentati in Figura 5.12.K (la strada di riferimento è una extraurbana secondaria). Questo tipo di pavimentazione è idoneo a sopportare i carichi derivanti dal transito dei veicoli pesanti.

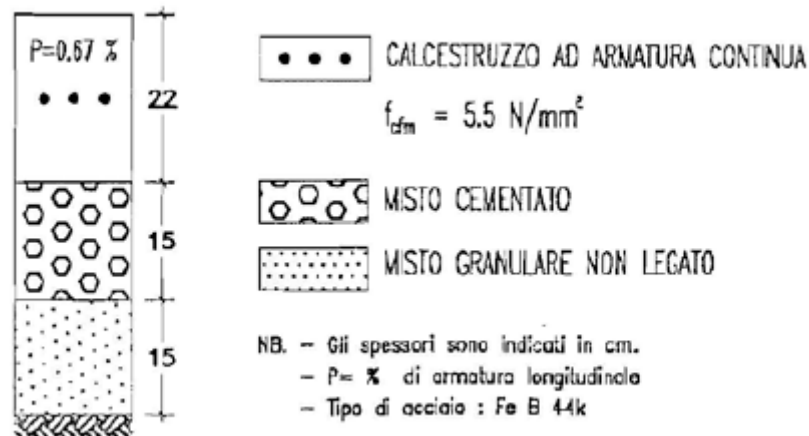


Figura 5.12.J – Pavimentazione rigida da Catalogo CNR. Fonte: [44]

In Figura 5.12.K si mostra una sezione della pavimentazione, per la quale si è aggiunto anche uno strato di copertura in conglomerato bituminoso.

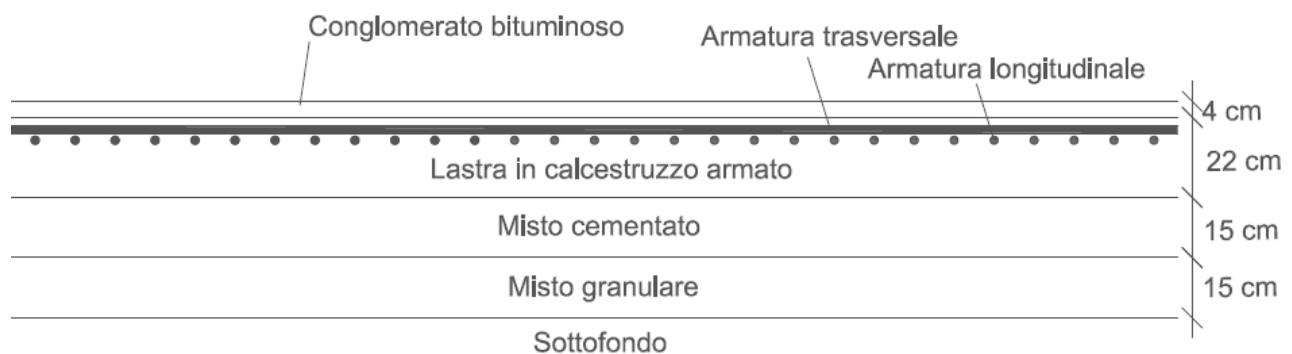


Figura 5.12.K – Pavimentazione rigida per l'area operativa

5.12.2.2 Pavimentazione per attraversamenti a raso dei binari

Per gli attraversamenti a raso dei binari, dove viene utilizzata la rotaia a gola tipo 70 G, la struttura della pavimentazione è sostanzialmente analoga alla pavimentazione rigida descritta nel paragrafo precedente, con alcune differenze (Figura 5.12.L).

Le rotaie sono in parte annegate nello strato di conglomerato bituminoso e in parte nel calcestruzzo che riempie lo spazio tra esse, e sono collegate tra loro da un sistema di tiranti (un tirante ogni 60 cm). A causa della presenza della piattaforma in calcestruzzo armato su cui poggiano le rotaie, lo strato costituito dalla lastra in calcestruzzo ad armatura continua ha uno spessore maggiore.

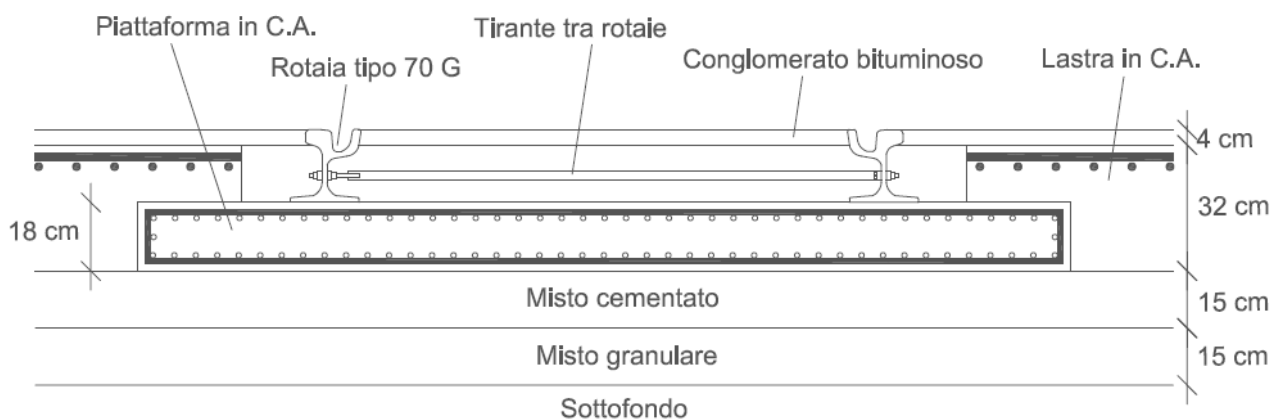


Figura 5.12.L – Pavimentazione polifunzionale con rotaia a gola inclusa

5.12.2.3 Pavimentazione per parcheggio dipendenti

Per il parcheggio dipendenti, non soggetto al transito di veicoli pesanti, si prevede l'utilizzo di una pavimentazione flessibile (Figura 5.12.M).



Figura 5.12.M – Pavimentazione flessibile per il parcheggio dipendenti

In Figura 5.12.N si presenta il prospetto completo delle pavimentazioni utilizzate su tutta l'area del Terminal.

5.12.2.4 Illuminazione

Per l'illuminazione notturna si prevede l'installazione di torri faro nell'area operativa, in quantità di una torre ogni 100 metri, per cui risultano necessarie 9 torri faro e di un sistema di illuminazione tradizionale lungo la strada di accesso e nel parcheggio dipendenti.

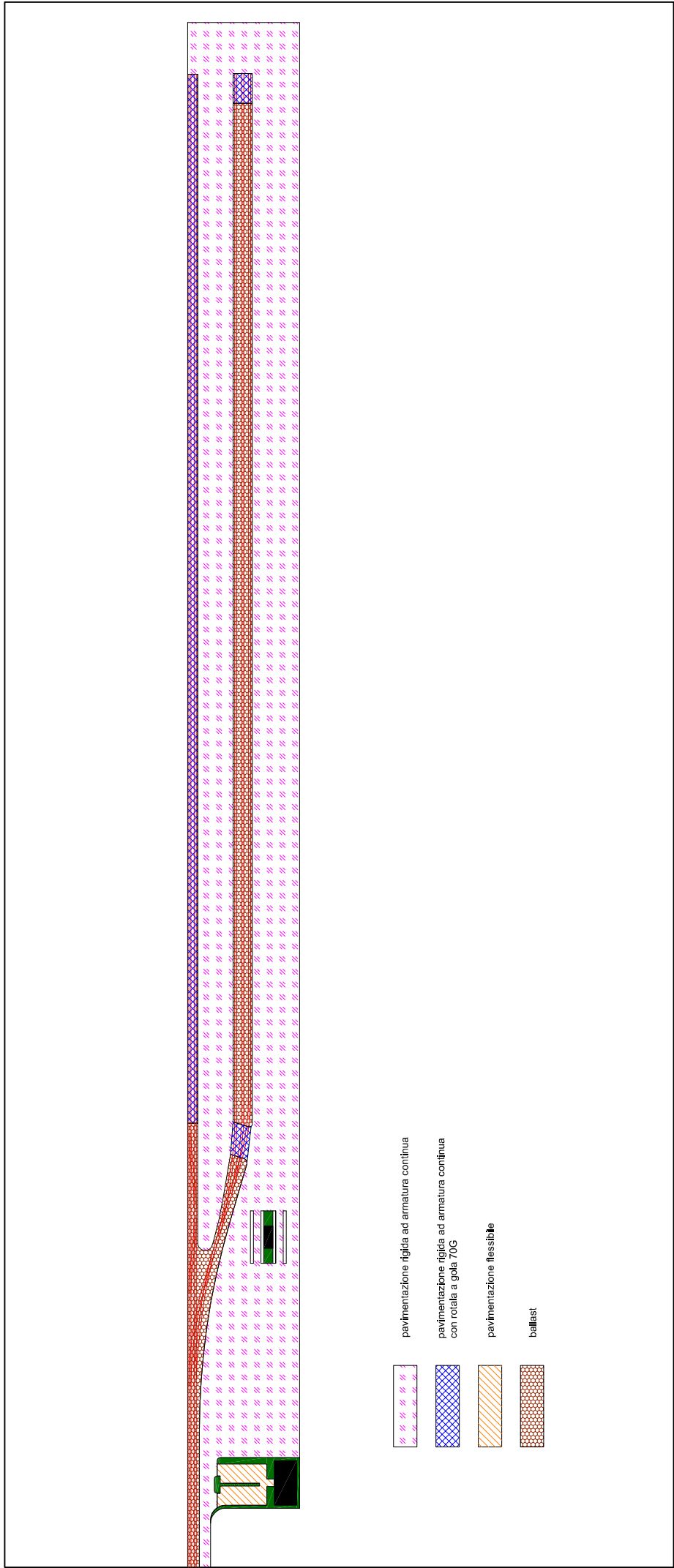


Figura 5.12.N - Piano schematico delle pavimentazioni

5.13 DIMENSIONAMENTO DEL PERSONALE

Per garantire la funzionalità del Terminal è necessario distinguere il personale dell'area operativa dal personale d'ufficio.

Nell'area operativa devono essere previsti gli operatori delle gru, i conducenti del veicolo bimodale e gli operatori a terra, con il compito di svolgere le operazioni di check-in e check-out. Per questa parte di personale è da prevedere la giornata su tre turni, in quanto il Terminal è attivo dalle 5:00 alle 23:00.

Il personale d'ufficio svolge invece le pratiche amministrative e pertanto non è soggetto a turnazione, lavorando sulla giornata di 8 ore; lo stesso vale per il direttore responsabile del Terminal.

Resta infine da prevedere il personale per il controllo e la sicurezza del Terminal, da disporre anch'esso sull'intera giornata di 24 ore, su tre turni.

Funzione	Quantità	Ore
Direttore	1	8
Personale d'ufficio	2	8
Personale a terra	8	6 su tre turni
Operatori di gru	8	6 su tre turni
Conducenti	4	6 su tre turni
Guardiano	4	6 su tre turni

Tabella 5.13.A – Personale necessario per l'operatività del Terminal

Per le quantità si sono fatte le seguenti considerazioni:

- oltre al direttore, sono sufficiente due persone in ufficio, in quanto il Terminal ha dimensioni modeste;
- per il personale che lavora sui tre turni, sono state considerate 4 persone effettive, ovvero una per turno e una aggiuntiva, per tenere conto del riposo, delle ferie e della malattia;
- per il personale a terra si contano due unità, in modo da poter gestire le situazioni di più arrivi contemporanei per il check-in oppure di arrivi contemporanei a partenze;
- gli operatori di gru previsti sono due, in quanto delle tre gru semoventi computate (cfr. Paragrafo 5.3.1) una è considerata di riserva, mentre due sono previste in attività simultanea;
- si è calcolato un solo conducente per il veicolo bimodale, in quanto in ogni caso è possibile manovrare un solo treno per volta o parte di esso.

5.14 DIMENSIONAMENTO DEL PARCO CARRI

Nel Paragrafo 4.2.2 è stata definita la tipologia di carro che si prevede di utilizzare, ovvero il carro poche tipo T3 (S14), ed eventualmente i carri tipo T5 per il trasporto dei semirimorchi di ultima generazione. È stata inoltre definita la composizione massima di un treno in partenza dal Terminal sulla base delle caratteristiche infrastrutturali della linea e avendo assunto un determinato carico medio per unità di trasporto (20 tonnellate).

A questo punto resta da definire il numero di carri necessari per poter effettuare le tre coppie di treni al giorno che si prevede di gestire nel Terminal, determinate nel Paragrafo 5.4.1.

Va sottolineato che non si prevede l'acquisto dei carri ma, come spesso si usa in vari impianti già esistenti, si procede con il noleggio da parte della società che si prende carico di effettuare il servizio a terzi che dispongono del materiale rotabile e lo affidano a nolo.

Tenendo quindi conto della composizione ideale individuata nel Paragrafo 4.2.2.1, e cioè:

Locomotiva (E189) + 35 carri (tipo T3/S14) oppure Locomotiva (E189) + 29 carri (tipo T5)

si ha nel primo caso (carri T3) un trasporto di 35 UTI, e riprendendo l'assunzione per cui il carico medio è di 20 tonnellate, si hanno quindi 700 tonnellate di merce trasportata; nel secondo caso (carri T3) con 29 UTI si trasportano invece 580 tonnellate di merce.

In un viaggio completo di andata e ritorno (*round trip*) si trasportano quindi 1.400 tonnellate oppure 1.060 tonnellate totali; questo nell'ipotesi di relazioni di traffico equilibrate nelle due direzioni (cioè che sia all'andata sia al ritorno si trasporti la stessa quantità di merce) e di elevato utilizzo della capacità di trasporto ferroviaria (ovvero che la coppia di treni circoli tutti i giorni).

Si ricorda poi che le tonnellate trasportate all'anno sono 1.260.000 (nell'ipotesi di piena funzionalità del Terminal), a cui corrispondono 4.200 tonnellate al giorno (assumendo che i giorni lavorativi siano 300 all'anno), se si utilizzano i carri T3; sono invece 1.044.000 tonnellate/anno (3.480 tonnellate/giorno) se si utilizzano i carri T5.

Pertanto, per 3 coppie di treni al giorno che in un anno trasportano i quantitativi di merce indicati sono necessari

35 carri/treno * 6 treni/giorno = 210 carri tipo T3

oppure **29 carri/treno * 6 treni/giorno = 174 carri tipo T5**

In entrambi i casi è opportuno tenere un margine di circa il 10% per eventuali carri in manutenzione.

Pertanto, i numeri definitivi sono:

Tipo di carro	Quantità
T3/S14	230
T5	190

Tabella 5.14.A – Parco carri: tipo T3 in alternativa al tipo T5

È chiaro che le quantità effettive dipendono dalla scelta del tipo di carro; si è già parlato nel Paragrafo 4.2.2 dei vantaggi di ciascuno dei carri presi in considerazione; in particolare si ricorda che sui carri T3 per questioni geometriche di alloggiamento non possono essere caricati i semirimorchi di ultima generazione, cosa che è invece possibile per i carri T5. Il vantaggio dei carri T3 sta invece nella ridotta

lunghezza ai respingenti, per cui è possibile formare treni più lunghi (di fatto la composizione con i carri T3 prevede sei veicoli in più rispetto a quella con i carri T5).

Un possibile compromesso potrebbe essere pertanto il noleggio di entrambi i tipi di carro, in quantità ovviamente inferiore a quelle indicate in Tabella 5.14.A; si potrebbe ad esempio considerare che una delle tre coppie di treni sia costituita interamente da carri T5 mentre le altre due coppie da carri T3.

In tal caso il parco carri sarebbe costituito come da Tabella 5.14.B.

Tipo di carro	Quantità
T3/S14	155 (140 in turno e 15 di riserva)
T5	68 (58 in turno e 10 di riserva)
TOTALE	223

Tabella 5.14.B – Parco carri: assortimento dei tipi T3 e T5

Questa non è chiaramente l'unica opzione possibile; ad esempio si possono costituire anche composizioni miste con entrambi i tipi ed eventualmente variare le quantità nolleggiate in base alla domanda di semirimorchi di ultima generazione trasportabili solo sui carri T5.

5.15 ALTERNATIVE POSSIBILI

Si considerano ora alcune possibili alternative di sviluppo del Terminal.

Alcune di esse sarebbero applicabili anche basandosi sulla configurazione presentata nel Paragrafo 5.10 o comunque introducendo modifiche infrastrutturali di modesta entità; altre invece prevedono un diverso uso degli spazi per cui una loro applicazione necessiterebbe un diverso disegno di alcune aree del Terminal, in particolare dell'area operativa.

5.15.1 Gestione di tutti i tipi di UTI

Il Terminal è stato pensato specificamente per la movimentazione dei semirimorchi intermodali, ovvero caricabili verticalmente, in virtù degli aumenti di spedizioni degli ultimi anni di tale tipologia di UTI e per poter sfruttare inoltre la capacità di trasporto dei semirimorchi di ultima generazione, alti fino a 4 metri allo spigolo superiore e con contestuale altezza di carico utile di 3 metri.

Tuttavia, la movimentazione dei container e delle casse mobili avviene in maniera analoga a quella dei semirimorchi intermodali, ovvero attraverso l'aggancio delle pinze o degli attacchi della gru semovente; inoltre i carri poche sono dotati di speciali selle ribaltabili che vanno a coprire la tasca del carro consentendo pertanto l'alloggiamento di container e casse mobili allo stesso modo di quanto avviene sui carri pianale.

Pertanto una possibile alternativa di gestione del Terminal in funzione della tipologia di UTI utilizzate dagli operatori di trasporto sarebbe l'estensione alla movimentazione di container e casse mobili; peraltro lo spazio per un'eventuale stoccaggio temporaneo è stato considerato, come è stato osservato nel Paragrafo 5.5.2.

5.15.2 Gru a portale

Nel Paragrafo 5.3.1 sono state osservate le differenze tra le gru semoventi e le gru a portale; si è osservato che a fronte di un investimento decisamente più elevato rispetto alle gru semoventi, le gru a portale garantiscono una capacità di movimentazione maggiore.

Il Terminal è stato dimensionato basandosi sulla scelta di utilizzo delle gru semoventi e pertanto presenta alcuni spazi necessari alla loro circolazione e manovra. Tali spazi sono maggiori di quelli necessari all'operatività di una gru a portale, come si può osservare dallo schema in Figura 5.5.C, rispetto a quello in Figura 5.4.D, in presenza dello stesso numero di binari.

Pertanto, l'eventuale evoluzione del Terminal verso un quantitativo maggiore di merci movimentate annualmente potrebbe giustificare l'adozione di gru a portale, per le quali lo spazio sarebbe già garantito senza necessarie modifiche al layout dei binari operativi.

Inoltre, si ricorda che il layout adottato nell'area operativa, ovvero tre binari di cui i due laterali dedicati al carico/scarico dei treni e affiancabili dalle gru semoventi e quello centrale utilizzato come binario di sosta e manovra, consente una facile evoluzione verso la configurazione con gru a portale e tre binari operativi (quello centrale cambierebbe di fatto la sua funzione).

Applicando nuovamente il procedimento seguito nel Paragrafo 5.4.1, è possibile osservare che la soglia stimata per la quale sarebbero necessari tre binari operativi è di 1.800.000 tonnellate/anno. Infatti si ha:

$$\text{Treni/anno} = \frac{\text{tonnellate/anno (previsto)}}{\text{tonnellate/treno}} = \frac{1.800.000}{700} \cong 2572$$

$$\text{Treni/giorno} = \frac{\text{treni/anno}}{\text{giorni lavorativi/anno}} = \frac{2572}{300} = 8,57 \cong 9$$

$$\text{CTR/giorno} = \frac{\text{treni/giorno}}{2} = \frac{9}{2} = 4,5 \cong 5$$

$$\text{Numero binari} = \frac{\text{CTR/giorno}}{\text{produttività binario}} = \frac{5}{2} = 2,5 \cong 3$$

Con la configurazione dell'area operativa mostrata sarebbe in tal caso necessaria l'installazione della gru a portale, in modo da poter sfruttare anche il binario centrale.

Per poter utilizzare le gru semoventi con 3 binari operativi sarebbe invece necessario aumentare l'interbinario tra almeno due binari, in modo da consentire l'accosto laterale della gru anche al binario centrale; tuttavia questa soluzione prevede un maggiore consumo di spazio, proprio perché è necessario predisporre l'area di manovra per la gru.

Dal punto di vista pratico, dal momento che il raggio di azione di una gru a portale è di circa 350-400 metri, per coprire la lunghezza dei binari operativi (700 metri) risulterebbero necessarie due gru. Sarebbe comunque opportuno tenere a disposizione almeno una gru semovente per eventuali spostamenti delle UTI dalla zona di stoccaggio esterna alla gru alla zona sotto gru.

5.15.3 Movimentazione orizzontale

5.15.3.1 Sistema tradizionale

Una possibile variante nella realizzazione del Terminal potrebbe consistere nel considerare la movimentazione orizzontale dei semirimorchi in luogo (o in aggiunta) di quella verticale.

È stato già osservato infatti che non tutti i semirimorchi sono dotati delle feritoie agli spigoli inferiori che consentono la presa da parte delle pinze della gru (semovente o a portale) e il successivo sollevamento; in altre parole si distinguono i semirimorchi intermodali da quelli tradizionali, o comunque non sollevabili e movimentabili verticalmente.

Per non escludere dal traffico combinato i semirimorchi non intermodali, si può ricorrere alla movimentazione di tipo orizzontale. In questo caso i semirimorchi vengono caricati sul treno mediante traino o spinta da parte di un trattore stradale, solitamente adibito a tale compito specifico.

L'altra condizione necessaria è rappresentata dal tipo di carri, che devono essere adatti allo scopo. I carri *poche* descritti nel Paragrafo 4.2.2 possono essere caricati esclusivamente con movimentazione verticale delle UTI in quanto la tasca per l'alloggiamento delle ruote del semirimorchio è fissa; per la movimentazione orizzontale esiste un'altra tipologia particolare, i carri a tasca mobile (tra cui il modello più diffuso in Europa è il carro *wippen*).

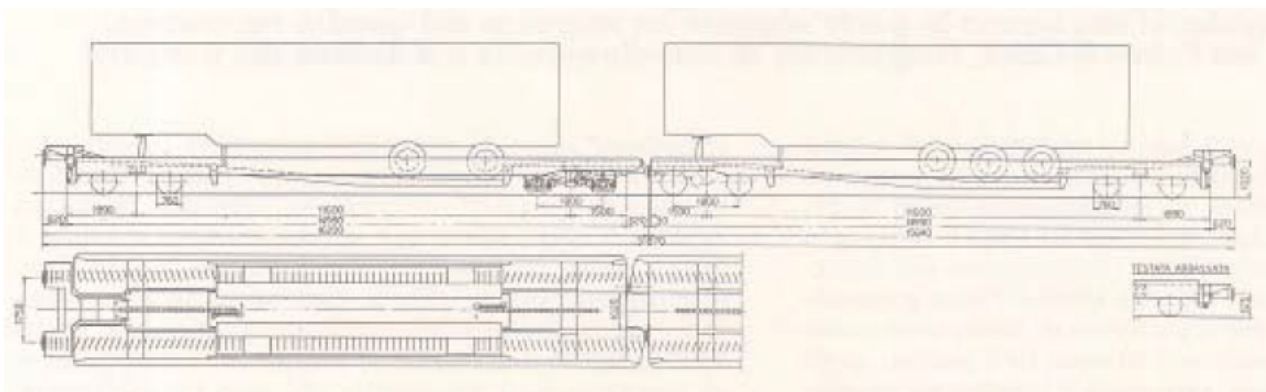


Figura 5.15.A – Carro a tasca mobile. Fonte: [45]

La struttura dei carri a tasca mobile è fatta in modo che una serie di carri agganciati costituisca una pista sulla quale è possibile consentire il passaggio del trattore con il semirimorchio. La salita sul primo carro è garantita da una breve rampa metallica (Figura 5.15.B). I semirimorchi vengono spinti in fase di carico fino al primo carro libero, mentre vengono invece trainati durante la fase di scarico.



Figura 5.15.B – Schema di carico per movimentazione orizzontale. Fonte: [46]

Il nome di carro “a tasca mobile” deriva dalla presenza di due diverse configurazioni della tasca (Figura 5.15.C): quella di carico/scarico in cui la tasca è mantenuta in posizione orizzontale per consentire il passaggio e la collocazione dei semirimorchi, e quella in assetto di viaggio, con la tasca in posizione inclinata, per garantire il bloccaggio. Il cambio di configurazione avviene mediante un sistema idraulico alimentato ad energia elettrica.

Risulta comunque possibile anche il carico per movimentazione verticale.

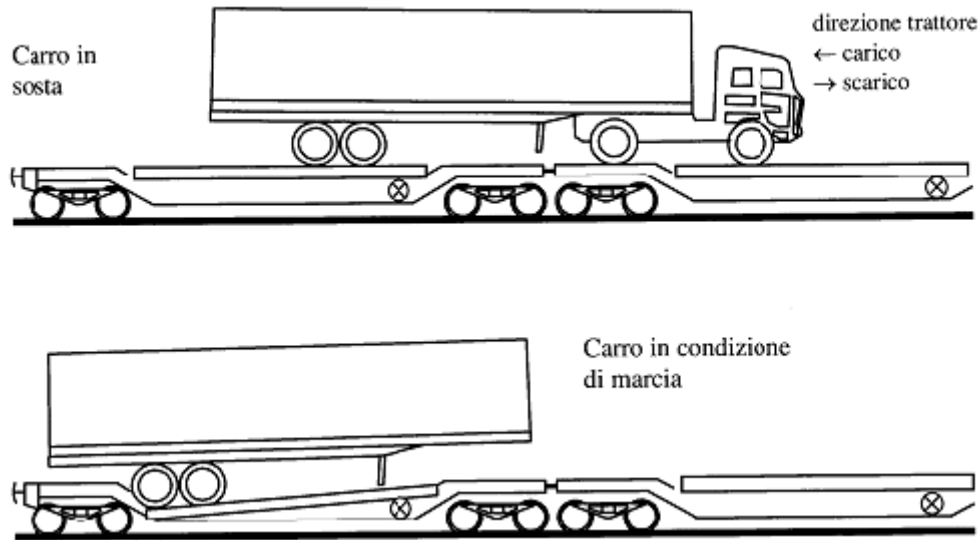


Figura 5.15.C – Semirimorchio caricato su carro a tasca mobile. Fonte: [47]

Nonostante il vantaggio di poter caricare tutti i tipo di semirimorchi, anche quelli non intermodali, questo sistema ha però un inconveniente nelle tempistiche di carico.

Se infatti il tempo necessario a una gru semovente per un tiro/gru (carico o scarico) con movimentazione verticale è di 3 minuti, il tempo impiegato dal trattore stradale a spingere o trainare il semirimorchio fino al carro vuoto è decisamente più elevato, anche perché la manovra, per questioni di sicurezza, deve essere condotta a velocità inferiori ai 10 km/h.

Supponendo, ad esempio, di dover caricare un treno costituito da 34 carri a tasca mobile, nell'ipotesi che i semirimorchi siano già tutti nel Terminal e in attesa del carico, si ha che il trattore stradale impiegherebbe quasi 110 minuti (quasi 2 ore) per caricare tutte le UTI, mentre due gru semoventi operanti in contemporanea concluderebbero le operazioni di carico in circa 50 minuti.

5.15.3.2 Sistema Modalohr

Per risolvere l'inconveniente dei tempi più lunghi per le operazioni di carico, sono state messe a punto diverse soluzioni tra cui il sistema Modalohr, che prevede l'utilizzo di speciali carri dotati di piano di carico rotante, in modo da consentire l'ingresso laterale dell'autoarticolato (Figura 5.15.D).



Figura 5.15.D – Carro speciale con piano di carico rotante (sistema Modalohr). Fonte: [48]

In tal modo si evita di dover montare sul treno a partire dall'ultimo carro e percorrere tutta la lunghezza del convoglio fino al primo carro vuoto, come nel sistema tradizionale. Si può poi effettuare il carico contemporaneo di più carri.

Inoltre, un altro vantaggio dei carri Modalohr è la limitata altezza del piano di carico rispetto al binario (piano del ferro), di soli 225 mm (nella parte centrale); in tal modo è possibile trasportare i semirimorchi alti 4 metri anche su linee con codifica inferiore alla P400 (come ad esempio la linea del San Gottardo, che ha codifica P384).

Il sistema Modalohr non prevede solamente l'utilizzo di carri speciali, ma richiede anche di un'apposita configurazione del Terminal, sia per quanto riguarda gli spazi, sia per le caratteristiche dell'area operativa.

Il binario operativo deve infatti disporre di specifici spazi a esso adiacenti per consentire l'installazione delle rampe di carico che si congiungono al piano di carico del carro quando questo si trova nella posizione ruotata; inoltre sul binario è necessario installare dei dispositivi che permettano di centrare perfettamente la posizione del carro rispetto alle rampe di carico, altrimenti non è possibile ottenere l'allineamento.

In Figura 5.15.E si può facilmente vedere quale sia l'ingombro trasversale per un solo binario. Nel caso in cui si voglia disporre di più binari, lo spazio necessario aumenta in maniera notevole.



Figura 5.15.E – Esempio di superficie occupata da un Terminal con sistema Modalohr. Fonte: [48]

Pertanto, al vantaggio dato dalla modalità di carico innovativa, si contrappone tuttavia la necessità di spazi più ampi rispetto a quelli di un Terminal a movimentazione verticale o a movimentazione orizzontale con sistema tradizionale.

Il sistema Modalohr viene attualmente impiegato su una ridotta rete di collegamenti, tra i quali vi è anche il collegamento Italia – Francia attraverso il valico del Frejus tra Torino e Aiton, in Savoia.

5.15.3.3 Sistema ISU

Il sistema ISU, acronimo di *Innovativer Sattelaufliieger Umschlag* (Interscambio Innovativo dei Semimorchi), è un sistema adottato dalle Ferrovie Federali Austriache con lo scopo di caricare attraverso movimentazione verticale anche i semimorchi non intermodali [49].

Ciò è possibile mediante l'ausilio di elementi intermedi in acciaio posati su una piattaforma rialzata e sui quali viene posizionato il semimorchio (Figura 5.15.F); tali elementi hanno lo scopo di trasferire la forza di sollevamento impressa dagli organi di attacco della gru alle ruote e al perno del semimorchio, cioè ai punti di normali supporto del semimorchio su strada.

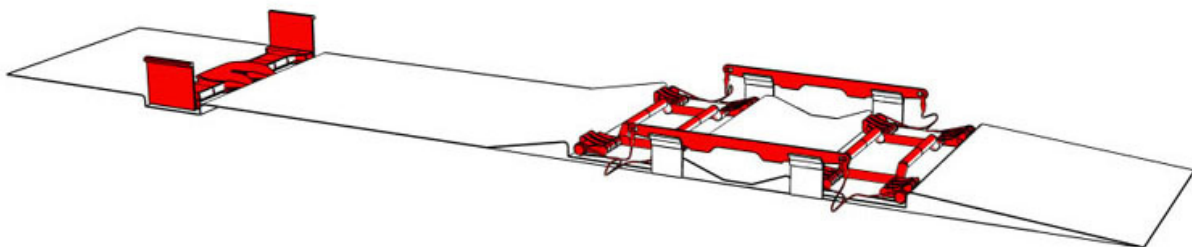


Figura 5.15.F – Piattaforma rialzata con elementi in acciaio in posizione. Fonte: [50]

Una volta che il semimorchio è stato collocato sopra gli elementi in acciaio, questi vengono collegati a un apposito telaio rettangolare collegato allo spreader della gru attraverso sei coppie di catene (Figura

5.15.H-I); dopo questa operazione è possibile procedere con il sollevamento (Figura 5.15.G) e con il caricamento verticale su carro.

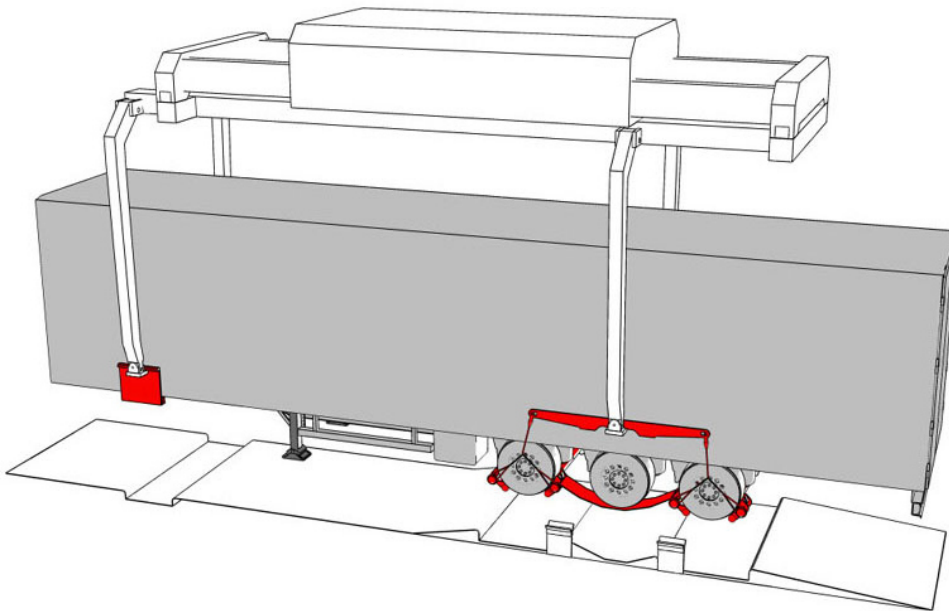


Figura 5.15.G – Sollevamento del semirimorchio. Fonte: [50]

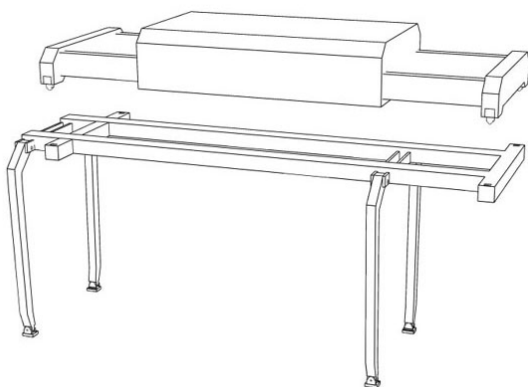


Figure 5.15.H-5.15.I – Telaio rettangolare connesso allo *spreader*. Fonte: [50]

Gli elementi in acciaio sono normalmente lasciati in dotazione al carro nella tasca, pertanto devono essere prelevati dal carro e collocati sulla piattaforma rialzata prima che il semirimorchio venga posizionato su di essa. Analogamente, dopo lo scarico, se non si procede a un nuovo carico, devono essere ricollocati nella tasca del carro.

I vantaggi di questo sistema sono sostanzialmente due:

1. la possibilità di caricare anche i semirimorchi tradizionali, senza che sia necessario dotarli di rinforzi sul telaio e feritoie per l'aggancio delle pinze della gru. Le componenti aggiuntive rispetto alla movimentazione verticale classica sono gli elementi in acciaio su cui poggia il semirimorchio, la piattaforma su cui collocarli e il telaio rettangolare con le sei coppie di catene da fissare allo *spreader* della gru; anche tenendo conto del personale a terra aggiuntivo per il posizionamento e il fissaggio delle catene, il sistema risulta nel complesso poco costoso;

2. non sono necessari carri particolari come, ad esempio, nel sistema Modalohr, ma è possibile utilizzare carri poche standard, purché siano dotati di vano allargato. Tra le tipologie di carro in circolazione con tale caratteristica rientrano i carri tipo T5 descritti nel Paragrafo 4.2.2, e i carri "TWIN" e "T3000".

Lo svantaggio principale rispetto alla movimentazione verticale dei semirimorchi intermodali consiste invece nei maggiori tempi richiesti per effettuare il tiro/gru, quantificabili in circa 7 minuti per un semirimorchio, rispetto ai 3 minuti necessari per un semirimorchio intermodale.

In termini pratici, ciò vorrebbe dire che per caricare un intero treno di 30 carri sarebbero necessari 210 minuti, riducibili alla metà (105 minuti, cioè 1 ora e 45 minuti) con l'utilizzo contemporaneo di due gru semoventi.

Supponendo però che solo una parte dei semirimorchi da caricare non siano intermodali, si potrebbe predisporre una gru attrezzata per movimentare solo semirimorchi intermodali, con tempi di circa 3 minuti per semirimorchio, e la seconda gru attrezzata con il telaio provvisto di catene per i semirimorchi tradizionali, con tempi di circa 7 minuti per semirimorchio.

Per quanto riguarda lo spazio per le manovre, non sono necessari spazi aggiuntivi rispetto al quelli per la movimentazione verticale standard; pertanto tale sistema risulta applicabile a un Terminal configurato nel modo presentato nel Capitolo 5.

Il sistema ISU è attualmente utilizzato anche su una relazione che tocca l'Italia, in particolare tra Trieste e Wels (Austria).

5.15.3.4 Autostrada Viaggiante (RoLa)

All'inizio del Capitolo 2 si è spiegato che l'Autostrada Viaggiante è la tipologia di trasporto combinato alternativa al TCNA, in cui viene caricato sul treno l'intero autoarticolato e il conducente viaggia su un'apposita carrozza passeggeri in composizione al treno (Figura 5.15.J).



Figura 5.15.J – Treno dell'Autostrada Viaggiante. Fonte: [51]

La modalità di caricamento dell'Autostrada Viaggiante è di tipo orizzontale, e dal punto di vista funzionale è del tutto analoga al sistema descritto nel Paragrafo 5.15.3.1 (Sistema tradizionale), con la differenza che in questo caso non è necessario l'utilizzo di un trattore per il carico/scarico, dato che il

carico sul treno degli autoarticolati avviene in maniera autonoma, come è possibile osservare in Figura 5.15.K.



Figura 5.15.K – Autoarticolati dell’Autostrada Viaggiante durante il caricamento. Fonte: [51]

In alternativa, è possibile utilizzare il sistema Modalohr, con caricamento laterale.

L’Autostrada Viaggiante dispone di particolari carri ultrabassi, aventi altezza del piano di carico rispetto al piano del ferro da 436 mm fino a 310 mm per i carri di ultima generazione, in modo da consentire il transito degli autoarticolati anche su linee non dotate di codifica massima (P410).

L’Autostrada Viaggiante è una tipologia di trasporto utilizzata con un preciso scopo, ovvero consentire il superamento della tratta transalpina nelle relazioni tra l’Italia e i paesi d’oltralpe anche alle unità di trasporto non gestibili con la modalità non accompagnata; in particolare i collegamenti esistenti coprono le relazioni Torino – Aiton (Francia – con sistema Modalohr), Novara – Friburgo (Germania), Lugano – Basilea, Trento – Monaco di Baviera (Germania) e Trieste – Salisburgo (Austria).

In tutti i casi si tratta di collegamenti che coprono distanze non superiori ai 400 km; di fatto, a causa delle considerevoli tare in gioco, che comprendono la tara del carro, del semirimorchio e della motrice (in particolare è quest’ultima a segnare la differenza più significativa rispetto al TCNA), le quantità nette di merce trasportabile sono minori, con conseguenti maggiori costi di esercizio unitari per ogni unità trasportata. A ciò si aggiunge anche la maggiore manutenzione richiesta dai carri ultrabassi, dovuta in parte alle ruote di piccolo diametro (320 mm contro i 920 mm dei carri tradizionali) usate per ottenere un piano di carico basso.

Dal punto di vista infrastrutturale, invece, i Terminal dell’Autostrada Viaggiante non richiedono particolari spazi, in quanto è necessario solo predisporre la zona per la rampa in corrispondenza dell’ultimo o del primo carro, per consentire la salita e la discesa degli automezzi.

6 Costi

Si prendono ora in considerazione i costi legati al Terminal e ai servizi di trasporto connessi da diversi punti di vista: i costi del servizio di trasporto, i costi di investimento per la realizzazione del Terminal e i costi esterni.

6.1 COSTI DI TRASPORTO

I costi di trasporto sono strettamente connessi alla realizzazione del servizio di trasporto e includono differenti voci a seconda della modalità di trasporto considerata.

Sono i costi che interessano gli utenti del servizio, cioè le società di autotrasporto e le imprese ferroviarie che realizzano concretamente il trasporto della merce, e in base ai quali le stesse fissano poi il prezzo che interessa chi usufruisce di tale servizio.

Nel caso del trasporto stradale, il costo totale può essere visto come la somma delle seguenti componenti:

- il costo di esercizio del veicolo;
- il costo del conducente;
- i costi energetici (carburante);
- il costo per l'utilizzo dell'infrastruttura, nel caso di percorrenza di strade a pedaggio.

Per il trasporto ferroviario di devono considerare invece le seguenti voci:

- il costo di utilizzo dei veicoli ferroviari (locomotive e carri);
- il costo del personale di condotta;
- il costo dell'utilizzo dell'infrastruttura, che comprende il pedaggio costituito dal canone della traccia oraria (cioè il consumo di capacità della linea ferroviaria) e i costi dell'energia.

È chiaro che nel caso del trasporto combinato si ritrovano costi legati sia all'ambito stradale sia a quello ferroviario; a questi si aggiungono inoltre i costi sostenuti dal gestore del Terminal per la movimentazioni delle UTI nell'impianto in cui si realizza l'interscambio modale.

Si considera ora un esempio concreto per evidenziare le differenze di costo tra la spedizione di un semirimorchio nel modo "tutto strada" e tramite il trasporto combinato. Il semirimorchio deve effettuare un viaggio di andata e ritorno tra **Monza (Italia) e Essen (Germania)**, per una percorrenza di circa **890 km solo andata** (e quindi 1.780 km per il round trip); si suppone che il carico sia bilanciato nei due viaggi, ovvero sia lo stesso sia all'andata che al ritorno, e che sia di 20 tonnellate⁴⁴.

6.1.1 Costi monetari

Per il costo del trasporto "tutto strada" si può prendere come riferimento il valore indicato dal MIT nella pubblicazione periodica dei costi di esercizio delle imprese di autotrasporto [52]: **1,227 €/km**, per un veicolo generico di massa complessiva a pieno carico superiore a 26 tonnellate. Questo valore, calcolato per distanze maggiori di 500 km, include tutti i costi monetari, cioè i costi di esercizio e manutenzione del veicolo (trattore stradale e semirimorchio), i costi del personale, le assicurazioni, i pneumatici, i pedaggi, il carburante e i costi di organizzazione.

⁴⁴ Si utilizza tale valore per ricondursi alle considerazioni fatte nei capitoli 4 e 5 relativamente al carico medio degli autoveicoli stradali in transito attraverso la Svizzera sulle relazioni di traffico tra Italia e nord Europa.

In particolare, per quanto riguarda i pedaggi, la voce include anche la TTPCP (Tassa sul Traffico Pesante Commisurata alle Prestazioni), applicata dalla Confederazione Elvetica a tutti i mezzi pesanti in transito attraverso il territorio svizzero, e che è una delle misure per il trasferimento del traffico merci da strada a ferrovia.

Non è pertanto necessario aggiungere alcuna altra voce; ne consegue un costo totale di:

$$1,227 \text{ €/km} * 1.780 \text{ km} = 2184,06 \text{ €}$$

Per quanto riguarda il trasporto combinato è invece necessario distinguere il tratto affidato alla modalità stradale da quello coperto dalla ferrovia. Il Terminal di interscambio in Italia è il **nuovo impianto intermodale di Seregno**, mentre in Germania è il **DIT (Duisburg Intermodal Terminal) di Duisburg**.

Il tratto via strada è di 40 km, che includono i 17 km tra Monza e Seregno e i 23 km tra Duisburg e Essen; i restanti 850 km sono percorsi via treno.

Per il trasporto via strada in questo caso è necessario considerare un costo maggiore, pari a 1,926 €/km per distanze inferiori ai 100 km. Per il trasporto ferroviario è invece possibile fare riferimento ai dati dell'EIA (European Intermodal Association) [38], che mostrano un costo medio di **25 €/km per treno**. Come nel caso stradale, questo valore tiene conto dei costi di esercizio e manutenzione dei veicoli, i costi del personale e di organizzazione, di utilizzo dell'infrastruttura (inclusi i pedaggi ai gestori) e dell'energia.

In questo caso il costo non è riferito al singolo semirimorchio, e pertanto per ottenere il costo unitario è necessario conoscere il numero di carri, cioè la composizione del treno. A tal proposito si fa riferimento alla composizione individuata nel Capitolo 4, costituita da **35 carri**.

Infine, vanno considerati i costi di movimentazione delle UTI all'interno dei Terminal. Sulla base di dati pubblicati da alcuni gestori di terminali intermodali, si assume come costo unitario il valore di **30 €/UTI**, e si deve considerare inoltre il costo delle operazioni di manovra tra il fascio arrivi e partenze, che è il luogo di effettiva origine e destinazione per il chilometraggio del viaggio via ferrovia, e il fascio operativo interno al Terminal. Anche in questo caso si è fatto riferimento ai dati resi disponibili da gestori di Terminal; si considera un costo di **€ 200 per manovra del treno completo**.

In base alle osservazioni fatte, si ottiene:

- trasporto stradale: $1,926 \text{ €/km} * 40 \text{ km} * 2 = 154,08 \text{ €}$

- trasporto ferroviario: $25 \text{ €/km} * 850 \text{ km} * 2 = 42.500 \text{ €}$

per un treno di 35 carri (e quindi 35 UTI) il costo unitario della singola UTI è $42.500 \text{ €} / 35 = 1.214,3 \text{ €}$

- movimentazione UTI; sono da tenere in conto quattro movimentazioni, due (carico e scarico) per ciascun Terminal: $30 \text{ €/UTI} * 4 = 120 \text{ €}$

- manovre nei Terminal: $200 \text{ €/treno} * 4 = 800 \text{ €}$, per un costo unitario di $800 \text{ €} / 35 = 22,9 \text{ €}$

per cui in totale si ottengono 1.511,28 € per UTI (semirimorchio).

Sulla base del solo costo monetario, è possibile affermare che il trasporto combinato ha un costo inferiore rispetto alla soluzione “tutto strada”; tuttavia è necessario tenere in conto anche di un altro aspetto, ovvero il tempo di viaggio, che rientra nei costi non monetari interni⁴⁵ [53].

6.1.2 Tempo impiegato

Per quanto riguarda il trasporto su strada, si considera una velocità media di 70 km/h, con la quale sono necessarie **12,71 ore (12 ore e 45 minuti)** per coprire gli 890 km tra Monza e Essen. Tenendo conto che in base alle regole sui tempi di guida nel settore dei trasporti fissate dall’Unione Europea [54] il periodo di guida giornaliero del conducente non deve superare le 9 ore e che è obbligatoria una sosta di almeno 45 minuti ogni 4 ore e mezza, si ha che il tempo complessivo per la consegna del semirimorchio è di **27 ore e 45 minuti** (le prime 9 ore di viaggio sono esaurite nella prima giornata lavorativa, e le restanti 3 ore e 45 minuti nella seconda giornata).

Usufruendo del trasporto combinato, è necessario considerare oltre ai tempi di viaggio delle tratte stradali e di quella ferroviaria, anche i tempi di gestione del treno all’interno dei Terminal di arrivo e partenza.

Questi ultimi possono essere quantificati nel seguente modo:

- tempi di carico al Terminal di partenza (e scarico a quello di arrivo): **1 ora**

Si assumono 3 minuti per tiro/gru e due gru semoventi operanti contemporaneamente.

- tempi di manovra all’interno del Terminal: **30 minuti**

- operazioni di verifica per la partenza (o all’arrivo): **30 minuti**

tempi totali di gestione treno nel Terminal: **1 ora + 30 minuti + 30 minuti = 2 ore**

Per i tempi di percorrenza via ferrovia si assume una velocità media commerciale di 60 km/h.

- tempo di percorrenza (ferrovia): **850 km / 60 km/h = 14,2 ore (14 ore e 15 minuti)**

Si assume l’utilizzo della locomotiva E189 presentata nel Capitolo 4; trattasi di locomotiva politensione dotata delle apparecchiature necessarie per la circolazione su reti ferroviarie con sistemi di alimentazione differenti. Non è pertanto necessario computare anche i tempi di cambio locomotiva nelle stazioni di confine.

- tempo di viaggio di sola andata: **2 ore + 14,2 ore = 16,2 ore (16 ore e 15 minuti)**

Infine per i tempi stradali si ha:

- tempo di percorrenza (tratti terminali via strada): **40 km / 70 km/h = 0,6 ore (35 minuti)**, per i quali si considera un incremento di 10 minuti dovuto al possibile attraversamento di aree urbane, per cui il tempo via strada è **45 minuti**.

In definitiva il tempo per la consegna (sola andata) è: **16 ore e 15 minuti + 45 minuti = 17 ore**.

Già da un confronto per i tempi di consegna verso una sola direzione emerge la convenienza del trasporto combinato; il trasporto stradale è infatti penalizzato dalla necessità di prevedere le soste per

⁴⁵ Il tempo di per sé infatti non determina transizioni monetarie, ma dà una perdita di valore alla merce che deve essere trasportata.

il riposo del conducente, mentre il trasporto ferroviario non è affetto da questo aspetto in quanto è previsto il cambio del personale di condotta del treno lungo il percorso.

Per i tempi del ciclo completo di andata e ritorno si possono moltiplicare per due i tempi del viaggio di andata, assumendo che per un semirimorchio in arrivo ve ne sia un altro già pronto per la partenza: in tal modo non si considerano i tempi logistici necessari per lo scarico e il carico della merce nei siti produttivi di origine e destinazione. Valgono pertanto le stesse considerazioni fatte per i tempi ottenuti prima, cioè che il trasporto combinato consente un risparmio di tempo rispetto al trasporto “tutto strada”.

Si può fare un'ulteriore osservazione per quanto riguarda i tempi di movimentazione nei Terminal: è stato considerato il tempo di 3 minuti per tiro/gru che è quello medio necessario per la movimentazione verticale di un semirimorchio intermodale; nel Paragrafo 5.15.3.3 si è visto che con il Sistema ISU è possibile caricare verticalmente anche i semirimorchi non intermodali, ma che tale tipo di manovra implica un tempo di 7 minuti.

Ipotizzando che sia necessario caricare 35 carri con solo rimorchi non intermodali, sarebbe necessario un tempo pari a 7 minuti/semirimorchio * 35 semirimorchi = 245 minuti, riducibili a 123 minuti disponendo di due gru operanti in contemporanea. Pertanto, i tempi di movimentazione in tal caso sarebbero di 2 ore, contro 1 ora rispetto al caso dei semirimorchi intermodali.

Il tempo di viaggio totale del singolo semirimorchio diverrebbe pertanto di 19 ore (1 ora in più per la movimentazione in entrambi i Terminal di arrivo e partenza): un tempo comunque concorrenziale rispetto a quello del trasporto “tutto strada”.

Si riassumono i risultati nella seguente tabella.

Costi e tempi per la spedizione di una UTI tra Monza e Essen			
Tipologia		Trasporto stradale	Trasporto combinato
Costo unitario	Sola andata	€ 1.092,03	€ 755,64
	Ciclo completo	€ 2.184,06	€ 1.511,28
Tempo di viaggio	Sola andata	27,75 ore	17 ore
	Ciclo completo	55,5 ore	34 ore

Tabella 6.1.A – Costi e tempi del trasporto stradale e combinato sulla relazione Seregno – Duisburg

È possibile concludere quindi che il trasporto combinato “vince” sul trasporto stradale sia per quanto riguarda i costi monetari sia per quanto riguarda i tempi di viaggio, pur tenendo conto dei tempi necessari all'interscambio modale. Inoltre, si potrebbe considerare che nel caso del trasporto combinato la partenza e l'arrivo dei semirimorchi e delle UTI in generale è condizionata dagli orari fissi del treno, mentre il trasporto “tutto strada” non ha orari prestabiliti, a meno di quelli legati ai tempi di guida del conducente; tuttavia il vantaggio della libertà di orario del trasporto stradale è di fatto superato dai tempi di viaggio maggiormente competitivi del trasporto ferroviario.

Un'ultima considerazione va fatta riguardo alla relazione tra distanza e costi del viaggio.

Si è osservato all'inizio del Capitolo 2 che il trasporto combinato, in particolare quello non accompagnato, è conveniente per distanze di una certa entità, in cui le tratte terminali da effettuare via strada rappresentano effettivamente la minima parte del percorso. Esiste una soglia sotto la quale il trasporto combinato non è competitivo rispetto a quello stradale, e, anzi, costa di più.

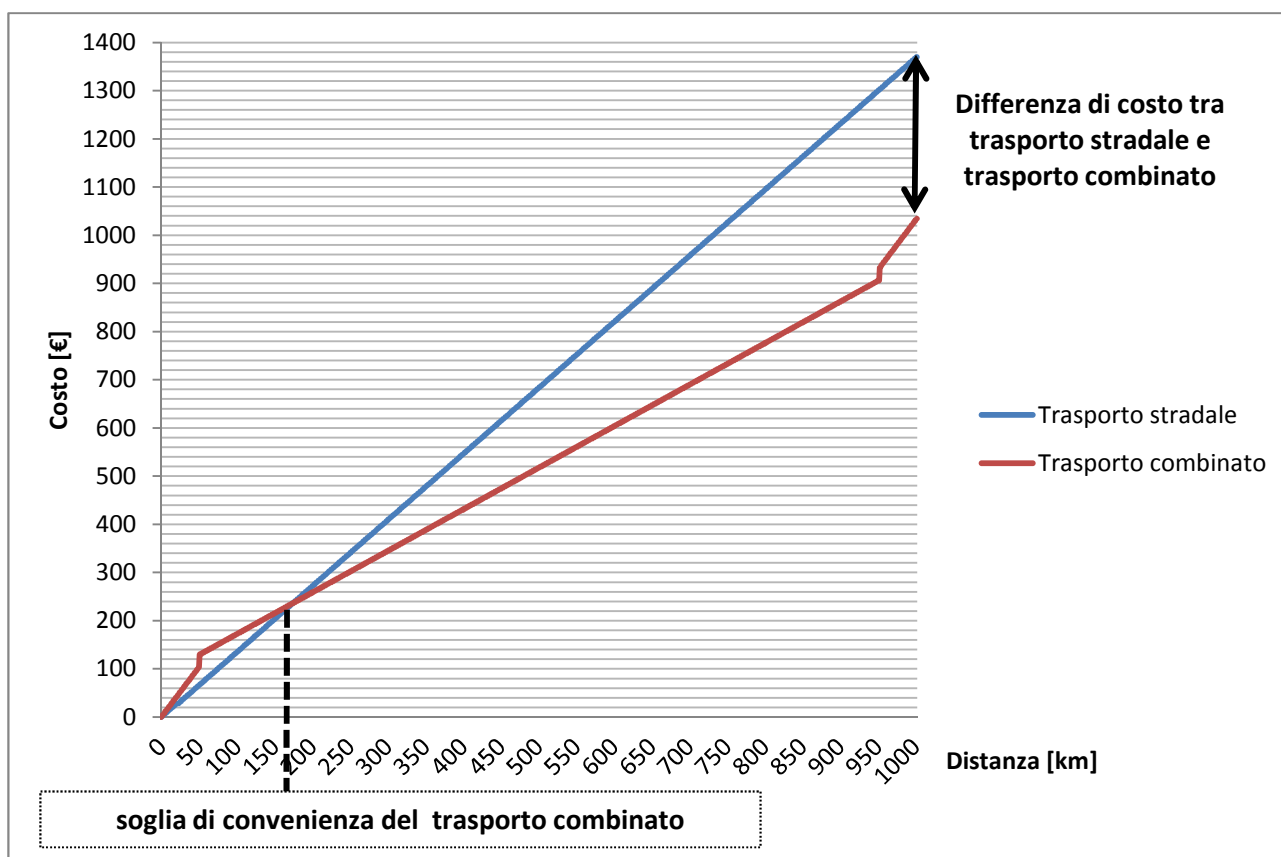


Figura 6.1.A – Soglia di convenienza del trasporto combinato. Elaborazione da: [55]

Nella Figura 6.1.A si può osservare che la retta che rappresenta il costo del trasporto stradale ha una pendenza costante, in quanto il costo per chilometro è lo stesso per tutto il tragitto. Tale retta si esprime analiticamente [55] secondo la relazione

$$C_{\text{strada}} = \left(C_{ks} + \frac{\delta}{V_s} \right) \cdot L_{\text{TOT}}$$

dove C_{ks} = costo al chilometro del trasporto stradale

δ = valore monetario del tempo [€/h]

V_s = velocità media del trasporto stradale

L_{TOT} = distanza tra origine e destinazione

La linea del trasporto combinato è invece una spezzata che presenta due gradini con un cambio di pendenza: nel tratto iniziale e nel tratto finale, infatti, è associata al costo al chilometro del trasporto stradale, che risulta più alto del caso “tutto strada”, mentre nel tratto centrale è correlata al trasporto ferroviario, che ha un costo inferiore rispetto al trasporto stradale. I tratti verticali della spezzata rappresentano i costi legati alla movimentazione delle UTI nei Terminal di partenza e arrivo, corrispondenti quindi ai momenti di trasbordo dei semirimorchi. La spezzata ha la seguente espressione analitica:

$$C_{\text{combinato}} = \left(C_{kt} + \frac{\delta}{V_t} \right) \cdot (L_A + L_B) + \left(C_{kf} + \frac{\delta}{V_f} \right) \cdot L_{AB} + \delta \cdot (t_A + t_B) + C_{mA} + C_{mB}$$

dove C_{kt} = costo al chilometro del trasporto stradale per le tratte terminali

C_{kf} = costo al chilometro del trasporto ferroviario

δ = valore monetario del tempo [€/h]

V_t = velocità media del trasporto stradale

V_f = velocità media del trasporto ferroviario

L_A = distanza tra origine e terminal di partenza

L_B = distanza tra terminal di arrivo e destinazione finale

L_{AB} = distanza tra terminal di partenza e terminal di arrivo, percorsa via ferrovia

t_A = tempi di movimentazione e manovra nel terminal di partenza

t_B = tempi di movimentazione e manovra nel terminal di arrivo

C_{mA} = costo delle movimentazioni e delle manovre nel terminal di partenza

C_{mB} = costo delle movimentazioni e delle manovre nel terminal di arrivo

Il punto d'incontro tra la retta del trasporto stradale e la parte centrale della spezzata del trasporto combinato identifica la minima distanza di convenienza per il trasporto combinato.

Nel caso di Figura 6.1.A, per una distanza totale di 1.000 km e per distanze di terminalizzazione via strada di 50 km, si ha che la soglia è ai 170 km. Sotto tale distanza non converrebbe ricorrere al trasporto combinato.

In corrispondenza del termine delle due linee si può osservare in modo chiaro la differenza di costo tra le due tipologie di trasporto.

Se le distanze di terminalizzazione via strada aumentano, si ha che la parte centrale della spezzata del trasporto combinato si sposta verso valori di costo più alti, per cui la soglia di convenienza si sposta verso distanze maggiori. In Figura 6.1.B ciò si concretizza con lo spostamento verso destra del punto di intersezione tra la retta del trasporto stradale e la parte retta della spezzata del trasporto combinato.

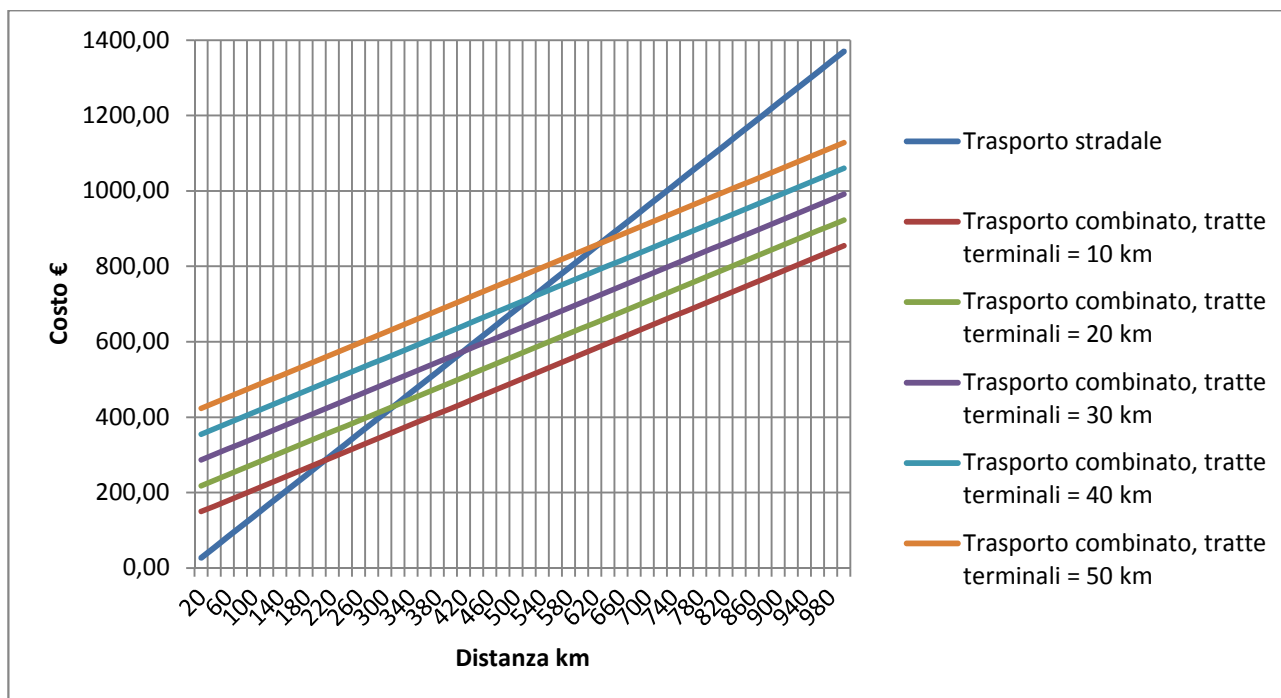


Figura 6.1.B – Confronto tra linee dei costi del TC al variare della tratte stradali. Elaborazione da: [55]

Per tale motivo è conveniente che le distanze coperte dal trasporto stradale siano le più corte possibili, in modo da massimizzare la convenienza del trasporto ferroviario.

Invece, l'altro caso in cui cade la convenienza del trasporto combinato è in presenza di distanze relativamente brevi, per le quali il maggior costo del trasporto stradale nelle tratte terminali e i tempi di manovra e movimentazioni nei terminali di fatto penalizzano l'interscambio modale, rendendo il trasporto "tutto strada" più conveniente. In Figura 6.1.C si osserva un esempio di ciò, con una distanza totale da coprire di 300 km e tratte terminali lunghe 50 km.

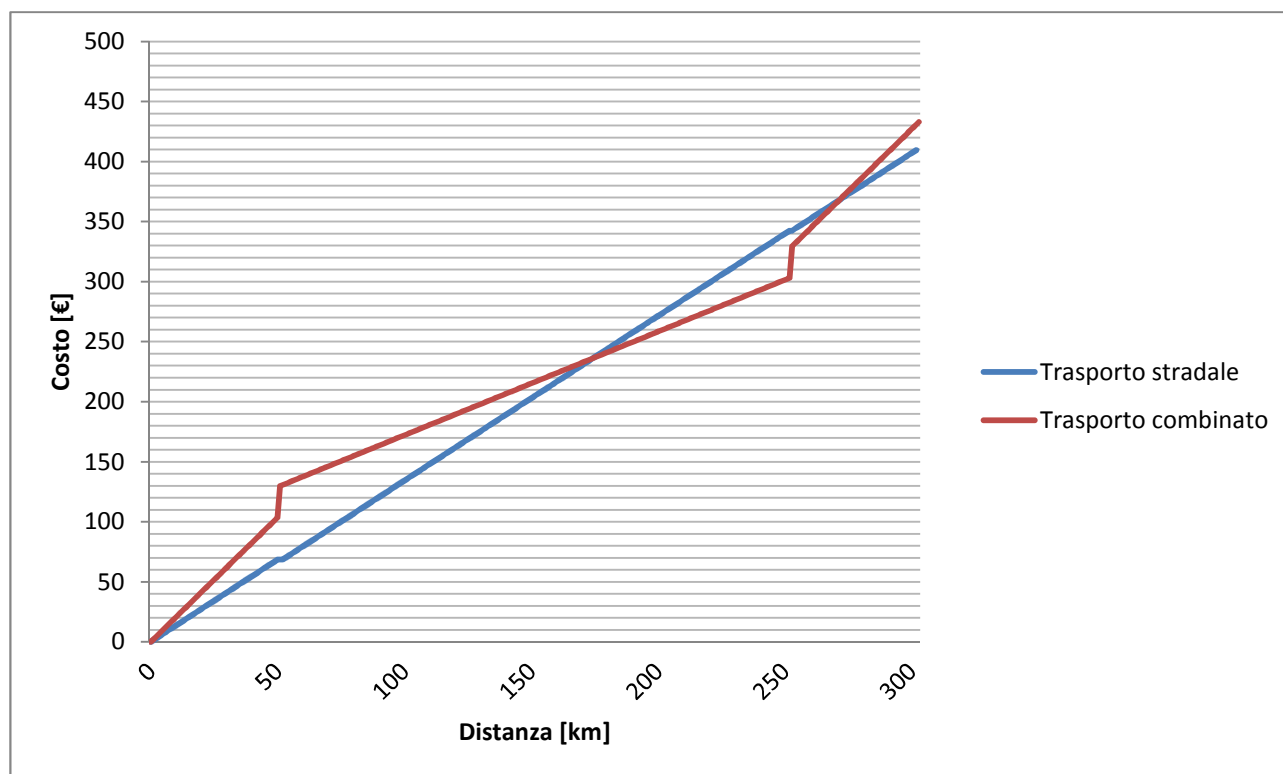


Figura 6.1.C – Esempio di non convenienza del trasporto combinato. Elaborazione da: [55]

Nonostante si superi apparentemente la soglia di convenienza del trasporto combinato, di fatto i tempi logistici di trasbordo nel Terminal e il costo del trasporto su strada per la tratta terminale danno un costo totale maggiore rispetto al trasporto "tutto strada".

In conclusione, nel caso concreto del Terminal di Seregno, le distanze delle relazioni che si prevede di servire verso Germania e Benelux permettono di beneficiare della competitività del trasporto combinato rispetto a quello stradale.

6.2 COSTI ESTERNI

Nel Paragrafo 6.1 è stato citato un esempio di costo non monetario, in particolare quello legato al tempo di viaggio, che pur non essendo associato ad uno scambio monetario, determina una perdita di valore per la merce trasportata.

Il fattore tempo non è però l'unica forma di costo non monetario: esistono altri costi, che vengono definiti costi esterni, ai quali non corrisponde una transazione di denaro percepita direttamente dall'utente che usufruisce del servizio di trasporto; al contrario, tali costi ricadono su soggetti che non usufruiscono di tale servizio o, in altri termini, sulla collettività.

Esempi di componenti del trasporto che rientrano nei costi esterni sono l'inquinamento atmosferico e quello acustico; risulta chiaro che si tratta di due aspetti che interessano anche coloro che non sono utenti del trasporto, i quali peraltro non li percepiscono come un costo diretto.

L'Ufficio federale dello sviluppo territoriale della Confederazione svizzera ha identificato 12 settori in cui ricadono esternamente i costi del trasporto [56]: il macrosettore dei danni (che comprende i danni alla salute legati all'inquinamento atmosferico, danni agli edifici, perdite di raccolto, danni alle foreste e perdita della biodiversità), il rumore, il clima, la natura e il paesaggio, i danni al suolo a causa di sostanze tossiche, i processi a monte e a valle, gli incidenti e i costi supplementari nelle aree urbane.

Si osserva facilmente che alcuni di questi settori sono strettamente connessi tra loro (ad esempio i danni alle foreste non sono totalmente disgiunti dagli effetti su natura e paesaggio); tuttavia l'elenco evidenzia come non siano pochi gli aspetti da tenere in conto nel momento in cui si considerano i costi esterni del trasporto.

Sono diverse le forme con le quali è possibile considerare i costi esterni e attribuirne il pagamento a una o più determinate categorie di utenti o non utenti; per tale motivo ogni Stato adotta differenti misure per tenere conto dei costi esterni e per evidenziare come tali misure coinvolgano diversi soggetti è possibile considerare due esempi distinti riguardanti la modalità stradale: le accise sul carburante e i pedaggi per l'utilizzo del sistema stradale.

Le prime, infatti, ricadono su chiunque utilizzi un mezzo di trasporto a trazione termica che necessiti del carburante, mentre i secondi invece interessano solo determinati utenti, a seconda che il pedaggio venga applicato, ad esempio, solo sulla rete autostradale o anche sulle altre strade e in base all'applicazione dello stesso a tutte le categorie di traffico o solo ad alcune (ad esempio i mezzi pesanti).

La TTPCP (Tassa sul Traffico Pesante Commisurata alle Prestazioni) già citata a proposito delle misure di trasferimento del traffico da strada a ferrovia adottate dalla Svizzera ha tra i suoi scopi quello di tenere conto dei costi esterni del trasporto.

Si vuole ora fare un calcolo approssimativo dei costi esterni del trasporto stradale e di quello ferroviario per valutare quali siano gli effetti dell'incremento del trasporto combinato con conseguente sottrazione di veicoli alla modalità stradale. Per tale calcolo ci si può riferire ai risultati presentati dall'Ufficio federale dello sviluppo territoriale svizzero [56], ottenuti applicando il procedimento indicato in Figura 6.2.A.

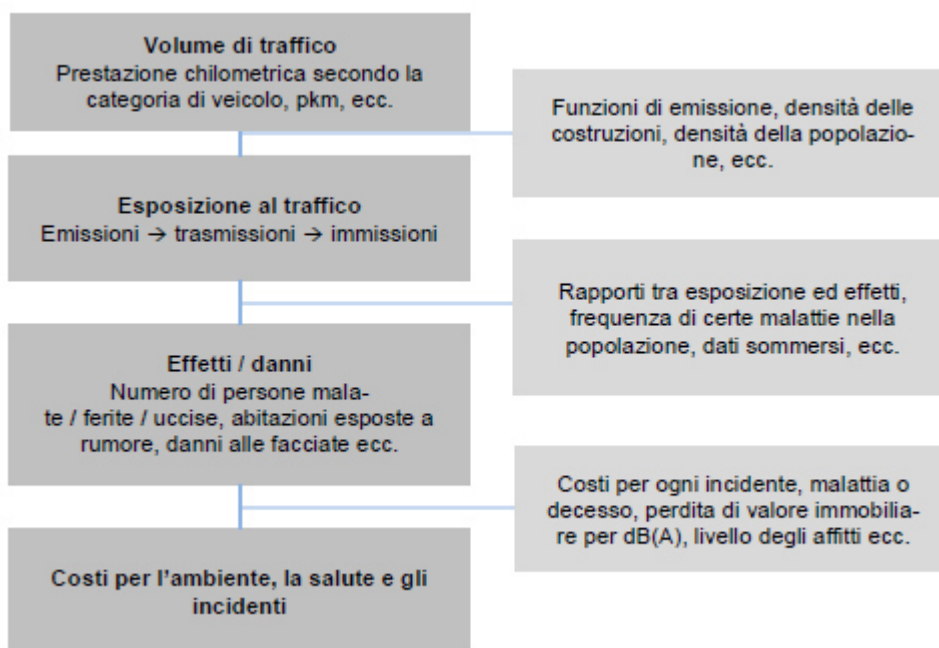


Figura 6.2.A – Procedimento di calcolo per i costi esterni. Fonte: [56]

I risultati sono presentati in Figura 6.2.B.

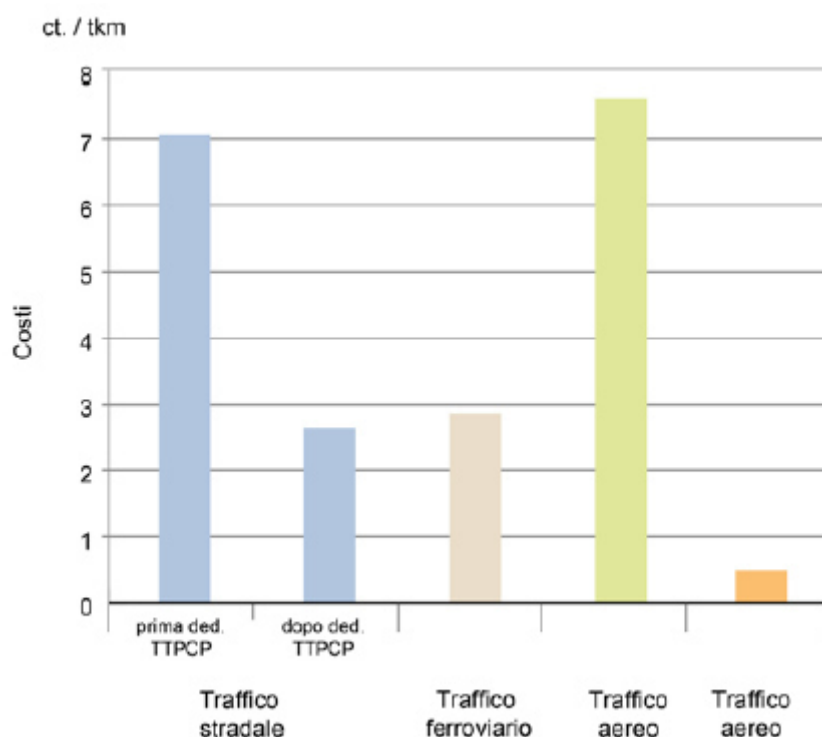


Figura 6.2.B – Costi esterni del traffico merci per tonnellata-chilometro. Fonte: [56]

Si nota subito che, dopo il trasporto aereo, è la modalità stradale quella che presenta i costi esterni maggiori. In Figura è stata evidenziata la differenza tra i costi esterni precedenti e successivi all'introduzione della TTPCP, in quanto, come si è detto, tale taxa ha tra i suoi obiettivi quello dell'internalizzazione di parte dei costi esterni. Tuttavia, nel calcolo che si va a fare ora, si considera il valore precedente all'applicazione della TTPCP, in quanto per approssimazione si va ad applicare

questo valore per l'intera tratta che si prende come riferimento, ovvero il tragitto di 890 km tra Monza ed Essen considerato nel Paragrafo precedente per il calcolo dei costi interni.

In tal modo si assume che i costi esterni siano uguali per tutti gli Stati considerati, cioè Italia, Svizzera e Germania, assunzione che rappresenta una forte approssimazione in quanto i dati immessi nel procedimento di calcolo, come si osserva in Figura 6.2.A, sono da contestualizzare per il singolo Paese.

In definitiva, si utilizzano i seguenti valori:

7 centesimi/tonn-km per il trasporto stradale

2,8 centesimi/tonn-km per il trasporto ferroviario

Per un viaggio di 890 km in cui si trasportano 20 tonnellate di merce per UTI, si ha pertanto:

$$\text{trasporto stradale} \quad 7 \text{ ct/tonn-km} * 890 \text{ km} * 20 \text{ tonn} = 124.600 \text{ ct} = 1.246,00 \text{ €}^{46}$$

$$\text{trasporto combinato (tratte terminali via strada di 40 km e tratto ferroviario di 850 km)} \\ 7 \text{ ct/tonn-km} * 40 \text{ km} * 20 \text{ tonn} + 2,8 \text{ ct/tonn-km} * 850 * 20 \text{ tonn} = 53.200 \text{ ct} = 532,00 \text{ €}$$

Si noti che chiaramente un treno nel complesso non trasporta solo 20 tonnellate, ma ne trasporta in base al numero totale di UTI caricate, pertanto il calcolo che si è fatto è riferito al costo esterno unitario per UTI.

Un'ultima considerazione può essere fatta prendendo spunto dalle osservazioni condotte dal Gruppo di lavoro "Trasporti" nell'ambito della Convenzione delle Alpi per il calcolo dei costi del trasporto transalpino [57].

Nel rapporto finale si dice che la metodologia suggerita per il calcolo dei costi esterni è quella di non considerare i diversi costi specifici per ciascun Paese, ma di utilizzare un unico valore identificato come "costo unitario medio" pari a 7,01 centesimi di €/tonn-km (per la modalità stradale).

Questo valore è praticamente identico a quello presentato dall'Ufficio Federale Svizzero, per cui l'approssimazione fatta nell'utilizzarlo su tutto il tragitto tra Italia e Germania senza distinguere il costo reale del singolo Paese trova fondamento anche in altri studi già realizzati e può quindi essere considerata valida, per un approccio semplificato al problema.

⁴⁶ I dati svizzeri sono espressi in CHF (Franchi) per cui si è considerata l'attuale cambio tra Franco svizzero e Euro, che è circa 1 CHF = 1 €.

6.3 COSTI INFRASTRUTTURALI (INVESTIMENTO)

Si considerano ora i costi di investimento per la realizzazione del Terminal, che sono costituiti sostanzialmente dai costi necessari alla realizzazione dell'infrastruttura intermodale nel suo complesso.

Si specifica che il calcolo che verrà fatto di seguito non è un computo metrico estimativo, ma è una stima sommaria dei costi infrastrutturali divisi per macrovoci, con lo scopo di fare un confronto con i ricavi delle attività del terminal, che verranno stimati nel successivo paragrafo.

I prezzi unitari utilizzati per il calcolo delle diverse macrovoci sono tratti da diversi prezzari (Anas, RFI, Ferrovienord, Comune di Milano, Regione Lombardia). Le voci considerate sono le seguenti:

- terreno:		60 €/m ²
- preparazione piano di posa		1,63 €/m ²
- misto granulare		36,22 €/m ³
- misto cementato		50,26 €/m ³
- conglomerato bituminoso		304,12 €/m ³
- lastra in calcestruzzo armato		76,27 €/m ²
- ballast		59,67 €/m
- binari		380,00 €/m
- deviatori		35.000,00 €/cad
- elettrificazione		80.000,00 €/km
- gru semoventi	acquisto	400.000,00 €/cad
	nolo	80.000,00 €/cad
- movimentazione		30 €/ tiro gru
- deposito	semirimorchi	3,20 €/stallo giorno
	altre UTI	1,70 €/TEU giorno

6.3.1 Acquisizione e preparazione del terreno

Costo acquisizione terreno

Per il calcolo di questa voce si deve considerare la superficie complessiva occupata dal Terminal. Con riferimento a quanto indicato nel Paragrafo 5.7, si occupa una superficie di 72.137,5 m² ai quali si devono aggiungere 4.900 m² del fascio arrivi e partenze e 1.225 m² per la realizzazione della strada di accesso. Complessivamente sono da considerare quindi **78.262,5 m²**.

Costo terreno: $78.262,5 \text{ m}^2 * 60 \text{ €/m}^2 = 4.695.750 \text{ €}$

Preparazione del piano di posa

La preparazione del piano di posa è necessaria per tutta l'area identificata, in modo da poter procedere poi con la realizzazione dell'infrastruttura stradale per il piazzale operativo e la strada di accesso e dell'infrastruttura ferroviaria per i binari operativi, di sosta e manovra e di arrivi e partenze.

Preparazione piano di posa: $78.262,5 \text{ m}^2 * 1,63 \text{ €/m}^2 = 127.657,88 \text{ €}$

6.3.2 Infrastruttura stradale

Sovrastruttura stradale – area operativa e strada di accesso

Nel Paragrafo 5.12.2 è stata presentata la struttura prevista per l'area operativa del Terminal e per la strada di accesso, ovvero una pavimentazione di tipo rigido in calcestruzzo ad armatura continua. Escludendo l'area predisposta per il parcheggio dipendenti e per l'edificio uffici e servizi e le aree destinate ai binari, in base ai prezzi elencati si ha:

Area: 54.785,5 mq	Spessore	Costo unitario	Costo [€]
conglomerato bituminoso	4 cm	304,12 €/mc	666.454,65
lastra c.a.	22 cm	76,27 €/mq	4.178.490,09
misto cementato	15 cm	50,26 €/mc	413.027,88
misto granulare	15 cm	36,22 €/mc	297.649,62
TOTALE pavimentazione rigida			5.555.622,24

Tabella 6.3.A – Costo della pavimentazione rigida

Sovrastruttura stradale – parcheggio dipendenti

Per il parcheggio dipendenti è prevista una pavimentazione di tipo flessibile. L'area interessata è di 1.270 m², in base ai prezzi elencati si ha:

Area: 1.270 mq	Spessore	Costo unitario	Costo [€]
conglomerato bituminoso (usura 4 cm + binder 5 cm + base 8 cm)	17 cm	304,12 €/mc	65.659,51
misto granulare	15 cm	36,22 €/mc	6.899,91
TOTALE pavimentazione flessibile			72.559,42

Tabella 6.3.B – Costo della pavimentazione flessibile

Canalette per smaltimento acque meteoriche

Si prevede l'installazione di canalette per lo smaltimento delle acque meteoriche ai bordi dell'area operativa; il piazzale allo scopo è realizzato con una pendenza trasversale del 2%. Le canalette sono poste sui lati lunghi dell'area operativa, per una lunghezza complessiva di 2.000 metri, e sono costituite da blocchi aventi dimensioni 22 x 100 x 22 cm, per cui il numero necessario di blocchi è 2.000. Il prezzo unitario è 86,3 €/blocco.

Canalette per smaltimento acque meteoriche: 2.000 * 86,3 € = 172.600 €

6.3.3 Infrastruttura ferroviaria

Posa binari

Complessivamente è necessario posare 5.540 metri di binario, che comprendono i binari operativi (2x700 metri), i binari di sosta e manovra (3x700 metri), i binari del fascio arrivi e partenze (2x700 metri), i brevi tratti di raccordo tra i diversi fasci e i tronchini posti al termine dei binari arrivi e partenze.

In questa voce sono comprese tutte le voci riguardanti l'armamento: le rotaie tipo 60UNI o a gola 70G (a seconda dei tratti considerati), le traverse e gli organi di attacco.

Armamento: $5.540 \text{ m} * 380 \text{ €/m} = 2.105.200 \text{ €}$

Piattaforma

La struttura del binario è quella presentata nel Capitolo 5 in Figura 5.12.B per la quale è necessario considerare oltre all'armamento lo strato di ballast.

Tale configurazione si ha per tutti i tratti di binario del Terminal ad eccezione degli attraversamenti a raso, posti alle estremità dei binari operativi, lunghi complessivamente 40 metri, e dei binari di sosta e manovra. Escludendo tali tratti, la piattaforma è da prevedere per 4.020 m.

Per i 1.520 metri totali che costituiscono gli attraversamenti a raso e i binari di sosta e manovra con rotaia a gola 70G, è da prevedere invece la soletta di sottofondo su cui poggia il binario.

Ballast: $4.020 \text{ m} * 59,77 \text{ €/m} = 240.275,40 \text{ €}$

Soletta: $1.520 \text{ m} * 2,4 \text{ m} * 37,96 \text{ €/mq} = 141.363,04 \text{ €}$

Deviatoi

Complessivamente sono necessari 15 deviatori per consentire tutte le operazioni di circolazione e manovra descritte nel Paragrafo 5.11.2. Tutti i deviatori sono del tipo S60UNI/170/0,12, il cui costo unitario è di 45.300 €.

Deviatoi: $15 * 35.000 \text{ €} = 525.000 \text{ €}$

Paraurti metallici

Al termine dei binari operativi, di sosta e manovra e dei tronchini dei binari di arrivo e partenza è necessaria l'installazione di paraurti metallici, aventi costo unitario di 116,90 €.

Paraurti: $7 * 116,90 \text{ €} = 818,30 \text{ €}$

Elettrificazione

Il costo per l'elettrificazione del fascio arrivi e partenze e dei binari di sosta e manovra è di 80.000 €/km. La lunghezza complessiva dei binari da elettrificare è 3.370 m.

Elettrificazione: $3,370 \text{ km} * 80.000 \text{ €/km} = 269.600 \text{ €}$

Impianti di segnalamento

Negli impianti di segnalamento sono inclusi tutti gli apparati necessari per la gestione della circolazione dei treni dalla linea al fascio arrivi e partenze e viceversa, che comprendono quindi l'installazione dei segnali luminosi e di manovra e degli apparecchi per la manovra elettrica dei deviatori. È da considerare inoltre la modifica del segnalamento sulla linea ferroviaria esistente nonché l'integrazione del nuovo bivio di accesso al Terminal negli impianti della stazione di Seregno (modifica cabina ACEI).

Nel complesso, si può assumere un costo di **700.000 €** per la realizzazione di tutti gli **impianti di segnalamento**.

6.3.4 Altro

Gate d'ingresso

Per la realizzazione del *gate* è necessario considerare la cabina prefabbricata che costituisce la base di lavoro del personale addetto al controllo e i marciapiedi adiacenti ad essa.

Box prefabbricato: 50.000 €

Marciapiedi: 4 * 70 mq * 12 €/mq = 3.360 €

Acquisizione gru semoventi

Non si prevede l'acquisto delle 3 gru semoventi calcolate, in quanto si procede con il noleggio, per 80.000 €/gru all'anno. Si deve poi tenere in conto anche il costo del carburante.

Noleggio gru semoventi: 3 * 80.000 € = 240.000 €

Illuminazione

In base a quanto osservato nel Paragrafo 5.12.2.4, è prevista l'installazione di 9 torri faro; per un costo unitario di 18.000 € si ha:

Torri faro: 9 * 18.000 € = 162.000 €

Edificio uffici e servizi e allacciamenti alle reti

Non si vuole entrare nel dimensionamento di dettaglio dell'edificio collocato in adiacenza al parcheggio dipendenti e atto ad ospitare gli uffici amministrativi del Terminal nonché i locali per i servizi agli addetti; allo stesso modo si tiene in conto dell'allacciamento alla rete elettrica, idrica e fognaria senza però entrare nei costi di dettaglio. Per tutti questi aspetti considera pertanto un costo forfettario di **500.000 €**.

Recinzione esterna

Sul perimetro esterno dell'area occupata dal Terminal si prevede l'installazione di una recinzione con rete metallica montata su sostegni in conglomerato cementizio e il cui costo è di 13,86 €/m.

Recinzione: 2.700 m * 13,86 €/m = 37.422,00 €

6.3.5 Costi fissi totali

Si riassumono in Tabella 6.3.C i costi totali calcolati; i costi del personale vengono considerati a parte in modo da evidenziare quali siano i costi di investimento per la parte infrastrutturale.

COSTI DI INVESTIMENTO [€]	
Terreno	
Acquisizione terreno	4.695.750,00
Preparazione piano di posa	127.657,88
TOTALE	4.823.407,88
Infrastruttura stradale	
Pavimentazione rigida	5.555.622,24
Pavimentazione flessibile	72.559,42
Canalette di drenaggio	172.600,00
TOTALE	5.800.781,66
Infrastruttura ferroviaria	
Posa binari	2.105.200,00
Piattaforma	381.638,44
Deviatoi	525.000,00
Paraurti	818,30
Elettrificazione	269.600,00
Impianti di segnalamento	700.000,00
TOTALE	3.982.256,74
Altro	
Gate d'ingresso	53.360,00
Gru semoventi	240.000,00
Illuminazione (torri faro)	162.000,00
Edificio servizi e allacciamento reti	500.000,00
Recinzione	37.422,00
TOTALE	992.782,00
TOTALE COSTI INFRASTRUTTURALI	15.599.228,28

Tabella 6.3.C – Costi infrastrutturali di investimento

6.3.6 Ricavi

Sulla base delle attività del Terminal è possibile stimare l'entità dei ricavi, per poi confrontarla con la somma degli investimenti e ipotizzare di conseguenza il tempo necessario per l'ammortamento.

Le attività redditizie del Terminal sono le seguenti:

- movimentazione delle UTI, per un prezzo al cliente di 30 €/UTI;
- deposito e sosta delle UTI nell'area di stoccaggio passivo, ovvero per soste prolungate rispetto alle eventuali soste standard tipiche dei terminal senza stoccaggio delle UTI; il prezzo è di 3,20 €/stallo al giorno per i semirimorchi e di 1,70 €/TEU al giorno per casse mobili e container;
- manovre dei treni all'interno del Terminal, per un prezzo di 200 €/treno;
- eventuali pratiche amministrative e servizi per gli autotrasportatori.

Considerando solo i ricavi per la movimentazione delle UTI e per le manovre dei treni, tenendo conto del traffico stimato nel Capitolo 5 si ottiene:

movimentazione: 35 UTI/treno, per 3 CTR/giorno, per 300 giorni/anno: **63.000 UTI/anno** da movimentare

$$63.000 \text{ UTI/anno} * 30 \text{ €/UTI} = 1.890.000 \text{ €/anno}$$

manovre: 3 CTR/giorno = 6 treni/giorno, per 300 giorni/anno: **1.800 treni/anno**

$$1.800 \text{ treni/anno} * 200 \text{ €/giorno} = 360.000 \text{ €/anno}$$

per un totale di **2.250.000 €/anno**.

Pertanto, solamente sulla base delle voci considerate, i costi di investimento potrebbero essere recuperati in 7 anni. In realtà è necessario tenere in conto anche dei costi di esercizio, di cui si accenna di seguito, e di altri fattori economico-finanziari.

6.4 COSTI DI ESERCIZIO

I costi di esercizio del Terminal comprendono due grandi categorie: i costi del personale, che sono la voce che incide maggiormente, e i costi di manutenzione. Questi ultimi includono la manutenzione delle attrezzature, dell'area e degli edifici e rispetto ai costi del personale rappresentano la parte minore dei costi di esercizio fissi.

Infine, sono da tenere in conto i costi variabili, relativi principalmente ai costi energetici delle attrezzature (in particolare, il costo del carburante per le gru semoventi) e ai costi derivanti dalla manutenzione.

6.4.1 Personale

Sulla base del personale identificato nel Paragrafo 0, tenendo in conto un compenso mensile di 2.500 € per il responsabile del Terminal e di 1.500 € per tutte le altre categorie, si ottiene:

Funzione	Quantità	Costo/persona [€/anno]	Costo totale [€/anno]
Direttore	1	75.000,00	75.000,00
Personale d'ufficio	2	42.000,00	84.000,00
Personale a terra	8	36.000,00	288.000,00
Operatori di gru	8	36.000,00	288.000,00
Conducenti	4	36.000,00	144.000,00
Guardiano	4	30.000,00	120.000,00
TOTALE			999.000,00

Tabella 6.4.A – Costi del personale

Confrontando il valore ottenuto con la somma dei ricavi, si ottiene che i costi del personale impiegano quasi il 44% del totale dei ricavi.

7 Conclusioni

Con il presente elaborato si è voluto mostrare l'opportunità che il trasporto combinato offre, grazie alla sua crescente importanza, nell'ambito della realizzazione di nuove strutture intermodali in cui concretizzare l'interscambio modale tra strada e ferrovia.

Osservando la questione dal lato opposto, emerge come il trasporto combinato necessiti di ulteriori infrastrutture di trasbordo oltre a quelle già esistenti per poter mantenere il trend positivo degli ultimi anni e soddisfare la domanda crescente di traffico merci.

L'individuazione dell'area in cui collocare un terminale intermodale non deve essere però casuale, ma connessa a specifici criteri in modo da avvicinarsi il più possibile alla domanda di traffico che si vuole intercettare.

In particolare, nel caso in esame ci si è focalizzati sul corridoio transalpino che include il valico del San Gottardo per le ricadute positive che avranno nel breve termine l'apertura del nuovo Tunnel di base ferroviario e altre realizzazioni correlate, come il corridoio da 4 metri di altezza su tutta la tratta svizzera del corridoio merci Genova – Rotterdam e i contestuali adeguamenti all'infrastruttura anche sulla rete italiana.

Avendo poi considerato che la Lombardia detiene la quota maggiore di traffici merci import-export e che geograficamente rappresenta la porta d'accesso per i valichi svizzeri, incluso il valico del San Gottardo, l'identificazione di un sito nell'area a nord di Milano, nella parte centro-meridionale della Brianza, risulta essere una scelta ottimale per un nuovo Terminal che si inserisca nel flusso di traffico transalpini tra l'Italia e il nord Europa.

La possibilità di far viaggiare treni più lunghi e più alti si traduce, in termini pratici, in un incremento delle merci trasportate attraverso le unità di trasporto di ultima generazione aventi dimensioni adatte a massimizzare i volumi di carico, come i semirimorchi aventi un'altezza utile di tre metri.

Entrando nel dettaglio delle diverse tipologie di UTI, si è osservato che, mentre nel traffico marittimo e in generale nei trasporti intermodali che includono la modalità navale l'unità maggiormente utilizzata è il container, nel traffico combinato terrestre i semirimorchi rappresentano il tipo di unità di carico che ha visto il maggior incremento di utilizzo negli ultimi anni, grazie a diversi vantaggi logistici tra i quali le dimensioni ottimizzate e la facilità di movimentazione.

Queste considerazioni hanno portato al dimensionamento di un Terminal specializzato per la gestione di semirimorchi, in particolare senza escluderne nessuna tipologia. I semirimorchi intermodali, dotati cioè dei rinforzi sul telaio in corrispondenza delle feritoie in cui si inseriscono gli organi di aggancio delle gru semoventi, potranno essere movimentati verticalmente nel modo standard, ovvero con sollevamento diretto del telaio. Per i semirimorchi non intermodali, invece, sarà possibile ricorrere al sistema ISU, che avvalendosi di pochi elementi aggiuntivi consente il sollevamento del semirimorchio senza eccessivi costi aggiuntivi.

La configurazione del Terminal è comunque adatta anche per movimentazione di casse mobili e container, vista la flessibilità d'uso dei mezzi di movimentazione e dei carri per il trasporto delle UTI. Pertanto la specializzazione del Terminal per il traffico di semirimorchi non è una forma di gestione esclusiva, in quanto contempla comunque il trasbordo di tutti i tipi di UTI in circolazione.

Un altro aspetto che si è verificato è che un terminal intermodale per il trasporto combinato terrestre necessita effettivamente di spazi complessivi limitati, inferiori ai 100.000 mq, grazie al rapido passaggio delle UTI all'interno del Terminal e alla non necessità di stoccaggio e immagazzinamento.

Questo è un lato senza dubbio vantaggioso, in quanto mostra concretamente che la realizzazione di nuovi Terminal può avvenire anche in realtà fortemente urbanizzate come quella presa in considerazione, con un impatto sul territorio meno marcato rispetto a quello di altri impianti intermodali, come ad esempio gli interporti.

Nello stesso tempo, la presenza massiccia di attività industriale nell'area garantisce l'esistenza di una domanda di traffico merci che giustifichi l'esistenza del Terminal, che a sua volta può diventare un punto di riferimento per il trasporto delle merci aventi come origine o destinazione tale area.

Il Terminal nella configurazione proposta, in condizioni di piena operatività potrà gestire fino a un milione e mezzo di tonnellate di merce all'anno, sottraendo così al traffico stradale fino a 75.000 veicoli/anno e contribuendo di fatto sia agli aumenti del traffico combinato sia al trasferimento del traffico merci da strada a ferrovia, che è peraltro un punto chiave della politica dei trasporti svizzera.

Non bisogna infatti dimenticare che i traffici transalpini per motivi geografici sono fortemente condizionati dagli interventi della Confederazione Elvetica nell'ambito dei trasporti, per i quali si hanno ripercussioni anche sulle relazioni che non hanno come origine e destinazione la Svizzera stessa ma si limitano ad attraversarla. Investire sullo sviluppo del trasporto combinato è pertanto un modo in cui l'Italia può garantire la permanenza dei traffici sulle forti relazioni di traffico con Germania e Benelux.

Da una sommaria analisi dei costi si è confermato inoltre che il trasporto combinato su distanze superiori ai 350-400 km rappresenta la scelta più conveniente rispetto al trasporto stradale, e ciò è in gran parte dovuto ai minori costi del trasporto ferroviario sia in termini di costi interni sia di costi esterni, che devono essere considerati per un quadro completo dei costi.

I costi di investimento per la realizzazione del Terminal sono invece una voce importante, in termini quantitativi, che però può essere ripagata in un tempo non eccessivamente esteso, grazie alle attività interne al Terminal.

L'unico aspetto negativo, rispetto a quanto osservato nella realizzazione di altri terminali, è la mancanza di spazio per un eventuale sviluppo futuro del Terminal.

È stato osservato, infatti, che un eventuale potenziamento potrebbe essere realizzato attraverso l'installazione delle gru a portale su rotaia, che consentono una movimentazione delle UTI più efficace rispetto alle gru semoventi, e per tale passaggio evolutivo sarebbero sufficienti gli spazi configurati. Non sarebbe invece possibile un'ulteriore evoluzione in termini di aumento degli spazi destinati all'area operativa, e pertanto una possibile strategia potrebbe essere quella della cooperazione con terminali esistenti, in evoluzione o, eventualmente, nuovi, collocati nella macroarea della Lombardia settentrionale.

Ad esempio, una collaborazione tra il Terminal di Seregno e il nuovo Terminal intermodale in riconfigurazione a Segrate presso lo scalo di Milano Smistamento potrebbe essere una soluzione per l'equilibrio dei flussi di traffico gestiti e per la redditività economica di entrambi gli impianti.

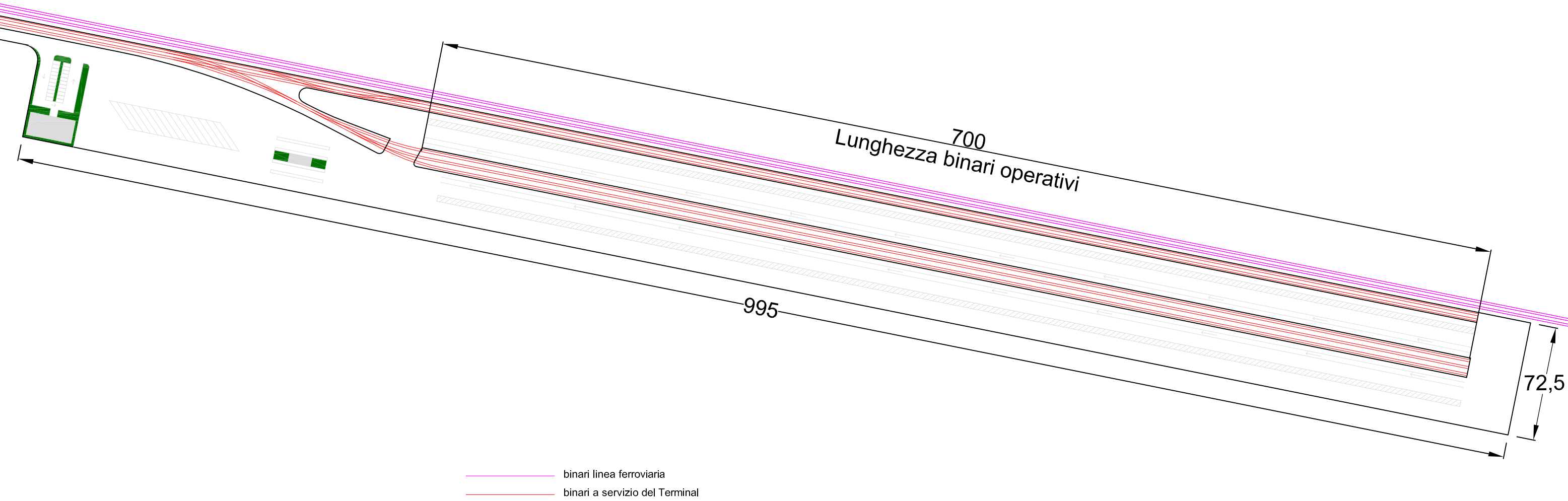
8 Allegati

Allegato 1: Pianta del Terminal (area operativa) in scala 1:2.500

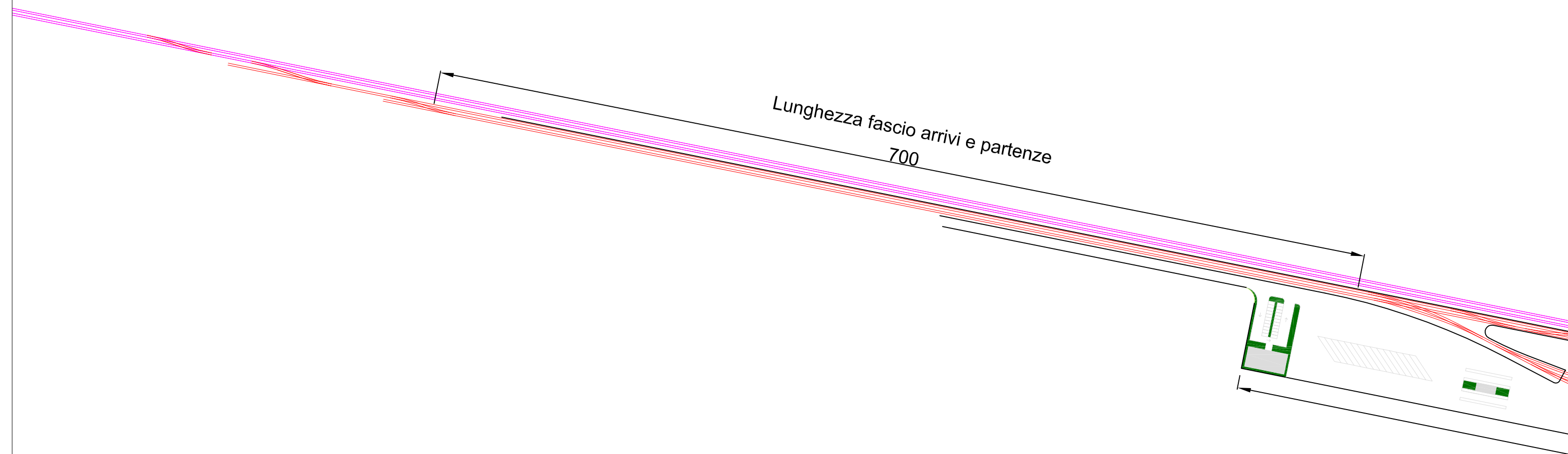
Allegato 2: Pianta del Terminal (fascio arrivi e partenze e immissione in linea) in scala 1:2.500

Allegato 3: Inserimento territoriale del Terminal in scala 1:5.000

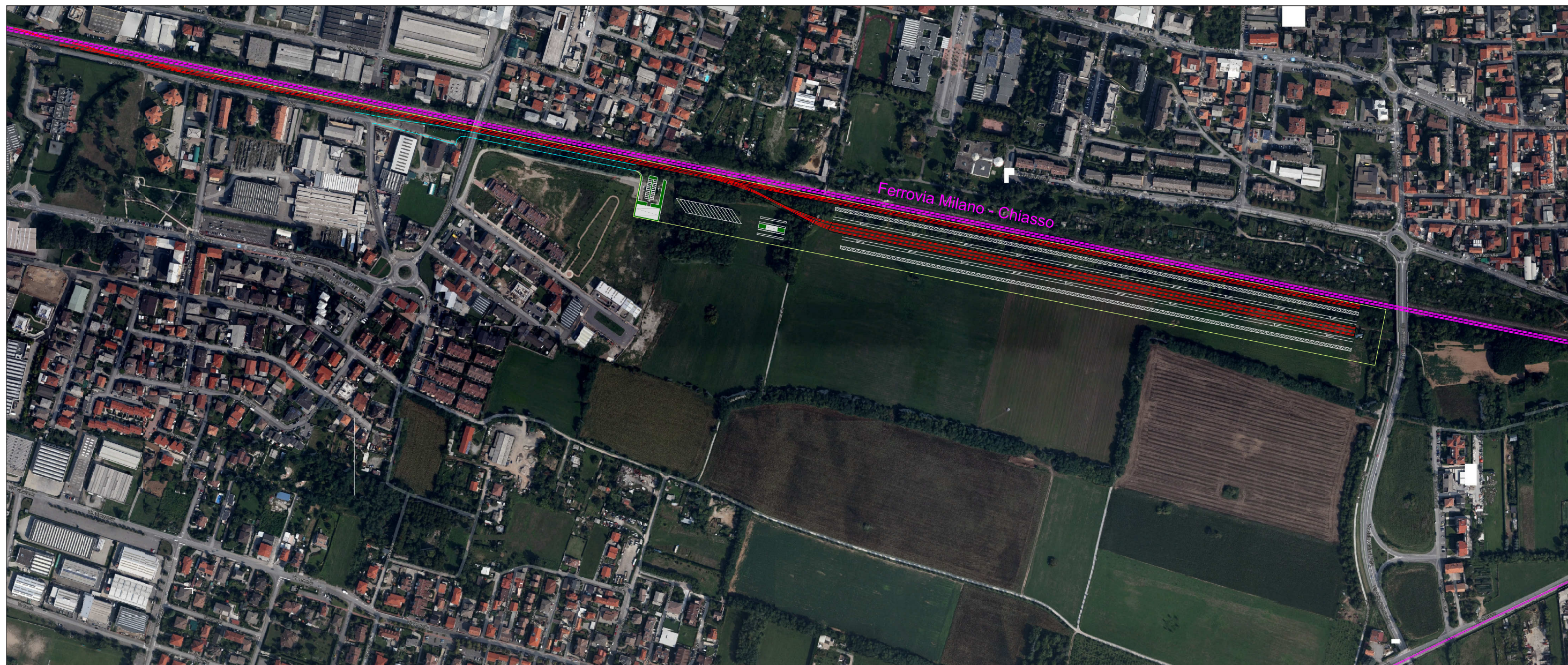
Allegato 1 - Pianta del Terminal (area operativa) Scala 1 : 2.500



Allegato 2 - Pianta del Terminal (fascio arrivi e partenze e immissione in linea) Scala 1 : 2.500



Allegato 3 - Inserimento territoriale del Terminal Scala 1 : 5.000



9 Bibliografia e sitografia

- [1] Conferenza Europea dei Ministri di Trasporto (CEMT), Commissione Europea (CE), Nazioni Unite. 2001. *Terminologia sul trasporto combinato*. New York, Ginevra.
- [2] International Union of Railways (UIC). Dicembre 2012. *2012 report on combined transport in Europe*. Parigi: UIC.
- [3] ASR Lombardia. *Import-export e grado di copertura. Italia, Lombardia e province lombarde anno 2013*. <http://www.asr-lombardia.it/ASR/lombardia-e-province/commercio-estero/importazioni-ed-esportazioni/tavole/469/2013/>. [visitato il 02/02/2015]
- [4] Hupac. *TCNA il più possibile - RoLa lo stretto indispensabile*. <http://www.hupac.ch/index.php?node=334&lng=1&rif=2875355a2a>. [visitato il 20/03/2015]
- [5] INDICOD-ECR Italy. Giugno 2014. *Trasporto ferroviario merci. Documento tecnico*. Milano.
- [6] Consiglio Federale Svizzero. 22/05/2013. *Messaggio Concernente La Realizzazione e Il Finanziamento Di Un Corridoio Da Quattro Metri Sulle Tratte Di Accesso Alla NFTA Lungo l'asse Del San Gottardo*. FF 2013 3185 13.045 : 3128-3240.
- [7] Quattrocchio, Fulvio. *Casse mobili e semirimorchi per portare le merci in treno attraverso l'Europa*. <http://www.intermodale24-rail.net/speciali/cassemobili-trailers.html>. [visitato il 05/02/2015]
- [8] International Union for Road-Rail Combined Transport (UIRR). 2014. *UIRR report: European road-rail combined transport 2013-2014*. Bruxelles.
- [9] MIT, Consulta generale per l'autotrasporto e la logistica. Giugno 2011. *Analisi strutturale del trasporto combinato ferroviario ed aereo e proposte di potenziamento. Proposta di rapporto finale*. Roma: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.
- [10] Ufficio Federale dei Trasporti della Confederazione Elvetica (UFT). Maggio 2011. *Traffico merci attraverso le alpi svizzere 2009*. Berna: Dipartimento Ambiente, Trasporti, Energia e Comunicazioni.
- [11] Commissione Europea. 11/11/2014. *La nuova politica dei trasporti dell'unione europea. Informazioni di base*. Bruxelles.
- [12] European Commission. 2013. *Trans-European Transport Network - TEN-T core network corridors*. Regulation (EU) N.1316/2013 O.J. L348. Bruxelles.
- [13] UE. 2010. Regolamento (UE) N. 93/2010 del parlamento europeo e del consiglio del 22 settembre 2010 relativo alla rete ferroviaria europea per un trasporto merci competitivo. *Gazzetta Ufficiale Dell'Unione Europea* (276) (20 ottobre): 22-32.
- [14] Commissione Europea. 07/01/2014. *Costruzione della rete centrale di trasporto: Corridoi della rete centrale e meccanismo per collegare l'europa*. COM(2013) 940 final. Bruxelles.
- [15] Ufficio Federale dei Trasporti della Confederazione Elvetica (UFT); Ufficio Federale di Statistica (UST). *Enciclopedia statistica della svizzera*. <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/it/index/themen/11.html>. [visitato il 20/01/2015]
- [16] Ufficio Federale dei Trasporti della Confederazione Elvetica (UFT). Luglio 2014. *Freight traffic and transport crossing the swiss alps 2013*. Berna: Dipartimento Ambiente, Trasporti, Energia e Comunicazioni.

- [17] Consiglio Federale della Confederazione Elvetica. Novembre 2013. *Rapporto sul trasferimento del traffico: Luglio 2011 - giugno 2013*. Berna: Dipartimento Ambiente, Trasporti, Energia e Comunicazioni.
- [18] AlpTransit Gotthard. 2012. *La nuova linea ferroviaria del san gottardo*. Lucerna: AlpTransit San Gottardo SA.
- [19] KombiConsult; KP Transport Consultants. Aprile 2010. *Tendenze e innovazioni nel traffico combinato non accompagnato interno e in transito attraverso la svizzera*. Rapporto finale all'attenzione dell'ufficio federale dei trasporti, divisione finanziamento. Francoforte sul Meno - Friburgo in Brisgovia.
- [20] MIT. 2005. *Traffico merci combinato: Traffico di contenitori e di unità di trasporto stradale per ferrovia*. Roma: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.
- [21] INTERUNIT-UIRR. 2012. *Carte de codification des lignes ferroviaires pour le transport de caisses mobiles et semi-remorques*. Bruxelles: Infrabel.
- [22] Ardò, Stefano. 27/05/2014. *La galleria di base del san Gottardo e del Ceneri: Un cambiamento epocale che offrono grandi opportunità per quanto riguarda la mobilità di merci e persone in un contesto regionale, nazionale ed europeo*. Milano.
- [23] MIT. *Lupi firma a Berna l'accordo italo-svizzero per la Milano-Chiasso e il valico di Luino*. 28/01/2015.
- [24] Valenti, Alessandro. 6 febbraio 2015. *Hupac intermodal SA*. Contributo al Convegno Code24, Milano.
- [25] Hupac, and Ferrovie dello Stato Italiane. 16 ottobre 2014. *Hupac e Gruppo FS italiane insieme per la sfida di Alptransit*. Milano.
- [26] Capatti, Marta. 6 febbraio 2015. *Programmi a gestione diretta UE: Horizon 2020 - le idee progettuali di regione lombardia*. Contributo al Convegno Code24, Milano.
- [27] Urbistat. Densità demografica regione Lombardia. in Elaborazioni Urbistat su dati Istat [database online]. 2014 <http://www.urbistat.it/AdminStat/it/it/demografia/popolazione/lombardia/3/2>. . [visitato il 20/01/2015]
- [28] <http://www.pedemontana.com/>. [visitato il 15/01/2015]
- [29] RFI. 2013. *PIR - Prospetto Informativo della Rete edizione dicembre 2013*. Roma.
- [30] RFI. 2003. *Fascicolo Linea 25: Milano - Chiasso*. Milano.
- [31] RFI. 2004. *Determinazione della capacità di infrastruttura ferroviaria: Linee*. Roma.
- [32] Vaghi, Emmanuele. Novembre 2013. *Seminario di orario ferroviario e definizione funzionale dell'infrastruttura*. Milano.
- [33] RFI. 1963, Ristampa 2007. *Prefazione Generale all'Orario di Servizio*. Roma.
- [34] RFI. Gennaio 1994. *Traffico di contenitori e di unità di trasporto stradali per ferrovia*. Cap.2. Roma: Rete Ferroviaria Italiana.
- [35] Principe, Evaristo. 2010. *Veicoli ferroviari: Carri*. Roma: CIFI.
- [36] Quattroccolo, Fulvio. *L'evoluzione dei carri tasca per il trasporto combinato non accompagnato*. http://www.intermodale24-rail.net/speciali/TASCA_T1_T2_T3.html. [visitato il 05/02/2015]
http://www.intermodale24-rail.net/speciali/TASCA_T4_T5.html. [visitato il 05/02/2015]

- [37] <http://www.aci.it/i-servizi/normative/codice-della-strada/titolo-iii-dei-veicoli/art-62-massa-limite.html>. [visitato il 03/02/2015]
- [38] European Intermodal Association (EIA). 2012. *Intermodal yearbook 2011/2012: Strategies, statistics, terminals and players*. Bruxelles.
- [39] Zephir SPA. <http://www.zephir.eu/>. [visitato il 03/02/2015]
- [40] Dalla Chiara, Bruno, Danilo Marigo, Gianfranco Benzo. 2002. *Interporti e terminali intermodali*. Milano: Hoepli.
- [41] Lucchini (Gruppo Severstal). *Rotaie e laminati per armamento ferroviario*. <http://www.lucchini.it/>. [visitato il 15/03/2015]
- [42] Autori vari. 1977. *Manuale tecnico del binario. parte I*. Roma: CIFI.
- [43] TATA Steel. *Rail Technical Guide*. <http://www.tatasteeleurope.com/>. [visitato il 15/03/2015]
- [44] Autori vari. Dicembre 1993. *Modello di catalogo delle pavimentazioni stradali. Tema n°10 della ricerca finalizzata a: Redazione di un "Catalogo delle Pavimentazioni stradali" a cura del C.N.R., Gruppo di lavoro Progettazione Pavimentazioni*. Napoli: Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- [45] Riva, G. 1994. *Materiale rotabile per il trasporto combinato*. Kineo - Trimestrale Di Architettura Dei Trasporti 3.
- [46] Sciutto, G.; Galaverna, M. 2000. *Tecnologie dei trasporti e territorio*. Roma: Sciro.
- [47] Russo, F. 2007. *Sistemi di trasporto: Tecnica ed economia*. Torino: UTET.
- [48] Lohr. <http://lohr.fr/lohr-railway-system/>. [visitato il 20/03/2015]
- [49] Quattrocolo, Fulvio. *Caricare sul treno i semirimorchi non gruabili: Il sistema ISU per carri tasca standard*. http://www.intermodale24-rail.net/logistica/casi-studio-5_ISU-System.html. [visitato il 05/02/2015]
- [50] FAHO Kupplungen GmbH; TBT Technische Beratung Tandetzki. *Innovativer Sattelaufleger Umschlag*. <http://www.isu-system.de/en/indexen.htm>. [visitato il 15/03/2015]
- [51] Quattrocolo, Fulvio. *Autostrada Viaggiante: autotreni completi sul treno da Novara a Freiburg in Breisgau*. <http://intermodale24-rail.net/treni/Ro-La.html>. [visitato il 05/02/2015]
- [52] MIT, Dipartimento per i Trasporti, la Navigazione e i Sistemi Informativi e Statistici, Direzione Generale per il Trasporto Stradale e per l'Intermodalità. Luglio 2014. *Pubblicazione periodica dei costi di esercizio dell'impresa di autotrasporto per conto 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.)* Roma: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.
- [53] Maja, Roberto. 2010. *Elementi di economia dei trasporti. Dispense del corso di Tecnica ed Economia dei Trasporti, Politecnico di Milano*. Milano.
- [54] Parlamento europeo, Consiglio europeo. 2006. *Regolamento (CE) n. 561/2006 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 15 marzo 2006, relativo all'armonizzazione di alcune disposizioni in materia sociale nel settore dei trasporti su strada e che modifica i regolamenti del Consiglio (CEE) n. 3821/85 e (CE) n.2135/98 e abroga il regolamento (CEE) n. 3820/85 del Consiglio*. Bruxelles.
- [55] Musso, Antonio. 02/12/2010. *Le opportunità offerte dal trasporto intermodale*. Presentazione del Corso Pre-MITEL. Università "Sapienza" di Roma, DICEA – Area Trasporti. Roma.

- [56] Ufficio Federale dello Sviluppo Territoriale della Confederazione Elvetica (ARE). 2014. *Costi e benefici esterni dei trasporti in Svizzera. Traffico stradale, ferroviario, aereo e navale nel 2010, con evoluzione dal 2005*. Berna: Dipartimento Ambiente, Trasporti, Energia e Comunicazioni.
- [57] Convenzione delle Alpi, Gruppo di Lavoro "Trasporti", Sottogruppo "Costi di trasporto". 2007. *I costi reali dei trasporti nei corridoi transalpini. Rapporto finale*. Roma.